

# **BLOCOS VAZADOS NÃO ESTRUTURAIS DE ARGAMASSA DE CIMENTO, AREIA E CASCA DE ARROZ**

Antonio Ludovico Beraldo<sup>1</sup> e Antoniane Gomes Roque<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 13083-970, Campinas, Brasil, [beraldo@agr.unicamp.br](mailto:beraldo@agr.unicamp.br)

<sup>2</sup>Aluno de Iniciação Científica – Bolsista PIBIC - CNPq  
[toni@agr.unicamp.br](mailto:toni@agr.unicamp.br)

## **RESUMO**

O Brasil produz anualmente mais de 2 milhões de toneladas de casca de arroz. Esse resíduo renovável pode ser uma alternativa para a substituição de agregados minerais na fabricação de compósitos à base de cimento Portland. Neste trabalho foram avaliadas propriedades físicas da casca de arroz (umidade, massa específica aparente na condição seca e não compactada e distribuição de tamanho das partículas). A seguir, avaliou-se o tipo de tratamento aplicado à casca de arroz, visando melhorar a sua compatibilidade química com o cimento Portland. O comportamento do compósito (argamassa de areia, cimento e casca de arroz) foi avaliado por meio de ensaio não destrutivo (END) por ultra-som e ensaios de compressão simples e diametral. Os resultados mais adequados, confirmados pelos ensaios não destrutivo e destrutivo, foram obtidos após submeter-se a casca de arroz à lavagem em soluções alcalinas diluídas a 5% (cal e soda cáustica). Modificação efetuada em um equipamento comercial destinado à fabricação de blocos vazados permitiu obter ganho de 30% na resistência dos mesmos, qualificando-os para aplicações não estruturais.

**PALAVRAS-CHAVES:** casca de arroz, compósito, resíduos vegetais, END

## INTRODUÇÃO

O uso de materiais de construção civil à base de cimento reforçado com fibras está aumentando rapidamente, podendo-se estimar a produção anual em cerca de 28 milhões de toneladas, especialmente em países desenvolvidos. A justificativa para isso está na possibilidade de produção de componentes esbeltos (leves), com bom desempenho mecânico (elevada absorção de energia, frente a esforços dinâmicos), bom isolamento termo-acústico, além da indispensável viabilidade econômica (AGOPYAN, 1991).

No meio rural, ou nas agroindústrias, ocorre a geração de uma grande quantidade de resíduos, os quais ainda não encontraram uma adequada destinação. Normalmente, tais resíduos são dispostos na natureza, degradando-a, ou então, são queimados sem nenhum tipo de controle.

### *Argamassa de cimento, areia e casca de arroz*

A casca de arroz, além de se caracterizar pela pequena espessura em relação ao seu comprimento, apresenta, também, relativa uniformidade, o que lhe confere superfície mais homogênea e bordas mais densas do que o similar de madeira. Sua camada externa cerosa, chamada cutícula, a protege de doenças e da perda de água, além de lhe assegurar um acabamento todo especial que a recomenda para fins decorativos.

A casca de arroz tem sido usada como agregado em concreto, principalmente para a obtenção de blocos pré-moldados e lajes. Sua baixa massa específica, da ordem de 100 a 150 kg/m<sup>3</sup>, confere ao concreto uma massa específica de, aproximadamente, 600 kg/m<sup>3</sup>, dependendo dos teores de casca e de cimento e do grau de compactação. A resistência à compressão varia de 3 a 12 N/mm<sup>2</sup> e a resistência à flexão, de 1,7 a 5,0 N/mm<sup>2</sup>. A desvantagem do concreto feito com casca de arroz está relacionada ao maior consumo de cimento, posto que esse, tão logo misturado com a casca, preenche o espaço em forma de canoa da casca de arroz (FREIRE, 1991).

De acordo com SILVEIRA *et al.* (1996), a casca de arroz apresenta uma capa lenhosa, dura e altamente silicosa, composta por 50% de celulose, 30% de lignina e 20% de sílica, em base anidra.

