

# Influência da adição de cinza de casca de arroz na aderência de argamassas de revestimento

## The influence of the rice husk ash substitution in the mortar's adherence

**Amanda Kielling**

Engenheira de Alimentos, Mestre em Engenharia Civil, PPGE – UNISINOS  
Av. Unisinos, 950, São Leopoldo, RS, Brasil CEP 93022-000  
amandakielling@hotmail.com.br

**Marcelo Oliveira Caetano**

Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil, PPGE – UNISINOS  
Av. Unisinos, 950, São Leopoldo, RS, Brasil CEP 93022-000  
marcelo@projconsult.com.br

**Marlova Piva Kulakowski**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>, PPGE – UNISINOS  
Av. Unisinos, 950, São Leopoldo, RS, Brasil CEP 93022-000.  
marlovak@unisinos.br

**Claudio de Souza Kazmierczak**

Prof. Dr., PPGE – UNISINOS  
Av. Unisinos, 950, São Leopoldo, RS, Brasil CEP 93022-000  
claudiok@unisinos.br

### Resumo

Este trabalho objetivou verificar a influência da substituição do cimento por cinzas de casca de arroz (CCA) na aderência de argamassas de revestimento em substratos compostos por blocos cerâmicos estruturais. Foram preparadas argamassas com 0%, 5% e 10% de CCA em substituição ao cimento em volume. A CCA foi caracterizada através de parâmetros físicos (perda ao fogo, granulometria), químicos (difração de raio-X e fluorescência de raio-X) e microestruturais (microscopia eletrônica de varredura). As argamassas foram submetidas aos ensaios de resistência de aderência à tração, obtendo-se os maiores valores para a argamassa com 5% de adição. Amostras foram retiradas do conjunto substrato-revestimento com auxílio de serra copo, nas quais analisou-se a resistência ao arrancamento e a extensão de aderência. Os resultados demonstraram que a argamassa com 5 % de cinza de casca de arroz apresenta uma menor quantidade de vazios na interface, justificando, desta forma, os resultados encontrados nos ensaios de resistência.

**Palavras-chave:** reciclagem, argamassas de revestimento, aderência, cinza de casca de arroz.

### Abstract

The aim of this study was to verify the substitution's influence of the cement by rice husk ash (RHA) in the mortar's adherence applied on structural ceramics blocks. The mortars were prepared with 0, 5 and 10% of ashes. The RHA was characterized through physical parameters (gravimetric loss-on-ignition, granulometrical composition), chemical (diffraction X-ray, X-ray fluorescence spectrometry) and the microstructure was analyzed by scanning electron microscope. The mortars were submitted to bond strength tests, being obtained larger result for the mortar with 5% of addition. Samples were removed of the group blocks-mortar with saw, in which the extension of adherence was analyzed. The results demonstrated that the mortar with 5% of rice husk ash presents a smaller amount of pores in the interface, justifying the results found in the resistance rehearsals.

**Key words:** recycling, mortar, bond strength, rice husk ash.

## 1. Introdução

Nas edificações, uma das mais importantes manifestações patológicas das argamassas de revestimento está relacionada com a perda ou falta de aderência ao substrato. Assim, a capacidade da argamassa de atingir uma completa aderência com a base talvez seja a mais importante propriedade concernente ao comportamento de um revestimento. Apesar de sua importância, a incidência de problemas relacionados com a perda ou a falta de aderência de argamassas tem-se acentuado, tornando-se hoje uma grande preocupação para as empresas construtoras e aumentando o passivo ambiental da construção civil, em função da diminuição da vida útil dos revestimentos (Kazmierczak *et al.*, 2007).

A aderência entre o substrato e a argamassa deriva da conjugação da resistência de aderência à tração, resistência de aderência ao cisalhamento e a extensão desta aderência, que corresponde à razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de ser unida (Carasek, 2001; Kazmierczak *et al.*, 2007). Carasek (1996) utilizou fotografias de sessões da interface argamassa/base, obtidas com o auxílio de uma lupa estereoscópica, para determinar a extensão de aderência de argamassas sobre diversos tipos de base. A análise das interfaces com o uso de lupa, entretanto, não permitiu a estimativa da extensão de aderência das argamassas, mas apenas a estimativa da qualidade da aderência, pela visualização dos vazios existentes nas interfaces base/chapisco e chapisco/argamassa.

Para a utilização de revestimentos com bom desempenho é preciso compreender as funções e propriedades das argamassas que os constituem e dos substratos que lhes servem de base. Os fatores relativos às argamassas que interferem na aderência estão relacionados aos materiais constituintes da argamassa, seu proporcionamento e granulometria, e outras propriedades da argamassa, como retenção de água, trabalhabilidade e resistência mecânica (Ioppi *et al.*, 1995; Silva, 2004).

A movimentação da água entre argamassa-substrato se processa logo que a argamassa é colocada em contato com o substrato poroso, cujos capilares estão inicialmente vazios. As características da argamassa também influenciam no movimento de água entre base e revestimento. No caso das argamassas de revestimento, ocorre também um fluxo de água ao meio ambiente devido à evaporação. Neste caso, a retenção de água é necessária para evitar a perda de água muito rapidamente, de forma que não comprometa a execução e as reações de hidratação (Silva, 2004).

