



AVALIAÇÃO DA COMPATIBILIDADE QUÍMICA ENTRE O CIMENTO PORTLAND E RESÍDUOS VEGETAIS POR MEIO DA VELOCIDADE DO PULSO ULTRA-SÔNICO (VPU)

MICHELLE SANTOS RODRIGUES¹; GISLEIVA CRISTINA FERREIRA²; FLÁVIA DE FREITAS VIEIRA³; ANTONIO LUDOVICO BERALDO⁴

¹ Tecnóloga, Pós-graduanda, UNICAMP-SP

² Tecnóloga, M.Sc., Pós-Graduanda, UNICAMP-SP

³ Técnica em Edificações, Graduanda, UNICAMP-SP

⁴ Engenheiro Agrícola, Prof. Associado, UNICAMP-SP. E-mail: beraldo@agr.unicamp.br

Apresentado no
XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
30 de julho a 02 de agosto de 2007 – Bonito – MS

RESUMO: Os resíduos vegetais apresentam substâncias inibitórias que podem afetar fortemente a cinética das reações de hidratação dos compósitos à base de cimento Portland. Um agregado de origem vegetal que apresente boa qualidade deve perturbar o mínimo possível a pega do aglomerante. Este trabalho teve como objetivo avaliar a adequação do ensaio não destrutivo (END) por ultra-som em compósitos com adição de partículas de bambu, pinus e eucalipto. Buscando-se melhorar a reação de hidratação do cimento, quando exposto à ação das partículas vegetais, estas foram submetidas a dois processos: lavagem em água quente e adição de 3% de cloreto de cálcio (em relação à massa de cimento). Para comparação, foram confeccionadas misturas utilizando as partículas na condição natural e misturas sem adição das partículas (argamassa padrão). Foram confeccionados quatro corpos-de-prova cilíndricos (5 cm de diâmetro x 10 cm de altura) para cada mistura. O traço adotado foi de 1:0,37(cimento: madeira) e relação água/cimento de 0,70. Durante 14 dias-prova foram efetuadas medições de velocidades do pulso ultra-sônico (VPU) através dos corpos-de-prova. A VPU tendeu a estabilizar-se em torno de sete dias após a fabricação dos corpos-de-prova. Os melhores resultados foram obtidos para compósitos com partículas de eucalipto e cimento Portland de alta resistência inicial.

PALAVRAS-CHAVE: partículas vegetais, compósitos, velocidade do pulso ultra-sônico.

EVALUATION OF VEGETABLE RESIDUE AND PORTLAND CEMENT CHEMICAL COMPATIBILITY BY ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV)

ABSTRACT: Inhibitory substances presents in vegetable residues can strongly affect the hydration kinetic of Portland cement composites. An adequate vegetable aggregate must minimize the changes on binder setting. The aim of this work was to evaluate the application of a non-destructive evaluating test (NDE) by ultrasound on composites from vegetable particles as bamboo, pinus and eucalyptus. Aiming to enhance cement hydration reactions, when exposed to the vegetable particles, it was employed two treatment types to them: boiling in hot water and with 3% calcium chloride addition (to the cement mass). Mixtures were compared with reference mortar (without particles) and natural particles composite. Four cylindrical specimens (5 cm diameter and 10 cm height) were produced by mixture. Ratio was 1:0.37 (cement to particles) and water/cement was 0.70. Ultrasonic pulse velocity (UPV) changing across the specimens was evaluated during 14 days and it seems to be stable after one week. Best results was obtained for eucalyptus particles composite, and for the mixtures based on high initial strength cement.