BERALDO & ZUCCO (1998) observaram que a casca de arroz é moderadamente inibitória à pega do cimento Portland necessitando, desse modo, que sejam realizados tratamentos sobre a matéria-prima, de modo a permitir a obtenção de compósitos com adequada resistência mecânica. Comparado com materiais à base de madeira e resinas orgânicas, o compósito casca de arroz e cimento Portland situa-se em posição intermediária, em termos de resistência mecânica. De uma forma global, ressalta-se, no entanto, a grande estabilidade dimensional do compósito (sobretudo no inchamento em espessura), quando confrontado com aqueles à base de resinas orgânicas.

### *Avaliação de propriedades mecânicas por ultra-som*

A vantagem do uso de métodos não destrutivos, como é o caso do ultra-som, reside no fato de que eles, geralmente, oferecem uma avaliação correta do comportamento de um dado material. Na aplicação ultra-som em materiais à base de cimento, pode-se evoluir a avaliação é acompanhada através da medida da velocidade de propagação do som no material, desde as

fases iniciais (pega), até idades mais avançadas (endurecimento), permitindo acompanhar a cinética da reação do aglomerante. A velocidade de propagação da onda, obtida a partir da razão entre a distância entre os transdutores e o tempo de propagação, permite estimar com relativa precisão a resistência mecânica do material.

### ***Objetivos***

Este trabalho teve por objetivos:

- Avaliar tipos de tratamento a serem aplicados à casca de arroz, visando melhorar sua compatibilidade química com a matriz cimentícia;
- Proceder adaptações em equipamento comercial utilizado para a fabricação de blocos vazados, visando sua adequação para o uso do compósito.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Utilizou-se para preparação das amostras, casca de arroz em frações granulométricas de 5 mm a 10 mm, coletada na empresa de Arroz Ali Babá, situada em Itú – SP; água potável, para preparação da argamassa; cimento Portland composto com escória CP II-E-32 (NBR 11578) e areia de granulometria média para a preparação da argamassa.

### ***Tratamentos efetuados na casca de arroz***

Experimentos preliminares indicaram que a casca de arroz é moderadamente inibitória à pega do cimento. Desse modo utilizou-se a casca de arroz em sua forma natural (testemunha) e após sofrer tratamentos visando melhorar sua compatibilidade com o cimento. Foram adotados os seguintes tratamentos: lavado em água quente (80 °C durante 2 horas), lavado em solução de cal (a 5%, em massa, durante 24 horas), lavado em solução de soda cáustica (a 5%, em massa, durante 24 h).

### ***Composição da mistura cimento, areia, casca de arroz e água***

Baseado em experimento relatado por ZUCCO (1999), foi adotado, na confecção dos corpos-de-prova, o traço, (em volume), de 1:3:2:1 (cimento: areia: casca de arroz: água). Para cada tratamento foram moldados três corpos-de-prova (repetições); utilizou-se, como comparação a argamassa convencional no traço, (em massa), 1:3:0,5 (cimento : areia : água). Todos os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio não destrutivo por ultra-som durante 28 dias; o ensaio de compressão foi realizado nessa idade.

### ***Moldagem dos corpos-de-prova***

Por não haver metodologia específica para a caracterização do compósito, adaptou-se, na medida do possível, as recomendações da norma NBR 7215. Desse modo, corpos-de-prova cilíndricos (diâmetro de 50 mm e altura de 100 mm) foram confeccionados. A mistura dos componentes foi feita manualmente até se conseguir homogeneidade do material, colocando-a, então, em moldes apropriados, previamente untados com óleo mineral desmoldante. A compactação foi efetuada em três etapas com o auxílio de um soquete simples e uma regularização final da superfície realizada com uma espátula. Após 24 h, efetuou-se a desmoldagem. Os corpos-de-prova permaneceram em câmara úmida durante todo o experimento.