Em relação ao substrato, devem ser consideradas a absorção inicial e a textura do mesmo, sendo as características mais importantes na promoção de aderência do revestimento. Além disto, a aderência também é influenciada pelas condições de execução do revestimento (Ioppi *et al.*, 1995). Blocos cerâmicos umedecidos produzem resistências de aderência ligeiramente mais baixas do que quando não umedecidos, por diminuir a capacidade de sucção de água do substrato e, conseqüentemente, diminuir a capacidade de aderência no sistema (Carasek e Scartezini, 2003). A textura do substrato (rugosidade) é importante no desenvolvimento da aderência. As rugosidades são pontos de ancoragem da argamassa aplicada, auxiliando na aderência. Substratos rugosos possuem maior área de contato com a argamassa aplicada, melhorando potencialmente as condições de aderência. Substratos lisos, geralmente levam a valores de aderência menores (Bauer, 2006).

Carasek *et al.* (1997) afirmam que a aderência de argamassas à base de cimento aos tijolos cerâmicos é decorrente do intertravamento de cristais de etringita no interior dos poros do tijolo. Contudo, a ruptura macroscopicamente identificada como decorrente de falta de aderência, não acontece nessa região rica em etringita e sim, geralmente, no interior da camada de argamassa em uma região muito próxima da superfície de contato com o bloco, caracterizando assim falha por coesão da argamassa próxima à região de contato. Essa camada de argamassa, existente no plano de ruptura, é constituída essencialmente por produtos ricos em cálcio e silício, provavelmente gel de C-S-H (silicato de cálcio hidratado), e hidróxido de cálcio, por vezes carbonatado.

Uma forma de melhorar a capacidade de aderência da argamassa ao substrato é através da incorporação de adições minerais como as pozolanas. O emprego de pozolanas oriundas de subprodutos da indústria tem sido muito utilizado em trabalhos buscando melhorar a resistência mecânica e a durabilidade de argamassa. Estes materiais podem agir fisicamente como colmatadores de vazios e/ou quimicamente através de uma reação pozolânica (Mehta e Monteiro, 2008). Por ser uma pozolana altamente ativa, a cinza de casca de arroz tem sido muito empregada em diversos trabalhos de pesquisadores (Barbosa Filho e Pires Sobrinho, 1998; Silva e Libório, 2003; Silva, 2004; Tashima, 2006).

Neste contexto, o foco deste trabalho é o estudo de argamassas de revestimento compostas de cimento, cal e areia, substituindo-se parte do volume de cimento por cinza de casca de arroz, com intuito de melhorar as propriedades destas quanto à resistência de aderência à tração e a extensão desta aderência.

## **2. Materiais e métodos**

O programa experimental utilizado consistiu na aplicação de três argamassas, uma de referência e duas com adição de cinza de casca de arroz, em alvenarias, e na determinação de seu comportamento mecânico. Os materiais empregados neste trabalho foram previamente ensaiados e analisados, caracterizando-os conforme normas técnicas vigentes. Na seqüência são apresentadas as especificações e caracterizações destes materiais.

### **2.1. Materiais utilizados**

#### **2.1.1 Blocos Cerâmicos**

Os blocos cerâmicos estruturais utilizados na confecção dos substratos apresentavam as dimensões de 140x190x290mm. Os resultados dos ensaios de caracterização constam na Tabela 1.

**Tabela 1:** Caracterização dos blocos cerâmicos utilizados.

Ensaio	Nº de amostras	Média	Desvio Padrão	CV (%)
Largura (mm)	13	191,9	0,86	4,48
Altura (mm)	13	138,5	1,26	9,09
Comprimento (mm)	13	288,6	1,55	5,37
Planeza das faces (mm)	13	0	0	0
Desvio ao esquadro (mm)	13	0,54	0,96	177,77
Absorção de água (%)	6	12,01	0,45	37,46
Absorção Inicial (AAI) (g/194 cm <sup>2</sup> )	6	18,62	1,51	81,09
Resistência à Compressão (MPa)	6	12,20	1,76	144,26

Os resultados de caracterização conforme a NBR 15270-2 (ABNT, 2005c) e a NBR 15270-3 (ABNT, 2005d), se mostraram em conformidade com os critérios preconizados pelas referidas normas.

### 2.1.2 Cimento

O cimento utilizado nas misturas de argamassa foi CP II-F 32. Na Tabela 2 é apresentada a resistência mecânica à compressão. Segundo dados do fabricante, o cimento atende às especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas quanto suas características físicas, químicas e mecânicas. Apresenta uma massa específica de 3,10 kg/dm<sup>3</sup>.