KEYWORDS: vegetable particles, composite, ultrasonic pulse velocity, NDE

INTRODUÇÃO: No Brasil, diversas espécies vegetais são utilizadas como matéria-prima, tais como, o eucalipto para produção de celulose e papel, o pinus para produção de lápis e mobília, bambu para construções rurais e trabalhos manuais, todos gerando grande quantidade de resíduos após seus processamentos. A maior parte dos resíduos gerados não é destinada a aplicações comerciais, contribuindo assim para causar impactos ambientais. A produção de agregados minerais também provoca danos ambientais e degradação da paisagem natural, assim como se observa um aumento crescente do custo de transporte devido às distâncias entre as áreas de exploração e os centros consumidores. A avaliação de propriedades de materiais por métodos não destrutivos (END), como ultra-som, é largamente utilizada em materiais homogêneos (aço, por exemplo) ou até mesmo para aqueles que apresentam uma estrutura mais complexa (madeira e concreto), para verificar a existência ou não de descontinuidades ou de defeitos internos no material. O END permite avaliar um material sem alterar suas características físicas, químicas, mecânicas ou dimensionais e sem interferir em seu uso posterior. O END também pode ser aplicado na determinação das propriedades de compósitos de cimento Portland e partículas vegetais, permitindo detectar mudanças estruturais ocorridas durante a pega e o endurecimento do cimento (BERALDO, 1999).

O objetivo dessa pesquisa foi o de avaliar o comportamento da VPU associado à idade do corpo-de-prova para compósitos produzidos com partículas de eucalipto, pinus e bambu, submetidas a diferentes tratamentos e combinadas com dois diferentes tipos de cimento Portland, buscando-se um melhor conhecimento da cinética da reação de hidratação do aglomerante.

MATERIAL E MÉTODOS: As partículas de Eucalipto (uma mistura das espécies *E. saligna* e *E. tereticornis*) foram obtidas de árvores com 30 anos de idade; as partículas de *Pinus caribaea* foram geradas após a fabricação de lápis na empresa Faber Castell, a partir de árvores com 30 anos de idade também. O bambu pertencia à espécie *Dendrocalamus giganteus*, com idade de cinco anos; as partículas foram obtidas através de uma moagem das taliscas em um moinho-de-martelos. As partículas vegetais foram peneiradas, selecionando-se os tamanhos inferiores a 2,4 mm de diâmetro. As partículas foram submetidas a dois tratamentos: lavagem em água quente (por 2 horas a 80 °C) e com adição de 3% de cloreto de cálcio (em relação à massa de cimento). Para comparação, foram confeccionadas misturas utilizando as partículas em sua condição natural, bem como misturas sem adição de partículas (argamassa padrão).

Foram utilizados dois tipos de cimento: CP-II-E-32 e CP-V-ARI (cimento de alta resistência inicial). As características dos cimentos estão especificadas nas normas NBR 11578 e NBR 5733, respectivamente. Calculou-se a massa necessária para preencher quatro moldes cilíndricos (50 mm de diâmetro e 100 mm de altura), de acordo com a norma NBR 7215. O traço foi de 1:0,37:0,70 (em massa). Na confecção das pastas adotaram-se as relações 1:0,28 (CP-II-E-32) e 1:0,33 (CP-V-ARI). A tabela 1 apresenta as misturas realizadas.

Tabela 1: Combinação dos tratamentos.

Tratamentos	Cimento CP V	Cimento CP II
Pasta de cimento - Testemunha	CP V - T	CP II - T
Bambu natural	CP V - BN	CP II - BN
Bambu lavado em água quente	CP V - BL	CP II - BL
Bambu natural + cloreto de cálcio (3%)	CP V - BCC	CP II - BCC
Pinus natural	CP V - PN	CP II - PN
Pinus lavado em água quente	CP V - PL	CP II - PL
Pinus natural + cloreto de cálcio (3%)	CP V - PCC	CP II - PCC
Eucalipto natural	CP V - EN	CP II - EN
Eucalipto lavado em água quente	CP V - EL	CP II - EL
Eucalipto natural + cloreto de cálcio (3%)	CP V - ECC	CP II - ECC

Ensaio Não Destrutivo (END): foi feito o acompanhamento da etapa de endurecimento da mistura por meio da medição do tempo de propagação (em μ s) da onda ultra-sônica através dos corpos-de-prova.

Estes foram submetidos a medições do tempo de propagação da onda durante 14 dias. Para tal utilizou-se o equipamento Ultrasonic Tester, modelo BP7 da STEINKAMP, com transdutores de seção exponencial de 45 kHz de frequência de ressonância.