### ***Ensaio não destrutivo por ultra-som***

Diariamente realizava-se o ensaio não destrutivo, visando obter-se a idade para a qual a velocidade de propagação da onda ultra-sônica se estabilizava. Para esse ensaio, foi utilizado o equipamento Ultrasonic Tester BP 7 (Steinkamp) com transdutores de seção exponencial de 45 kHz de frequência de ressonância; eram anotadas as leituras de tempo de propagação efetuadas a cada segundo. Posteriormente, buscou-se determinar a correlação entre a velocidade máxima de propagação com a resistência obtida no ensaio de compressão simples.

### ***Ensaio de compressão simples dos corpos-de-prova***

Os corpos-de-prova, após serem submetidos a um capeamento com pasta de enxofre e caulim (apenas nas bases dos corpos-de-prova), foram rompidos aos 3, 7, 14, 21 e 28 dias, em máquina universal de ensaio. A tensão de ruptura foi calculada dividindo-se a carga de ruptura pela área da seção transversal do mesmo, de acordo com a norma NBR 7215.

### ***Ensaio de compressão diametral dos corpos-de-prova***

Os corpos-de-prova foram, igualmente, submetidos ao ensaio de compressão diametral (Lobo Carneiro) nas mesmas idades do ensaio precedente. O ensaio foi conduzido de acordo com a NBR 7222.

### ***Ensaio de absorção de água pelos corpos-de-prova***

Os corpos-de-prova secos ao ar livre após 28 dias, foram pesados e imersos em um recipiente com água. Após 48 h foram retirados e novamente pesados. A absorção percentual foi calculada em relação à massa seca ao ar.

### ***Equação de propagação da onda ultra-sônica***

De acordo com BERALDO (1999) a equação que rege o comportamento da onda ultra-sônica através do compósito em função de sua idade pode ser estabelecida por meio de:

$$v_t = v_{\max} (1 - \exp(A - Bt))$$

onde:  $V_t$  = velocidade teórica de propagação da onda através do corpo-de-prova;

$V_{\max}$  = velocidade máxima de propagação obtida experimentalmente.

### ***Fabricação dos blocos vazados não estruturais***

A mistura foi colocada na máquina PERMAQ MBM 050, com o auxílio de pás e colher de pedreiro, sendo compactada por método vibratório durante um minuto. Posteriormente, também foram fabricados blocos por meio de vibro-compactação, após proceder-se uma modificação na máquina, consistindo na colocação de um dispositivo que permitia efetuar prensagens parciais após a colocação da mistura nas fôrmas.

As dimensões dos blocos eram de 9 cm x 19 cm x 39 cm, com espessura de parede igual a 2 cm. Na caracterização dos blocos vazados obedeceu-se aos procedimentos prescritos na NBR 7184.

A tensão de ruptura dos blocos vazados foi calculada considerando-se a área bruta e também a área resistente (eliminando-se os vazios).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Compressão simples*

Na figura 1 apresenta-se a evolução da velocidade de propagação da onda ultra-sônica em função da idade dos corpos-de-prova e do tipo de tratamento aplicado. Verifica-se a elevação mais acentuada da velocidade para as primeiras idades, tendendo ocorrer a estabilização das mesmas ao redor de 7 dias decorridos da fabricação dos corpos-de-prova. Nota-se que a presença da casca de arroz provocou diminuição na velocidade de propagação, quando comparada com a testemunha (de 4,0 km/s para 2,0 km/s). Dentre os tratamentos pode-se observar o efeito menos favorável da lavagem da casca de arroz em água quente, quando comparada a velocidade de propagação para os tratamentos à base de soluções de cal e de soda, para os quais não se observou diferença (velocidade máxima de propagação da ordem de 3,0 km/s). Provavelmente as soluções alcalinas tenham sido mais eficientes na extração de substâncias inibitórias às reações do cimento.

Os coeficientes A e B, indicados na equação 1, regem o comportamento da velocidade de propagação da onda ultra-sônica em função da idade dos corpos-de-prova. Para todos os tratamentos analisados, o coeficiente “A” tendeu a zero; o coeficiente “B” referente à taxa de variação da velocidade foi de 0,93 (água quente), 0,86 (solução de cal), 0,83 (solução de soda) e 0,90 (testemunha).

