

UTILIZAÇÃO DE NDE EM COMPÓSITOS BAMBU E CIMENTO PORTLAND

Antonio L. Beraldo

Faculdade de Engenharia Agrícola- UNICAMP-SP

Anísio Azzini

Instituto Agronômico de Campinas- IAC-SP

Voichita Bucur

LERMAB- Université Henri Poincaré- Nancy- France

Trabalho apresentado no XIX Congresso Nacional de Ensaio Não Destrutivos,
São Paulo, agosto, 2000

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade dos autores.

SINOPSE

Foi verificada a adequação do uso do método da impulsão ultra-sônica no estudo do comportamento de compósitos à base de partículas de bambu tratadas e pasta de cimento Portland.

A velocidade de propagação da onda ultra-sonora através dos corpos-de-prova obedeceu uma lei exponencial, tendendo a estabilizar-se em torno de uma semana após a fabricação, quando foi efetuada a cura ao ar livre.

Não foi possível separar a influência da umidade do corpo-de-prova na magnitude da velocidade, pois os resultados foram mascarados por modificações ocorridas na estrutura do material, favorecidas pelo efeito positivo de reações complexas entre os constituintes do cimento e dos produtos químicos utilizados no tratamento das partículas de bambu.

INTRODUÇÃO

O concreto e outros materiais à base de cimento são caracterizados pela grande quantidade de defeitos e descontinuidades decorrentes do processo de fabricação e das reações químicas que ocorrem durante a pega e o endurecimento da pasta de cimento. Os resultados obtidos em ensaios convencionais de corpos-de-prova fornecem apenas um valor da resistência global e não possibilitam detectar defeitos internos do material os quais, porventura, interferiram nos resultados. Contrariamente, a utilização de métodos não destrutivos, como o ultrassom, pode permitir acompanhar, ao longo do tempo, a evolução nas características do concreto e de compósitos à base de cimento Portland, de forma rápida e confiável.

Constituiu o objetivo deste trabalho a avaliação de compósitos de partículas de bambu e pasta de cimento Portland, através do método da impulsão ultra-sônica.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Compósitos à base de biomassa vegetal e cimento apresentam propriedades tais que os qualificam para fins de obtenção de materiais de construção. Baseiam-se na utilização de biomassa vegetal- matéria-prima disponível e renovável, combinada

com aglomerante inorgânico, principalmente o cimento Portland. Os compósitos podem ser utilizados na fabricação de artefatos, tais como, blocos vazados, bloquetes, placas, dentre outras.

Um dos obstáculos que ainda interferem negativamente nas características desejáveis para o compósito, no entanto, refere-se ao comportamento particular da biomassa vegetal, quando em presença da solução alcalina, constituída pela nata de cimento. O bambu, na forma de partículas, é altamente inibitório à pega do cimento Portland, sobretudo do CP II-E-32. Várias possibilidades se descortinam na busca da compatibilidade química entre os dois constituintes do compósito. Os procedimentos variam desde a escolha da fitomassa adequada, da escolha de um tipo de cimento mais eficiente, da utilização de tratamentos físicos (lavagem) e químicos (aceleradores) e, mais recentemente, da mineralização das partículas vegetais.

A avaliação da eficiência dos diferentes tratamentos é, geralmente, efetuada através de ensaios de compressão. No entanto, pouco se conhece sobre a cinética das reações que se processam no seio desse tipo de material. Métodos não destrutivos podem auxiliar na caracterização desse tipo de material, pois permitem acompanhar as etapas de pega e de endurecimento, dispensando a realização de grande quantidade de corpos-de-prova, geralmente necessárias em ensaios destrutivos.

Por outro lado, o uso de métodos não destrutivos, embora seja dotado de grande praticidade, nem sempre permite atingir os objetivos almejados. A velocidade de pulsos ultra-sônicos, por exemplo, embora seja utilizada na determinação da resistência do concreto, baseia-se em uma relação física inexistente entre essas duas grandezas, segundo Neville (1). No entanto, a velocidade das ondas ultra-sonoras pode ser relacionada com a densidade do concreto, propriedade tal que justifica o uso da velocidade para avaliação da resistência de sua resistência.

Vários parâmetros interferem no comportamento do concreto e, possivelmente, de demais materiais à base de cimento. Dentre eles podem ser citados: a idade após a fabricação, o fator água/cimento, as condições de cura, o tipo de agregado, o tipo e a dosagem em cimento, o uso de adjuvantes, dentre outros.

Segundo Durand (2) a velocidade de propagação das ondas ultra-sonoras através de estruturas elaboradas a partir de concreto, para diferentes composições, cresce nas primeiras horas e nos primeiros dias de idade. Porém, após um certo período, há uma tendência de que essa velocidade torne-se constante.