**Tabela 2:** Resistência mecânica à compressão do CP II F 32.

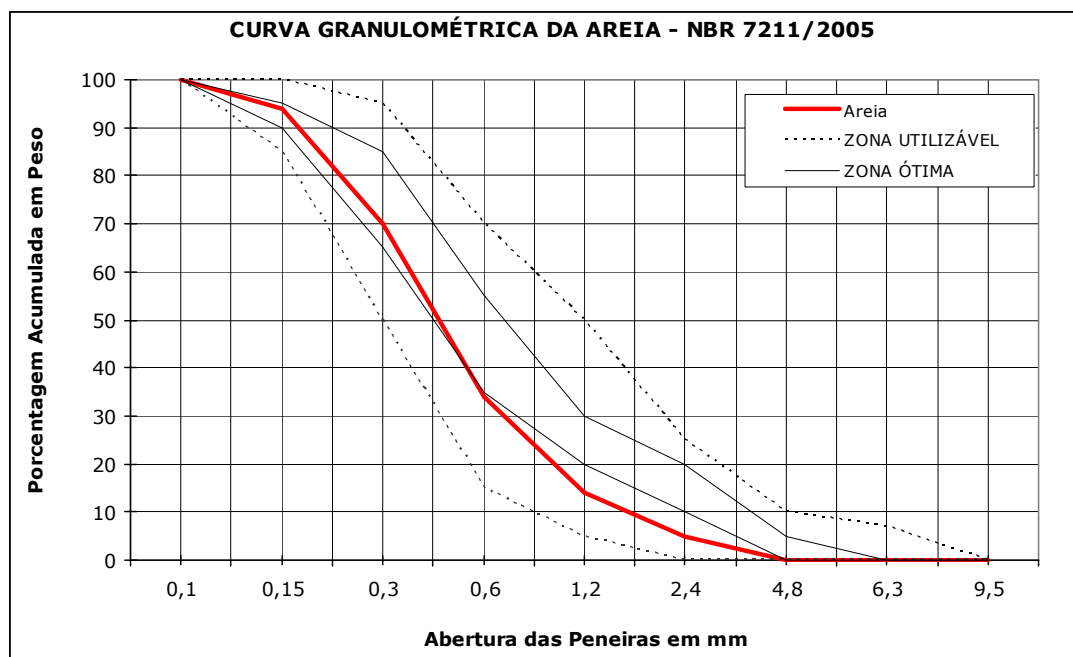
Idades	24 horas	3 dias	7 dias	28 dias
<b>CP II E 32</b>	10 MPa	25 MPa	30 MPa	39 MPa
<b>Exigências da NBR 11578</b>	-	>10 MPa	>20 MPa	>32 MPa

### 2.1.3 Cal

A cal utilizada nas misturas de argamassas foi a Cal hidratada CH-II. Segundo o fabricante, as características da cal atendem as prescrições das normas NBR 7175 (ABNT, 2003b). Conforme recomendações do fabricante, a cal permaneceu em repouso por 24 horas após mistura com água, antes de seu uso.

### 2.1.4 Areia

A areia utilizada foi ensaiada, segundo NBR NM 248 (ABNT, 2003a), de forma a verificar a sua composição granulométrica, enquadrando-se dentro da zona utilizável para a fabricação de concreto, especificada na NBR 7211 (ABNT, 2005a), conforme apresentado na Figura 1. A areia apresentou Módulo de finura de 2,12mm e dimensão máxima de 2,4mm. Antes de ser utilizada na confecção das argamassas, a areia permaneceu 24 horas em estufa a 105°C para retirar a umidade.



**Figura 1:** Distribuição Granulométrica da Areia.

### 2.1.5 Cinza de Casca de Arroz

A cinza de casca de arroz (CCA) utilizada na substituição foi produzida em laboratório, via leito fluidizado, em temperaturas médias de 700°C.

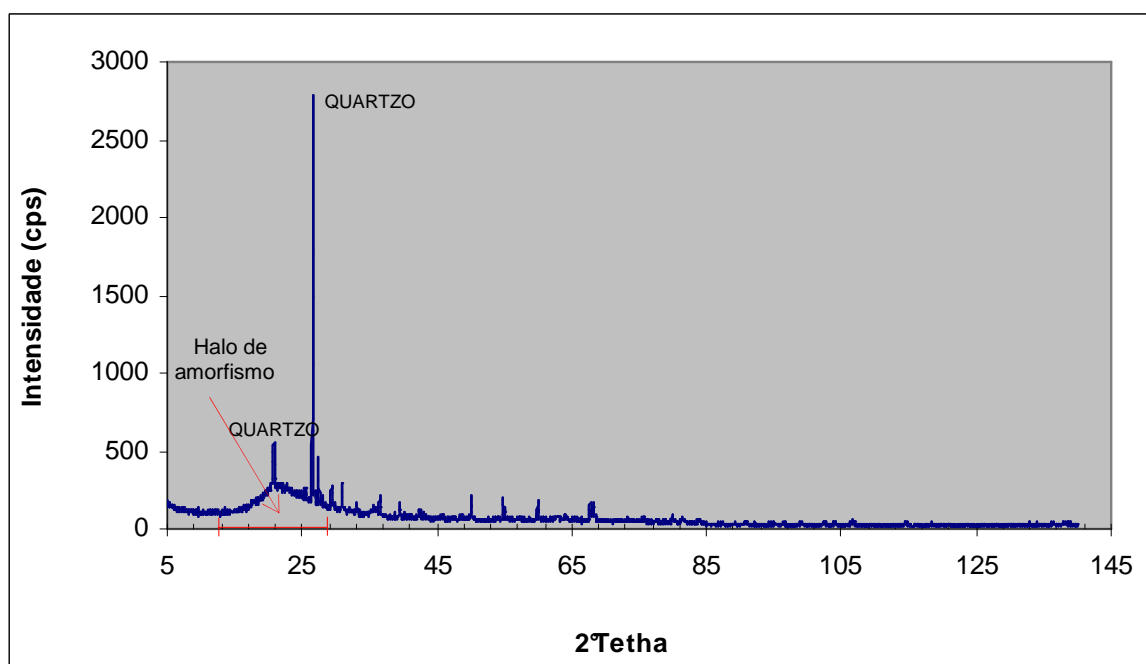
Após a queima, a cinza de casca de arroz é composta por partículas extremamente porosas, visto que a celulose é consumida da rede sílica-celulose original da casca de arroz (Stroeven *et al.*, 2000). Por este motivo, a mesma deve ser moída, por exemplo, em moinho de bolas, para atender a finura apropriada para uso como adição (Rego, 2001). Em termos de características físicas influenciadas pelo processo de moagem, as mais importantes estão relacionadas com a finura, já que frações granulométricas diferentes se comportam de maneira diferente. O grau de moagem depende do tipo de moinho utilizado e da temperatura de queima (Santos, 1997).