Ensaio de compressão axial: os corpos-de-prova foram desmoldados após 24 horas, identificados e pesados. A cura foi conduzida durante uma semana em uma câmara úmida (umidade relativa de 90%) e por mais uma semana em ambiente de laboratório. No 14º dia, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de compressão em uma máquina universal de ensaios, de acordo com a norma NBR 7215.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Ensaio não-destrutivo

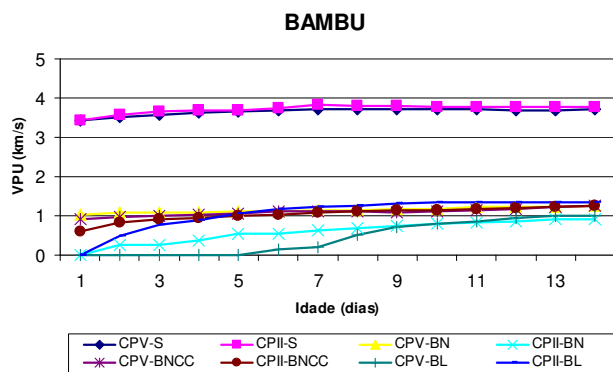


Fig. 1: VPU para compósito com partículas de Bambu.

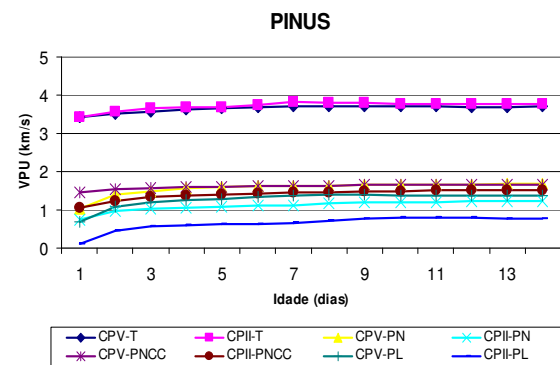


Fig. 2: VPU para compósito com partículas de Pinus.

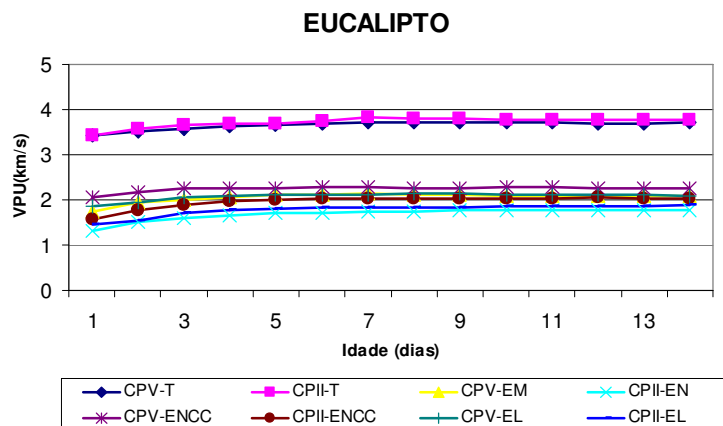


Fig. 3: VPU para compósito com partículas de Eucalipto.

As figuras 1, 2 e 3 mostram as curvas da velocidade do pulso ultra-sônico (VPU) em função das idades dos corpos-de-prova, para os diferentes tratamentos efetuados nas partículas de bambu, pinus e eucalipto. Verifica-se na figura 1 que os melhores resultados nas primeiras idades foram obtidos para a mistura de cimento ARI com bambu na forma natural (CP V – BN). A partir do 5º dia de leitura, observa-se melhores resultados no compósito de cimento CII com bambu lavado em água quente (CP II – BL).

Na figura 2, referente aos compósitos com partículas de pinus, os melhores resultados foram observados nos tratamentos da madeira natural (CP V – PN) e da mistura da madeira natural adicionada de 3% de cloreto de cálcio (CP V – PNCC), ambos com cimento de alta resistência inicial. O compósito com cimento CII e pinus lavado em água quente (CP II – PL) não forneceram resultados satisfatórios.