Pode-se, portanto, estabelecer uma relação exponencial que represente a variação da velocidade de propagação dos pulsos ultra-sônicos através de corpos-de-prova elaborados a partir de cimento Portland. Esta relação exponencial é da forma:

$$v = v_{max}(1 - e^{-kt}) \quad (1)$$

Onde: $V_{m\acute{a}x}$ = velocidade máxima atingida e suposta constante;
 k = taxa de aumento da velocidade em função do tempo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Colmos de bambu foram cortados no Centro Experimental do Instituto Agronômico de Campinas e desintegrados em picadores. Em seguida, após secagem parcial ao ar livre, os cavacos foram repicados em moinhos de martelo, na Faculdade de Engenharia Agrícola. O procedimento preparatório das partículas de bambu (*Bambusa tuldoides*) foi executado conforme descrito por Beraldo (3).

Por ser o bambu, quando utilizado na forma de partículas, um material altamente inibitório à pega do cimento, foram efetuados tratamentos físicos (lavagem em água

quente) e químicos (mineralização) buscando minimizar o efeito deletério de substâncias contidas nas partículas de bambu. A mineralização consistiu em banhos em soluções de silicato de sódio (0, 2 e 4%) e sulfato de alumínio (0, 10, 20 e 30%), procedimento adaptado de Furuno et al. , descrito por Beraldo (3).

Os corpos-de-prova, à medida do possível, foram fabricados de acordo com as recomendações NBR 7215, a partir das partículas naturais ou lavadas, sendo ambas mineralizadas. Utilizou-se dois tipos de matriz inorgânica: CP II E 32 (NBR 11578) e CP V ARI (NBR 5733). Adotou-se o traço de 1: 0,5: 0,83, com três repetições.

Os corpos-de-prova, após a desmoldagem, foram colocados sobre um apoio de madeira de tal forma que fosse possível posicionar os transdutores em cada face. Para a medição do tempo de propagação da onda ultra-sonora utilizou-se o equipamento Ultrasonic Tester BP-7 (sensibilidade de 0,1 μ s), com sensores planos de 45 kHz. Na figura 1a apresenta-se o esquema utilizado na medição do tempo de propagação; a figura 1b mostra o aspecto da seção transversal do compósito, na qual as partículas vegetais ocupam uma área (e um volume) significativo na imagem.



Figura 1a- Montagem experimental

Figura 1b- Seção transversal do compósito

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Velocidade de propagação ultra-sonora:. A figura 2 mostra a variação da velocidade de propagação da onda ultra-sonora ao longo do tempo, através de corpos-de-prova elaborados a partir de partículas de bambu lavadas, e lavadas e mineralizadas com silicato de sódio e sulfato de alumínio, para os dois tipos de cimento utilizados. Verificou-se que as curvas, obtidas a partir da expressão (1), tendem a se estabilizar ao longo do tempo. Para compósitos à base de CP II-E-32 os diferentes tratamentos apresentaram um mesmo comportamento, diferenciando-se do tratamento testemunha (L0/0, ou seja, aquele realizado sem mineralização). Para o CP V-ARI, no entanto, o tratamento testemunha aproximou-se do N4/30 (partículas naturais com 4% de silicato de sódio e 30% de sulfato de alumínio).

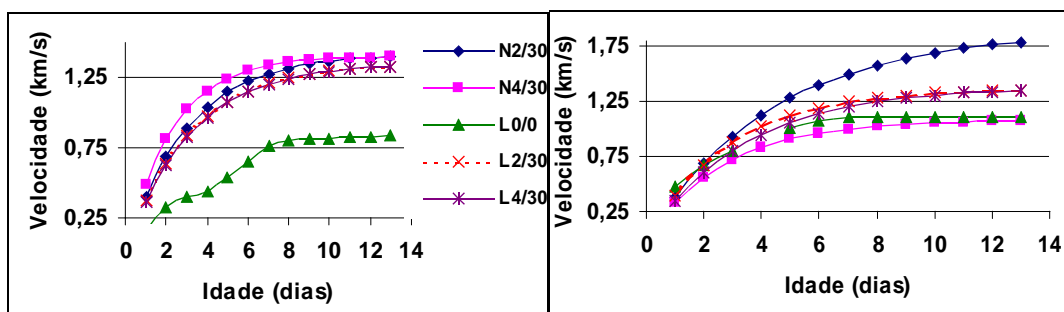


Figura 2- Evolução da velocidade para o CP II-E-32 (esquerda) e CP V-ARI (direita)

Velocidade em função do teor de umidade: Geralmente para materiais lignocelulósicos analisados através de ultra-som, tais como, madeira e bambu, a velocidade de propagação da onda ultra-sonora cresce à medida em que ocorre perda de umidade para o meio ambiente, a partir do ponto de saturação das fibras (PSF- em torno de 30%). Com a perda de umidade abaixo do PSF, ocorre a perda de água livre, deixando os poros desobstruídos, e propiciando o caminhamento dos pulsos acústicos através das paredes celulares. Porém, no caso de materiais à base de cimento Portland, e, sobretudo de compósitos biomassa vegetal-cimento, a perda de umidade ocorre concomitantemente com o surgimento de importantes modificações estruturais devidas às reações ocasionadas durante a pega e o endurecimento da pasta de cimento. Neste trabalho, em especial, ocorreu outro agravante devido ao uso de diferentes tratamentos químicos, os quais acarretaram cinéticas diferentes de reação entre os constituintes do cimento e aqueles presentes nos produtos químicos (figura 3).