Antes de ser adicionada às argamassas, a cinza de casca de arroz passou por um processo de moagem a seco, em moinho excêntrico modelo CB2-T, composto por 2 jarras de porcelana e esferas de alumina com diâmetros de 2 cm, durante 2 horas. Foi utilizada uma relação de 210 gramas de esferas para 30 gramas de cinza em cada jarra. No trabalho de Santos (1997), o tempo de moagem ideal para a máxima atividade pozolânica de cinza de casca de arroz foi de 4 horas. Porém, a autora ainda observou que após moagem de 2 horas, as cinzas já apresentavam desempenho satisfatório, justificando a escolha do tempo de moagem utilizado neste trabalho.

A cinza de casca de arroz foi caracterizada quanto à perda ao fogo, conforme a NBR 12653 (ABNT, 1992), que estabelece para pozolanas classe N uma perda ao fogo máxima de 6%. Para a cinza em estudo obteve-se um valor de perda ao fogo de 10,5%, acima do limite estabelecido em norma. Contudo, acredita-se que este resultado isoladamente não desclassifique a CCA, uma vez que os demais resultados que caracterizam a pozolana são favoráveis, conforme apresentado na sequência.

A amostra foi analisada quimicamente através de Espectrometria de Fluorescência de raios X, em equipamento da marca Rigaku, modelo RIX 3100. A análise química realizada neste trabalho foi apenas qualitativa, sendo referência para a difração de raio-X. Resultados demonstraram que o elemento predominante na CCA é o silício (Si). Apresenta potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), ferro (Fe), enxofre (S) e alumínio (Al) em menor quantidade, e traços de magnésio (Mg), cloro (Cl), manganês (Mn), zinco (Zn) e titânio (Ti).

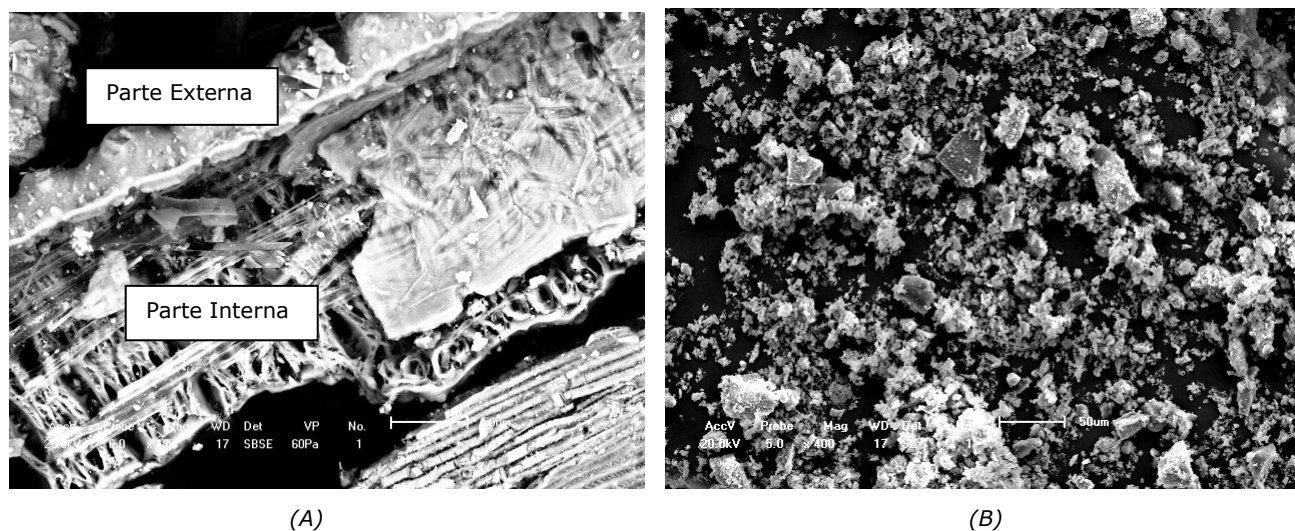
O ensaio de difração de raios-X foi realizado num difratômetro Siemens D5000, com a amostra em forma de pó orientada aleatoriamente. O difratograma foi obtido utilizando uma fonte de CuK $\alpha$ , cujas medições foram de 5 a 140°, passo de 0,05 e tempo de 1s em cada passo. Na Figura 2 é apresentado o difratograma da amostra analisada.