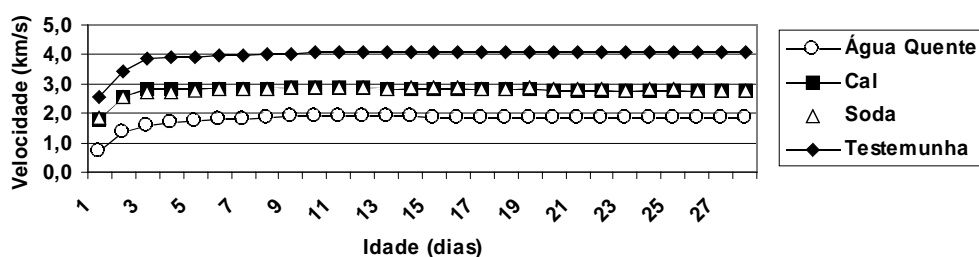


Figura 1 – Velocidade de propagação da onda ultra-sônica versus idade

O ensaio destrutivo de compressão simples, possibilitou a comparação das resistências entre as diferentes idades e tratamentos, com a testemunha conforme se pode observar a Figura 2. Confirmando os resultados indicados pelo ultra-som a adição do agregado casca de arroz, diminuiu significativamente (em cerca de 50%) a resistência da argamassa. Confirmou-se que o tratamento de lavagem em água quente foi o menos indicado (resistência à compressão da ordem de 25% da testemunha). Os tratamentos de lavagem da casca de arroz em soluções de cal e de soda não apresentaram diferença na resistência à compressão simples (da ordem de 8,0 MPa aos 28 dias); no entanto, provocaram diminuição de 50% na resistência quando comparados com a testemunha.

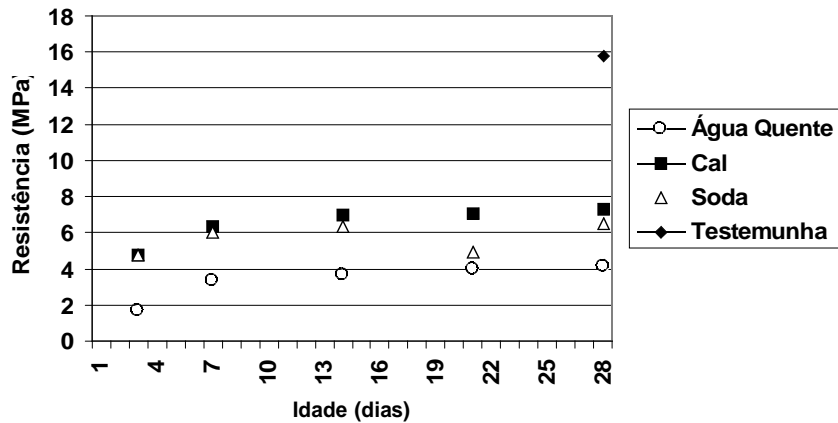


Figura 2 – Resistência à compressão simples versus idade

Na Figura 3 apresenta-se a correlação entre a velocidade de propagação da onda ultra-sônica e a resistência à compressão simples aos 28 dias, para o compósito à base de casca de arroz tratada em solução de cal.

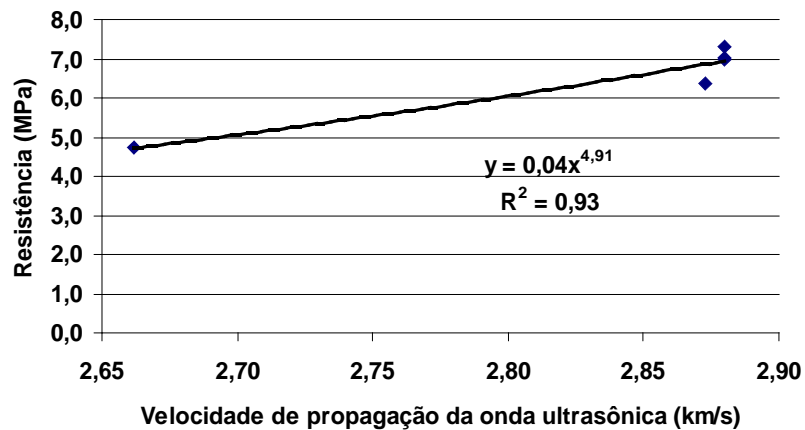


Figura 3 Velocidade de propagação versus resistência à compressão simples.

