

---

## EFEITO INIBIDOR DE CINCO ESPÉCIES FLORESTAIS SOBRE A CURA DO COMPÓSITO CIMENTO-MADEIRA

---

JOÃO VICENTE DE FIGUEIREDO LATORRACA

Mestre, Prof. Assistente, DPF - IF - UFRRJ

SETSUO IWAKIRI

Dr., Prof. Titular, DTER - UFPR

ROBERTO CARLOS COSTA LELIS

Dr., Prof. Adjunto, DPF- IF - UFRRJ

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a aptidão tecnológica de cinco espécies florestais, nativas e exóticas, combinadas com cimento Portland tipo CP II para o emprego na produção de painéis de cimento-madeira, através do estudo do calor de hidratação desse compósito. A metodologia empregada para mensuração do tempo e temperatura de hidratação do cimento quando combinado ou não com as partículas das espécies foi a coleta, em intervalos de uma hora, da temperatura de hidratação de quatro amostras da mistura cimento, partículas e água, até no momento em que a mesma atingisse o valor máximo. Uma equação matemática foi utilizada para se determinar os Índices de inibição para cada espécie. Os dados foram analisados comparando-se a temperatura máxima de hidratação, bem como o tempo necessário para se atingir essa temperatura e, ainda, os Índices de inibição. Os resultados indicaram que as espécies com maior e menor aptidão ao uso em chapas minerais foram *Eucalyptus citriodora* e *Leucaena leucocephala*, respectivamente.

**Palavras-chaves:** *Eucalyptus citriodora*, *Pinus taeda*, *Ciitoria fairchildiana*, *Euterpe edulis*, painéis de cimento-madeira, hidratação do cimento.

### ABSTRACT

#### EFFECT INHIBITOR OF FIVE FOREST SPECIES ON COMPOSITE CEMENT-WOOD SETTING

The objective of this work went evaluate to technological aptitude of five forest, native and exotic species, combined with cement Portland type CP II for the employment in the production of cement-wood panels, through the study of the heat of hydration of that composite. The methodology maid for mensuration of the time and temperature of hydration of the cement when combined or not with the particles of the species it went to collection, in intervals of one hour, of the temperature of hydration of four samples of the mixture cement, particles and water, even in the moment in that the same reached the maximum value. A mathematical equation was used to determine the inhibition Indexes for each

species. The data were analyzed being compared the maximum temperature of hydration, as well as the necessary time to reach that temperature and, still, the inhibition indexes. The results indicated that the species with greater and smaller aptitude to the use in mineral boards were *Eucalyptus citriodora* and *Leucaena leucocephala*, respectively.

**Key words:** *Eucalyptus citriodora*, *Pinus taeda*, *Clitoria fairchildiana*, *Euterpe edulis*, wood-cement panels, hydration of the cement.

## INTRODUÇÃO

A indústria de produtos florestais, ao longo dessas últimas quatro décadas, vem obtendo um considerável crescimento tanto na sua produção quanto na sua diversificação, introduzindo produtos cada vez mais acessíveis economicamente e de alta qualidade tecnológica. Dentre esses produtos se destacam os mais variados tipos de painéis. O painel constituído por partículas de madeira e cimento se insere nesse contexto devido ao fato do mesmo apresentar excelentes características tecnológicas que o torna muito utilizado na Europa e também no Japão. As razões para sua boa aceitação se deve principalmente à sua resistência ao fogo, ao ataque de fungos e cupins, além de ser bom isolante acústico.

Entretanto, é conhecido e pesquisado no meio científico a limitação que muitas espécies florestais apresentam para o uso combinado com o cimento na produção dos painéis, uma vez que algumas são extremamente inibidoras da cura desse tipo de aglutinante. Esse episódio é atribuído à constituição química da madeira.

De acordo com SANDERMANN & SHMITZ (1966), citados por SIMATUPANG *et al.* (1978), os extrativos da madeira são os principais responsáveis pela inibição da cura do cimento. MOSLEMI & AHN (1980) relatam que a inibição da cura do cimento ocorre porque este sofre interferência de açúcares de formação cristalina, afetando, desta maneira, tanto a possível interação entre a madeira e o cimento quanto a interação interna do próprio cimento,

o que segundo WEATHERWAX & TARKOW (1964), citados também por MOSLEMI & AHN (1980), resulta em chapas de qualidades inferiores.