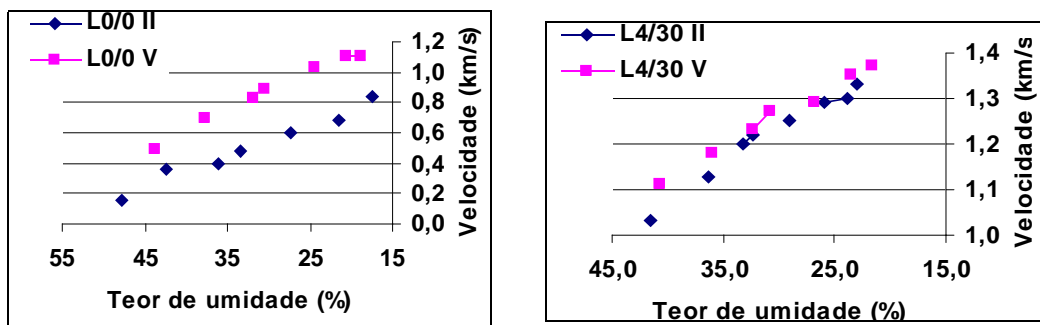


Figura 3- Variação da velocidade de propagação em função da umidade.

Resistência à compressão x velocidade de propagação: Trabalho de Beraldo (3) evidenciou a correlação entre a velocidade de propagação da onda e alguns parâmetros utilizados na confecção de compósitos à base de partículas de madeira e cimento, tais como, o tipo de cura e a dosagem em cimento. No entanto, as diferenças existentes entre os tratamentos químicos a que foram submetidas as partículas, no presente trabalho, impossibilitaram uma adequada avaliação da dependência entre as duas grandezas (figura 4). A mineralização das partículas vegetais aumentou sua massa específica aparente e, em conseqüência, aquela correspondente ao compósito, sem que, no entanto, tal fato tenha se traduzido em uma ligação mais eficiente entre os seus constituintes. No entanto, verifica-se uma ligeira tendência quando foi utilizado, na fabricação do compósito, partículas de bambu lavadas, porém, sem receber a mineralização. De um modo geral, pôde-se confirmar a melhor adequação do uso do cimento ARI (legenda V) do que o CP II-E-32 (legenda II), na fabricação do compósito à base de partículas de bambu.

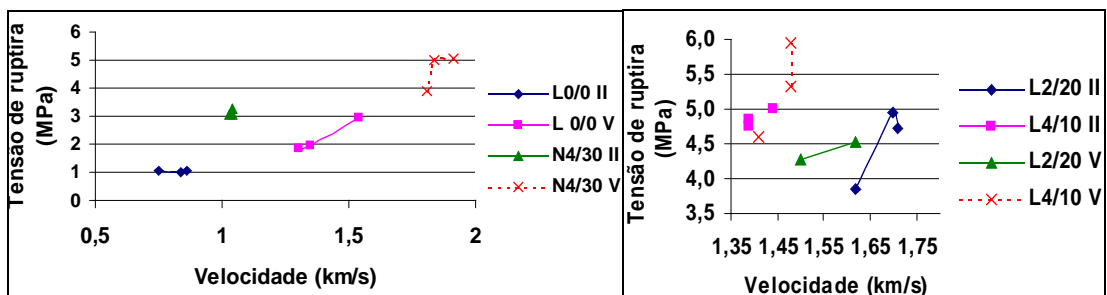


Figura 4- Tensão de ruptura versus velocidade de propagação da onda

CONCLUSÕES

Baseado nas condições experimentais em que foi desenvolvido o experimento, pôde-se concluir que a obtenção da velocidade de propagação da onda ultra-sonora, permitiu acompanhar a evolução das etapas de pega e de endurecimento do compósito bambu-cimento ao longo do tempo. Tornou-se difícil, no entanto, separar os efeitos devidos ao endurecimento da matriz, daqueles relacionados à perda de água durante a secagem.

Devido aos diferentes tratamentos efetuados sobre as partículas vegetais não foi possível correlacionar a resistência à compressão dos compósitos com a velocidade de propagação da onda ultra-sonora através dos mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Neville A. M. “Propriedades do concreto”. Ed. Pini Ltda. São Paulo, 1997, p.618-23.
- (2) Durand M. “Mesure des célérités sur le béton”. Thèse de Doctorat Université de Nancy, France, 1975. 118p.
- (3) Beraldo A. L. “ Ultrasonic speed wave: cure type influence on wood-cement composite compression strength”. Proceedings of NDTISS'99, Torres, RS, , p. 86-90, (Nov)1999.