**Figura 2:** Difratograma de Raio-X da Cinza de casca de arroz.

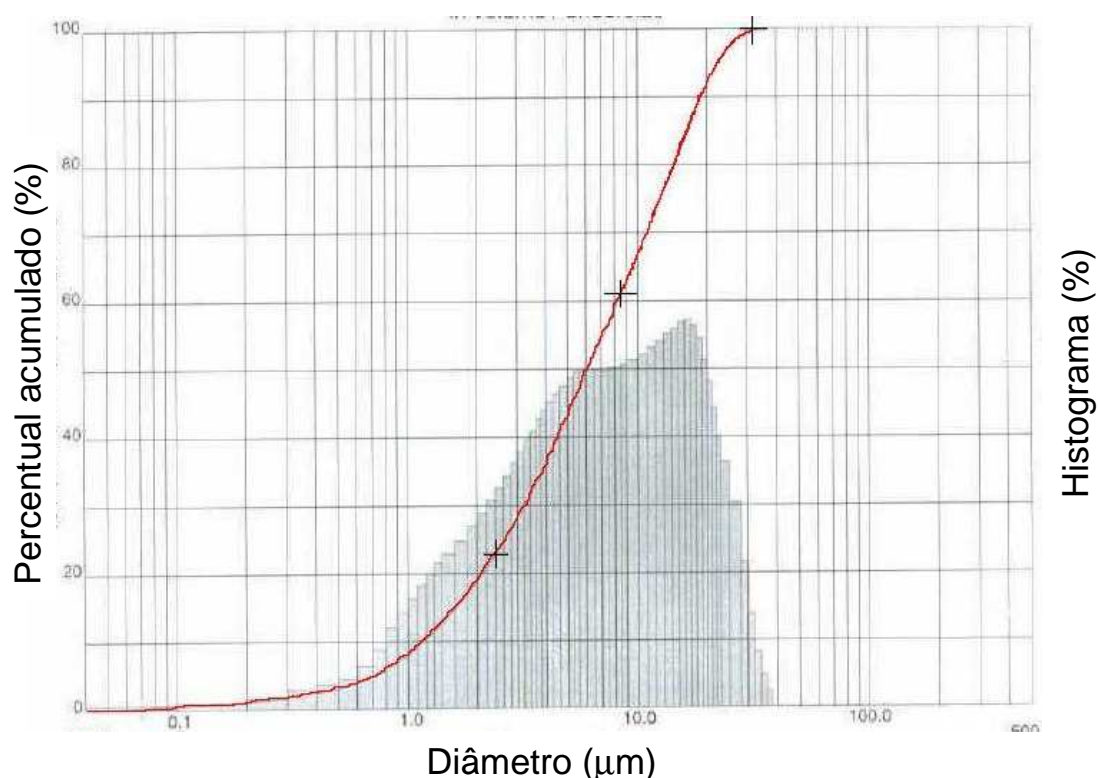
Pelo resultado obtido no difratograma de Raios-X, observa-se que a cinza de casca de arroz apresenta-se majoritariamente no estado amorfo, pois mostra um desvio da linha base entre os ângulos de 15 e 30 graus. No entanto, observam-se no espectro alguns picos significativos que evidenciam a presença de material cristalino, como o quartzo.

A microestrutura da amostra foi analisada através de microscopia eletrônica de varredura. As micrografias foram obtidas por detecção de elétrons secundários (baixa energia), pois são capazes de mostrar a morfologia do material. As imagens foram obtidas pelo equipamento MEV, marca Shimadzu SSX-550. As mesmas foram observadas em baixo vácuo, com pressão de 60 Pa. Na Figura 3 é apresentada a morfologia da cinza da casca de arroz antes da moagem (A) e após moagem (B).



**Figura 3:** Micrografias da CCA (aumentação 400X) - (A) antes da moagem (B) após moagem.

Analisando a morfologia da cinza de casca de arroz antes do processo de moagem, observa-se que a mesma é composta por duas fases distintas: uma fase externa, formada por uma estrutura mais densa e outra interna, mais porosa. Thashima (2006) salienta que é devido a esta estrutura interna que a cinza deve ser moída antes de ser utilizada como material pozolânico, já que a demanda de água seria muito elevada. Ao passar pelo processo de moagem, a cinza de casca de arroz tem sua estrutura rompida, sua granulometria reduzida e transforma-se em pó. Segundo ensaio de granulometria a laser realizado com amostra após moagem, o diâmetro médio da amostra é de 6,11 $\mu$ m. Na Figura 4 é apresentada a distribuição granulométrica da amostra.



**Figura 4:** Distribuição Granulométrica da CCA após moagem.

## 2.2 Métodos

Os substratos de aplicação das argamassas de revestimento foram confeccionados por um oficial pedreiro, com blocos cerâmicos estruturais assentados com argamassa mista, na proporção em volume 1:2,3:10,3 (cimento:cal:areia), com juntas de 1 cm, totalizando 3 prismas de alvenaria de 0,9mx0,8m.