HOFSTRAND *et al.* (1984) descreve que, de acordo com vários autores, o efeito da madeira sobre o cimento é governado por diversos fatores, que incluem a localização geográfica, as espécies e as diversas substâncias presentes nas mesmas. A presença de certos carboidratos, de acordo com WEATHERWAX e TARKOV (1964), são particularmente prejudiciais para a cura do cimento. Assim, nem todas as espécies são aptas para produção dos painéis de cimento-madeira, tornando-se necessário identificar aquelas que apresentam potencial para tal finalidade.

LATORRACA (1996) descreve que a pré-seleção de espécies através da avaliação das propriedades físicas e mecânicas dos painéis, além de ser dispendiosa, demanda um período de tempo relativamente longo. O estudo do calor de hidratação do cimento tem sido muito utilizado para identificar o nível de inibição da cura que determinadas espécies apresentam.

Um método sugerido por SANDERMANN (1960), adaptado e utilizado por WEATHERWAX e TARKOV (1964) e também por HOFSTRAND *et al.* (1984), que consiste na mensuração da taxa de elevação da temperatura da mistura cimento, madeira e água colocada no interior de um frasco semi-adiabático, tem produzido resultados com ótima precisão, que indicam a aptidão de várias espécies para serem empregadas na produção de chapas minerais.

Desta forma, o objetivo principal deste trabalho

foi avaliar a aptidão tecnológica de cinco espécies florestais, nativas e exóticas, para o emprego na produção de painéis de madeiramento, através do estudo do calor de hidratação desse compósito.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais lignocelulósicos empregados neste estudo foram as espécies *Eucalyptus citriodora*, *Pinus taeda*, *Clitoria fairchildiana*, *Euterpe edulis* e *Leucaena leucocephala*, provenientes do Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no município de Seropédica, RJ.

Foram coletadas aleatoriamente quatro árvores de cada espécie. Após a devida identificação, as toras foram remetidas ao Laboratório de Painéis do Departamento de Produtos Florestais da UFRRJ.

Inicialmente retirou-se seções (discos com aproximadamente 4 cm de espessura) das toras de modo que se obtivesse uma representatividade amostral de todas as árvores e para cada espécie. Estes discos eram reduzidos em cavacos com dimensões aproximadas de 2 x 3 x 4 cm. Com o teor de umidade abaixo dos 30%, os cavacos foram transformados em partículas com o auxílio de um moinho de martelo. Após peneiradas, as partículas que passavam pela peneira com abertura de 1 mm e ficavam retidas na peneira com abertura de 0,65 mm eram armazenadas e acondicionadas em uma sala de climatização com 20 °C de temperatura e 65 % de umidade relativa até que atingissem a umidade de equilíbrio.

O aglutinante empregado foi o cimento Portland tipo CP II. Para evitar problemas de hidratação do cimento, o mesmo era estocado em sacos plásticos e hermeticamente vedados.

A seguinte equação foi utilizada para o cálculo do índice de inibição da cura do cimento para cada material lignocelulósico (HOFSTRAND *et al.*, 1984):

$$I = 100 \left[ \left( \frac{t_2' - t_2}{t_2} \right) \left( \frac{T_2' - T_2}{T_2} \right) \left( \frac{S_2' - S_2}{S_2} \right) \right]$$

onde:

I = Índice de inibição da cura do cimento (%);

$t_2'$  = tempo necessário para atingir a temperatura máxima de hidratação do cimento da mistura de cimento, água e material lignocelulósico;

$t_2$  = tempo necessário para atingir a temperatura máxima de hidratação do cimento da mistura de cimento e água;

$T_2'$  = Temperatura máxima atingida para mistura cimento e água;

$T_2$  = Temperatura máxima atingida para mistura cimento, água e material lignocelulósico;

$S_2'$  =  $\Delta T / \Delta t$ , para mistura cimento e água;

$S_2$  =  $\Delta T / \Delta t$ , para mistura cimento, água e material lignocelulósico;

É importante observar que foi necessário mensurar o tempo e temperatura de hidratação do cimento na ausência e na presença dos materiais lignocelulósicos (partículas) para se obter o índice de inibição para cada espécie. Assim, foram realizadas quatro repetições para se obter o valor médio do índice de inibição. A temperatura e o tempo de hidratação do cimento e da mistura cimento-partículas utilizados na equação resultaram de uma média obtida em quatro repetições.