### ***Compressão diametral***

Na figura 4 apresenta-se o resultado do ensaio de compressão diametral. Observou-se a mesma tendência obtida no ensaio de compressão simples. Observou-se que a razão entre as resistências à compressão diametral e simples para o compósito foi da ordem de 20%, ao passo que para o concreto e a argamassa convencional esse valor é da ordem de 10%.

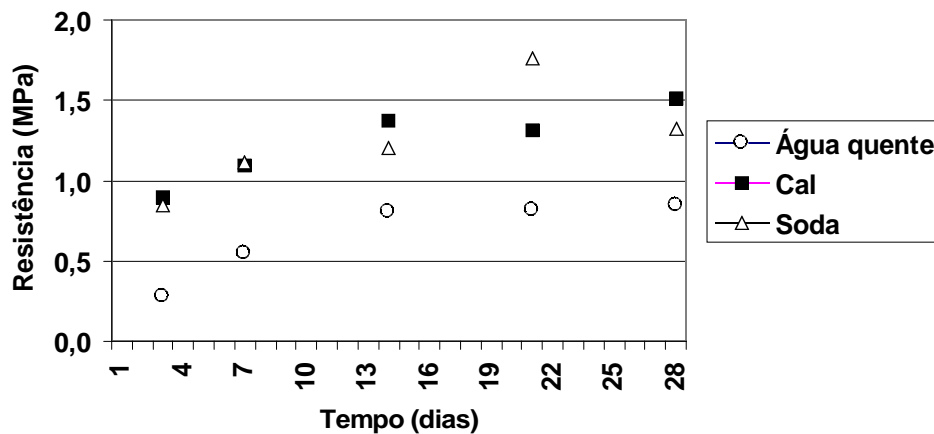


Figura 4- Resistência à tração na compressão diametral versus idade

#### **Absorção de água**

Na Figura 5 pode-se observar o resultado do ensaio de absorção. Os tratamentos de lavagem da casca de arroz em soluções de cal e de soda forneceram novamente os resultados mais adequados (da ordem de 4 por cento), sendo os valores bem inferiores àqueles relativos a vários materiais convencionais de construção (tijolos cerâmicos, por exemplo).

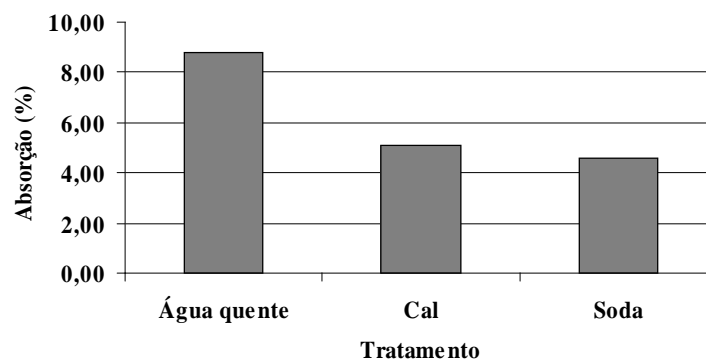


Figura 5 – Absorção de água pelo compósito

#### **Blocos vazados não estruturais**

Baseado nos resultados obtidos nos ensaios precedentes, adotou-se o tratamento da casca de arroz em solução de cal, para a fabricação dos blocos vazados, pois os resíduos gerados após esse tratamento da casca de arroz são menos nocivos ao meio ambiente do que aqueles gerados após o tratamento com solução de soda.

A absorção de água apresentada pelos blocos vazados foi da ordem de 10% (muito superior àquela observada nos corpos-de-prova), valor este, no entanto, inferior à absorção média de materiais convencionais utilizados para a vedação (tijolos cerâmicos, por exemplo).