As argamassas de revestimento utilizadas foram dosadas com o traço 1:2:9 (cimento:cal:areia) em volume. Foram produzidas argamassas de referência e com porcentagens de substituição de 5% e 10% de cinza de casca de arroz em relação ao volume aparente de cimento. A relação água/cimento foi determinada experimentalmente, fixando-se uma consistência para argamassa fresca de 240 mm  $\pm$  10mm, conforme a NBR 13276 (ABNT, 2005b). Os materiais empregados nas misturas foram medidos em frascos com volumes aferidos. Na Tabela 3 é apresentada a quantidade de materiais empregados para a produção das argamassas experimentais.

**Tabela 3:** Composição, em volume, das argamassas experimentais.

Argamassa	Cimento (L)	Cinza (L)	Cal (L)	Areia (L)	Consistência (mm)	Água (L)	Água/aglomerante
A0	1	0	2	9	240	2,25	2,25
A5	0,95	0,05	2	9	240	2,20	2,20
A10	0,90	0,10	2	9	240	2,15	2,15



É importante ressaltar que estas argamassas foram preparadas a fim de determinar a quantidade de água utilizada, sendo produzidas em pequena quantidade. No entanto, quando estas mesmas argamassas foram preparadas pelo oficial pedreiro em grande quantidade para os revestimentos, os valores apresentaram-se ligeiramente diferentes, como observado na Tabela 4.

**Tabela 4:** Composição, em volume, das argamassas confeccionadas por oficial pedreiro.

Argamassa	Cimento (L)	Cinza (L)	Cal (L)	Areia (L)	Consistência (mm)	Água (L)	Água/aglomerante
A0	1	0	2	9	260	2,25	2,25
A5	0,95	0,05	2	9	290	2,20	2,20
A10	0,90	0,10	2	9	300	2,15	2,15

Após 14 dias os substratos foram revestidos, pelo mesmo oficial pedreiro, com argamassas confeccionadas conforme apresentado na Tabela 4, na espessura de 2 cm, sendo estas aplicadas diretamente à base sem utilização de chapisco. Após, as alvenarias com os revestimentos argamassados foram curadas em ambiente de laboratório por 28 dias.

Concluído o período especificado para a cura, foram determinadas as resistências de aderência à tração dos revestimentos aplicados em relação ao substrato. Os ensaios de aderência foram realizados conforme a NBR 13528 (ABNT, 1995), utilizando-se corpos-de-prova circulares, com 50 mm de diâmetro e equipamento, marca Hydrajaws Limited, modelo 0087C, com capacidade de 10kN. Também foram realizados ensaios para determinar a extensão de aderência das argamassas à base. Foram extraídos corpos de prova do conjunto substrato-revestimento, com auxílio de serra copo, que foram cortados longitudinalmente, de modo a permitir a determinação da extensão de aderência. Esta determinação foi realizada com o auxílio de lupa petrográfica, marca Leica, modelo MS5, empregando-se um aumento de 6,3 vezes. Foram utilizadas 20 fotografias de sessões da interface argamassa/base, obtidas aleatoriamente de todas as amostras existentes para cada tipo de argamassa. Com o auxílio de um software de análise de imagens, "Image Tool", foi possível quantificar a extensão dos poros existentes na interface argamassa/bloco cerâmico. A extensão de aderência para cada argamassa foi determinada pela diferença entre a extensão total analisada e a extensão dos poros.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Resistência de aderência

As médias dos resultados obtidos nos ensaios de resistência de aderência ao substrato são apresentadas na Tabela 5. É válido salientar que os diferentes tipos de ruptura que podem ocorrer em um ensaio como esses, evidenciam processos diferentes: ao romper na interface argamassa/substrato ou argamassa/junta, mensura-se a real grandeza da aderência. Do contrário, ocorrem falhas por coesão dos materiais utilizados, evidenciando que a resistência de aderência verdadeira é maior do que a medida.

**Tabela 5:** Ensaios de Aderência ao Substrato.

Argamassa	Ruptura	Média (MPa)	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
A0	Interface Substrato/Argamassa	0,22 <sup>a</sup>	0,069	31
A5	Argamassa	≥0,44 <sup>b</sup>	0,067	15
A10	Argamassa	≥0,27 <sup>a</sup>	0,077	29

Valores com mesma letra (em coluna): não há diferença ao nível de 0,05 de significância.

A análise de variância aplicada aos resultados do ensaio de Aderência ao Substrato indica que a incorporação de cinza de casca de arroz apresenta um efeito significativo sobre esta propriedade, a um nível de confiança de 95%, pois o valor de 'p' para a variável 'teor de cinza de casca de arroz' é de 0,000, menor do que o nível de 0,05 de significância. Verifica-se que a média da resistência de aderência foi superior na argamassa que recebeu 5% de cinzas, diferenciando-se significativamente das médias encontradas para as outras argamassas.

Todos os resultados foram superiores 0,2 MPa, evidenciando que as argamassas executadas com e/ou sem adição de cinzas podem ser utilizados como revestimento interno. Salienta-se que as argamassas com adição de CCA apresentaram a ruptura na argamassa, indicando que a resistência foi superior à resistência à tração da argamassa, enquanto que a argamassa sem adição apresentou ruptura na interface argamassa/substrato.