Para a mensuração do tempo e temperatura de hidratação do cimento, utilizou-se as seguintes amostras, apresentadas na Tabela I, conforme foi sugerida por HOFSTRAND *et al.* (1984).

A quantificação da água na mistura com a presença das partículas foi calculada com base no peso seco das mesmas e do cimento, ou seja, 2,7 g de água por grama de partícula mais 0,25 g de água por grama de cimento.

O cimento, a água e as partículas eram misturados em um saco de polietileno, onde o tempo decorrido para mistura total desses componentes não excedia a cinco minutos. A seguir, o instrumento de medição de temperatura era inserido no saco e o mesmo era então fechado hermeticamente e envolvido com uma folha de alumínio. A mistura era assim colocada em um frasco semi-adiabático semelhante a uma garrafa térmica.

Para mensuração da temperatura foram utilizados cabos de termopares tipo "J" conectados a um módulo condicionador de sinais analógicos acoplado a uma placa de conversão analógica-digital instalada em um microcomputador PENTIUM 166, onde os dados gerados eram armazenados e processados. As leituras de temperaturas em cada cabo conectado eram realizadas num intervalo de uma hora, até que a temperatura máxima fosse atingida.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos das curvas de hidratação do composto cimento-madeira-água podem ser observados através da Tabela II. Nota-se que as espécies apresentaram comportamentos distintos afetando em maior e menor grau a cura do cimento. Este fato pode estar demonstrando a interferência de teores de extrativos distintos que cada uma das espécies apresenta.

A temperatura máxima de hidratação variou de 64,80 °C para *Eucalyptus citriodora* à 25,19 °C para *Leucaena leucocephala*, enquanto que o tempo para atingir a temperatura máxima para cada espécie variou de 11,24 h para *Eucalyptus citriodora* à 30,56 h para *Euterpe edulis*. Este tempo contribuiu preponderantemente para que

a espécie *Euterpe edulis* apresentasse uma incompatibilidade evidente, embora a elevação da temperatura máxima tenha sido considerável. Os resultados de temperatura máxima e tempo de hidratação obtidos para as espécies *Eucalyptus citriodora* e *Pinus taeda* proporcionaram os menores Índices de inibição, o que indica a aptidão das mesmas para o uso em chapas minerais.

Uma comparação dos Índices de Inibição para cada espécie pode ser observado na Figura 1. O menor valor indica uma maior compatibilidade entre a espécie e o cimento. A Figura 1 revela que o melhor valor obtido neste estudo foi 4,06 % para a espécie *Eucalyptus citriodora* e o pior foi 139,3 % para *Leucaena leucocephala*. As cinco espécies estudadas foram agrupadas, conforme adaptação do agrupamento proposto por HOFSTRAND *et. al.* (1984), em três grupos de índice de inibição, a saber:

- Baixo Índice de Inibição: *Eucalyptus citriodora* e *Pinus taeda*;
- Alto Índice de Inibição: *Clitoria fairchildiana* e *Euterpe edulis*
- Excessivamente alto índice de Inibição: *Leucaena leucocephala*

SANDERMANN e KHOLER, citados por HOFSTRAND *et. al.* (1984), sugerem que espécies altamente compatíveis, quando misturadas com o cimento, apresentem uma temperatura de hidratação superior a 60 °C, enquanto que espécies incompatíveis não excedam a temperatura de 50 °C. Além da temperatura, o tempo também pode ser empregado para indicar a aptidão de determinadas espécies. HOFSTRAND *et. al.* (1984) relatam que espécies que apresentam tempos menores que 15 h podem ser consideradas aptas para a fabricação de chapas minerais, enquanto aquelas que desenvolvem tempos superiores a 20 h podem ser consideradas altamente inibitórias. Os resultados encontrados neste estudo são consistentes com os autores citados.