As partículas de eucalipto mostraram o melhor desempenho dentre todas as partículas utilizadas com relação aos valores de VPU. Os compósitos com cimento de alta resistência inicial apresentaram bons resultados, destacando-se a mistura com eucalipto natural adicionada de 3% de cloreto de cálcio (CP V – ENCC) e da madeira lavada em água quente (CP V – EL).

Tensão de ruptura

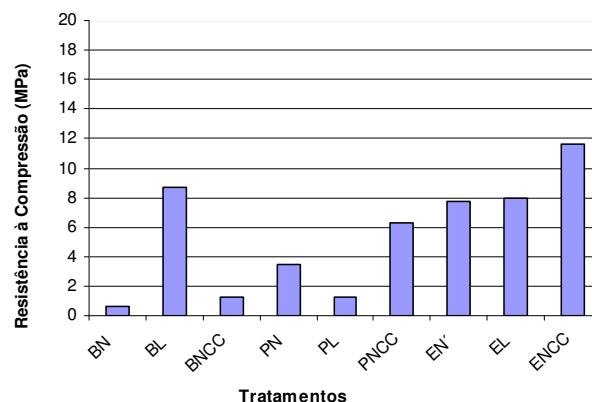
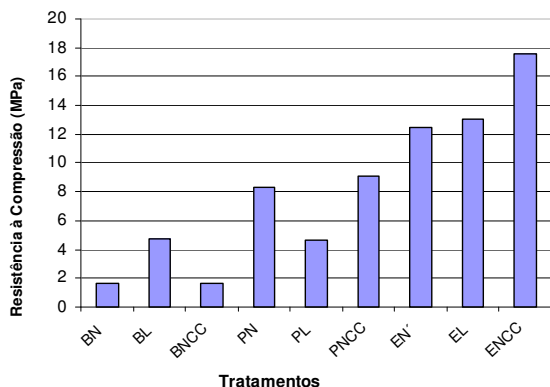


Figura 4: Resistência à Compressão Simples para Compósitos com cimento CPV-ARI.

Figura 5: Resistência à Compressão Simples para Compósitos com cimento CP II.

Os resultados apresentados nas figuras 4 e 5 referem-se aos ensaios de compressão simples dos compósitos produzidos com cimento CPV e CPII, respectivamente. As pastas produzidas com os dois cimentos, atingiram os valores de 31,24 MPa (CPV) e 28,44 MPa (CP II) de resistência à compressão simples, valores significativamente superiores aos dos compósitos.

Com exceção do tratamento de bambu lavado em água quente, todas as outras misturas apresentaram um desempenho superior quando do uso de cimento de alta resistência inicial.

E quanto às partículas utilizadas, o eucalipto forneceu maiores valores de resistência à compressão dentre os compósitos produzidos. Dentre os tratamentos aplicados às partículas de eucalipto, mereceu destaque o tratamento com as partículas em sua condição natural, adicionada de 3% de cloreto de cálcio, para os quais foram obtidas resistências em compressão de 17,62 MPa para cimento CPV e 11,60 MPa para CPII.

CONCLUSÕES: Dos resíduos vegetais estudados neste trabalho, as partículas de bambu se mostraram mais inibitórias com relação à pega dos dois tipos de cimento Portland brasileiros. A pega de ambos os cimentos foi menos influenciada pelas partículas de eucalipto, quando comparado com as partículas de pinus. O cimento de alta resistência inicial (CP V) foi mais eficiente para superar os efeitos inibitórios das partículas vegetais do que o cimento composto (CPII), fato este mostrado nas curvas de VPU e posteriormente comprovado no ensaio de compressão simples.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. Rio de Janeiro. NBR 5733 Cimento Portland de alta resistência inicial, especificação, 1991. 5 p.
- NBR 7211 Agregados para Concreto, especificação, 1983. 5p.
- NBR 7215 Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão, método de ensaio, 1996. 8p.
- NBR 11578 Cimento Portland composto, especificação, 1991. 8p
- BERALDO A. L. **Ultrasonic speed wave: cure type influence on wood-cement composite compression strength.** In: Proceedings of the NDTISS'99 – International Symposium on Non Destructive Testing Contribution to the Infrastructure Safety Systems in the 21st Century, UFSM, Torres, RS, 1999. p. 86-90.