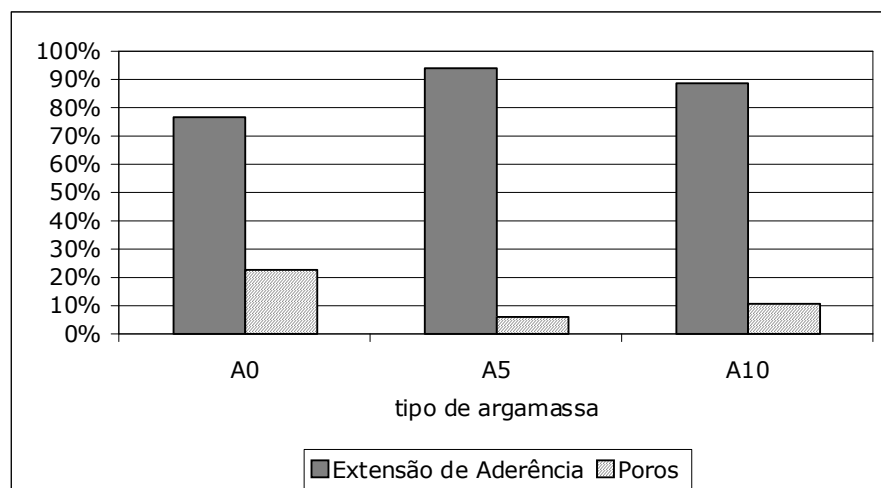
Cabe ressaltar que os revestimentos foram executados sem preparo do substrato com uso de chapisco, e que os resultados obtidos foram adequados para revestimentos internos. Ressalta-se que a resistência obtida no traço com adição de 5% de cinzas foi bastante elevada, e segundo a NBR 13528 (ABNT, 1995), pode ser utilizada tanto para revestimento interno (resistência de aderência superior a 0,2 MPa) quanto para externo (resistência de aderência superior a 0,3 MPa). Os resultados de aderência para a argamassa sem adição e para a argamassa com 10% de CCA indicam sua aplicação somente em revestimentos internos.

A adição de 10 % de cinza de casca de arroz na argamassa não apresentou desempenho tão eficiente quando comparado à adição de 5%. Silva (2004) ao estudar chapiscos com 5 e 10 % de cinza de casca de arroz atribuiu um pior desempenho de aderência do chapisco com 10% ao fato de que o tempo de cura foi insuficiente para completar o processo de hidratação, comprometendo a reação pozolânica.

Os resultados de aderência encontrados experimentalmente apresentaram um alto coeficiente de variação, não se diferenciando de outros trabalhos. Segundo Casarek (1996), os resultados obtidos nos ensaios de resistência de aderência à tração apresentam alta variabilidade, cujos coeficientes de variação são na ordem de 10 a 35%. Isto ocorre porque a resistência de aderência à tração depende tanto das características de argamassa quanto das características do substrato, as quais variam bastante, e ainda depende da forma de aplicação do revestimento, que não é constante durante a execução.

### 3.2 Análise da extensão de aderência

A Figura 5 apresenta os valores encontrados para a extensão de aderência e para a extensão dos poros para cada tipo de argamassa.



**Figura 5:** Extensão de aderência e de poros para cada argamassa.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de quantidade de poros e a média da extensão de poros para cada argamassa.

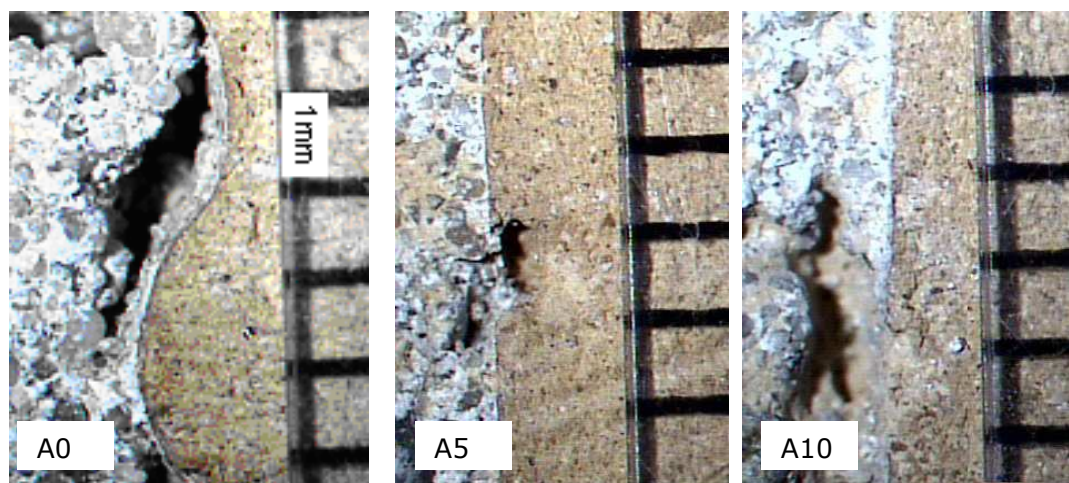
**Tabela 6:** Extensão de aderência.