A Figura 2 apresenta uma comparação entre as curvas da reação exotérmica do cimento na

Tabela 1. Quantificação dos componentes para mensuração do tempo e temperatura de hidratação do cimento na ausência e presença das partículas.

MISTURA DOS COMPONENTES		
COMPONENTES	Ausência das partículas	Presença das partículas
Cimento (g)	200,0	200,0
Água (g)	80,0	90,5
Partículas (g)	-	15,0

Tabela 2. Valores médios obtidos de temperatura e tempo de hidratação para cada espécie estudada

Espécie	Temperatura Máxima (°C)	Tempo Mínimo (h)	$\Delta T$ (°C)	$\Delta t$ (h)	$S_{max} \frac{\Delta T}{\Delta t}$ (°C/h)
<i>Eucalyptus citriodora</i>	64,80	11,24	35,80	10,24	3,50
<i>Pinus taeda</i>	60,17	13,16	34,42	12,16	2,83
<i>Clitoria fairchildiana</i>	47,64	23,38	18,67	22,38	0,83
<i>Euterpe edulis</i>	51,39	30,56	24,03	29,56	0,81
<i>Leucaena leucocephala</i>	25,19	24,00	-1,55	23,00	-0,07
Cimento-Água	79,29	7,94	52,29	6,94	7,53

ausência e presença de todas as espécies estudadas. Através da mesma observa-se que a reação iniciou-se aproximadamente em torno de 3 h para as espécies *Eucalyptus citriodora* e *Pinus taeda*, 5 h para *Clitoria fairchildiana*, enquanto que para as outras espécies a reação iniciou-se somente após 10 h.

Esse longo período até o início da reação exotérmica pode ser explicado pela possível quantidade elevada de açúcares presentes nessas espécies, principalmente na *Leucaena leucocephala*.

De modo geral este resultado demonstra que cada espécie reage diferentemente quando misturada com o cimento. Esta considerável

diferença tanto em temperatura como em tempo de hidratação, segundo HOFSTRAND *et al.* (1984), foi encontrada em inúmeras espécies. Assim, a análise da curva de hidratação do cimento indica com boa precisão a aptidão de uma determinada espécie para sua utilização na produção de chapas minerais.

## CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos sobre a reação exotérmica do cimento Portland tipo CP II, na presença e ausência das cinco espécies estudadas, pode-se concluir que:

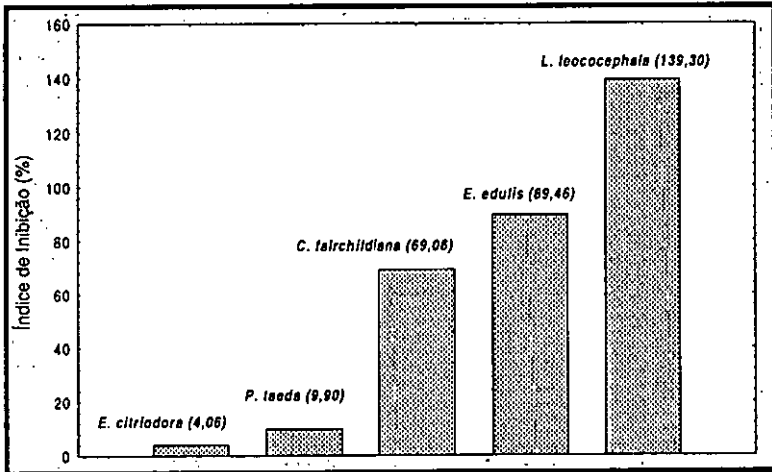


Figura 1 - Índice de inibição para cada espécie estudada

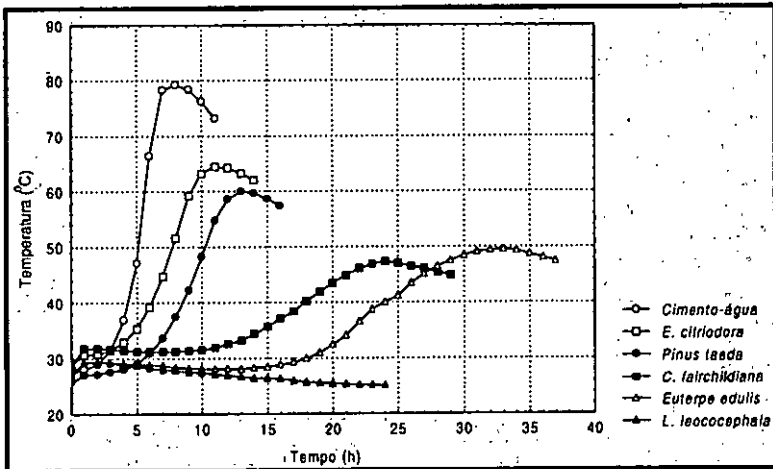


Figura 2 - Efeito das espécies estudadas sobre reação exotérmica do cimento Portland tipo cp II

⇒ As espécies com maior e menor aptidão ao uso em chapas minerais, foram *Eucalyptus citriodora* e *Leucaena leucocephala*, respectivamente;

⇒ Com base nos Índices de inibição obtidos pode-se classificar as espécies em três

grupos: Baixo Índice de Inibição - *Eucalyptus citriodora* e *Pinus taeda*, Alto Índice de Inibição - *Citioria fairchildiana* e *Euterpe edulis* e Excessivamente alto Índice de Inibição - *Leucaena leucocephala*;

⇒ O tempo e temperatura de hidratação do

cimento se mostraram diferentes quando se varia as espécies na mistura do compósito madeira-cimento-água;

⇒ A comparação entre a temperatura, tempo ou Índice de Inibição para diferentes espécies funciona como parâmetro para mensurar o efeito inibidor que determinadas espécies impõem sobre a cura do cimento em chapas minerais;

Como recomendação para futuras pesquisas, sugere-se o emprego de tratamentos das partículas para as espécies consideradas menos aptas, de modo que as substâncias inibidoras sejam extraídas ou eliminadas. Como exemplo poderia se tratar as partículas com água quente à 80 °C por períodos de uma ou duas horas. Para se avaliar a eficiência desses tratamentos, o ideal é que se realizem análises químicas com o propósito de se comparar os teores de extrativos antes e depois dos tratamentos.

## LITERATURA CITADA

- HOFSTRAND, A. D., MOSLEMI, A. A., GARCIA, J. F. Curing characteristics to wood particles from nine northern Rocky Mountain species mixed with portland cement. *Forest Product Abstract*. v.34, n. 2, p. 57-61, 1984.
- LATORRACA, J. V. F. *Estudo da Viabilidade do Uso da Espécie Eucalyptus dunnii (Maid) na Manufatura de Painéis de Madeira-Cimento*. Curitiba, 1996. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná.
- MOSLEMI, A. A. & AHN, W. Y. SEM Examination of wood-portland cement bonds. *Wood Science*. v.13, n. 2, p.77-82, 1980.
- SIMATUPANG, M. H., SCHWARZ G. H., BRÖKER F. W. Small scalle plants for the manufacture of mineral-bonded wood composites. In: EIGHTH WORLD FORESTRY CONGRESS. (1978: Jakarta). *Special paper*. Indonésia, p. 21,1978.
- WEATHERWAX, R. C. & TARKOW, H. Effect of wood on setting of Portland cement. *Forest Products Journal*. v.14, n.12, p.567-570, 1964.
- SIMATUPANG, M. H., SCHWARZ G. H., BRÖBER F. W. Small scalle plants for the manufacture of mineral-bonded wood composites. In: Eighth World Forestry Congress. Jakarta, , p.21,1978.
- WEATHERWAX, R. C. & TARKOW, H. Effect of wood on setting of Portland cement. *Forest product Journal*. v.14, n.12, p.567-570, 1964.