A média da resistência à compressão simples apresentada pelos blocos, considerando-se apenas a área resistente, foi de 5,3 MPa para aqueles fabricados pelo método convencional e de 6,9 MPa para os fabricados pelo método de vibro-compactação, conforme mostrado na Figura 6. Os valores mostraram-se superiores à resistência média exigida pela norma para blocos sem função estrutural (2,5MPa). No entanto, quando foi considerada a área bruta dos blocos, a resistência aumentou de 2,8 MPa para 3,6 MPa, indicando um ganho de 30%, apenas pela modificação no sistema de fabricação dos blocos vazados.

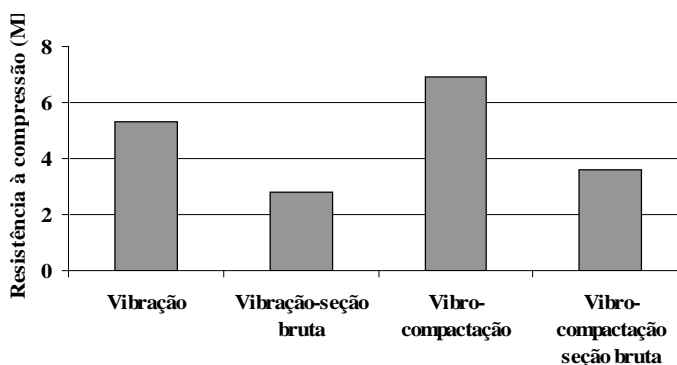


Figura 6 – Resistência dos blocos vazados em compressão

## CONCLUSÕES

Baseado nas condições em que se desenvolveu este experimento pôde-se concluir que a casca de arroz apresenta grande potencial para uso na construção, na forma de agregado leve para a fabricação de blocos vazados.

Dentre os tratamentos aplicados à casca de arroz a lavagem em solução diluída de cal (5%) mostrou-se o mais indicado, pois os resíduos gerados após o processo não provocam danos importantes ao meio ambiente.

O uso do método não destrutivo por ultra-som permitiu detectar a evolução da velocidade de propagação da onda ultra-sônica através do compósito, denotando o efeito dos tratamentos aplicados à casca de arroz. Permitiu, igualmente, avaliar o comportamento mecânico do compósito, mostrando boa correlação com a resistência à compressão simples.

A modificação efetuada no equipamento de fabricação dos blocos vazados permitiu obter 30% de ganho em resistência à compressão, indicando a possibilidade de uso desse material em paredes não portantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1992). **NBR-7184**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural - Método de Ensaio - (MB). Rio de Janeiro. 2p.

\_\_\_\_\_.(1996). **NBR 7215**: Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão – método de ensaio. Rio de Janeiro. 8p

\_\_\_\_\_.(1994). **NBR 7222**: Argamassa de concreto: Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos – método de ensaio. Rio de Janeiro. 5p.

AGOPYAN, V. (1991). Materiais reforçados com fibras para a construção civil nos países em desenvolvimento: o uso de fibras vegetais. São Paulo. 204p. Tese de Livre-Docência - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

BERALDO A. L. (1999). Ultrasonic speed wave: Cure type influence on wood cement composite compression strength. In: Proceedings of the NDTISS'99 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NONDESTRUCTIVE TESTING CONTRIBUTION TO THE INFRASTRUCTURE SAFETY SYSTEMS IN THE 21 ST CENTURY. Torres, RS. p. 8690.

BERALDO, A. L.; ZUCCO, L. L. ( 1998) Casca de arroz e cimento Portland: Possibilidades de utilização em construções. In: Anais do VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO – ENTAC 98.UFSC. Florianópolis. Vol.2. p.29-34.

FREIRE W. J. In: BERALDO, A. L.; NÄÄS, I. de A.; FREIRE, W.J. (1991). *Materiais para Construções Rurais*. Rio de Janeiro. LTC. Cap.4, p.105-161.

SILVEIRA A.; FERREIRA A. A.; DAL MOLIN D. C. C. (1996). A cinza da casca de arroz como adição mineral. In: Anais do WORKSHOP: RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO. PCC-USP. São Paulo. p. 39-45.

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