Argamassa	Quantidade de poros	Média da Extensão dos poros (mm)
A0	24	1,05 <sup>a</sup>
A5	17	0,39 <sup>b</sup>
A10	16	0,68 <sup>a,b</sup>

Valores com mesma letra (em coluna): não há diferença ao nível de 0,05 de significância.

Ao realizar-se a análise de variância pode-se verificar que a incorporação de cinza de casca de arroz apresenta um efeito significativo sobre a propriedade 'extensão de aderência', pois, a um nível de confiança de 95%, obteve-se um valor 'p' de 0,019, menor do que o nível de significância de 0,05. Além disto, é importante ressaltar que durante a análise observou-se que os poros existentes na argamassa sem CCA foram superiores, tanto em extensão quanto em quantidade, aos poros observados nas argamassas com cinza de casca de arroz. Já entre as argamassas A5 e A10 observou-se quantidade semelhante de poros.

Na Figura 6 são apresentadas algumas das imagens analisadas, sendo que para cada argamassa a figura corresponde ao maior poro encontrado.



**Figura 6:** Análise visual da extensão de aderência (aumento de 6,3X).

Os resultados encontrados para a extensão de aderência das argamassas corroboram os resultados obtidos para a resistência de aderência, uma vez que a argamassa com 5% de adição apresentou maior resistência de aderência à tração, e também apresentou uma maior extensão de aderência ao substrato.

A grande quantidade de poros da argamassa sem adição pode ter contribuído para uma resistência menor, e para uma ruptura na interface. Já as argamassas com cinza de casca de arroz, por apresentarem uma interface menos porosa, romperam na própria argamassa.

## 4. Conclusões

O uso de CCA incorporada à argamassa estudada proporcionou um ganho de resistência de aderência entre a argamassa e a base da ordem de 100% em relação àquela sem adição. Estes resultados potencializam o uso deste material para esta aplicação.

Comparando as argamassas com adição de CCA de 5% em relação a 10% de CCA, percebe-se que há uma perda de resistência considerável para esta última, mostrando que há um limite para a incorporação destes resíduos.

Todos os resultados de aderência obtidos foram confirmados nas análises de extensão de aderência em lupa petrográfica, onde se observou uma menor extensão de poros para a argamassa com 5% de cinza de casca de arroz.

A partir deste estudo percebe-se que a incorporação de CCA na argamassa de revestimento, nas proporções testadas, proporcionou uma maior aderência à base (bloco cerâmico), potencializando a substituição de cimento por CCA. No entanto, salienta-se que o uso desta adição deve melhor estudado, pois os resultados de aderência foram mais satisfatórios na adição de 5% do que na de 10%, e que outras

propriedades relacionadas à durabilidade do revestimento, tais como a tendência a fissuração, devem ser determinadas.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 1992. NBR 12653 – Materiais Pozolânicos – Especificação. Rio de Janeiro, ABNT, 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 1995. NBR 13528 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração – Método de ensaio. São Paulo, ABNT, 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2003a. NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição Granulométrica. Rio de Janeiro, ABNT, 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2003b. NBR 7175 – Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, ABNT, 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2005a. NBR 7211 – Agregados para concreto - Especificação. São Paulo, ABNT, 11 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2005b. NBR 13276. Argamassa para Assentamento de Paredes e Revestimentos de Paredes e Tetos – Preparo da Mistura e Determinação do Índice de Consistência. São Paulo, ABNT, 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2005c. NBR 15270-2. Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. São Paulo, ABNT, 11 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2005d. NBR 15270-3. Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. São Paulo, ABNT, 27 p.
- BARBOSA FILHO, E.L.; PIRES SOBRINHO, C.W.A. 1998. Estudo de Argamassas com adições de cinzas de casca de arroz e cinza de cana-de-açúcar. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Florianópolis, 1998. *Anais...* Florianópolis, p. 879-884.
- BAUER, E. 2006. *Revestimentos de argamassas: características e peculiaridades*. Brasília, ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, 59 p.
- CARASEK, H. 1996. *Aderência de argamassa à base de cimento Portland a substratos porosos: Avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação*. São Paulo, SP. Tese de doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 285 p.
- CARASEK, H.; CASCUDO, O.; CINCOTTO, M.A.; DJANIKIAN, J.G. 1997. Microestrutura da interface argamassa/tijolo cerâmico. In: II Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Salvador, 1997. *Anais...* Salvador, p. 467-481.

- CARASEK, H. 2001. Importância dos materiais da aderência dos revestimentos de argamassa. *In: IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Brasília, 2001. Anais...* Brasília, p. 43-67.
- CARASEK, H.; SCARTEZINI, L.M. 2003. Fatores que exercem influência na resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassas. *In: V Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, São Paulo, 2003 Anais...* São Paulo, p. 569-581.
- IOPPI, P.R.; PRUDÊNCIO, L.R.; IRIYAMA, W.J. 1995. Estudo da absorção de Substratos de Concreto: Metodologias de ensaio e influência na aderência das argamassas de revestimento. *In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Goiânia, 1995. Anais...* Goiânia, p. 93-102.
- KAZMIERCZAK, C.S.; BREZEZINSKI, D.E.; COLLATTO, D. 2007. Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa. *Estudos tecnológicos*, **3**(1):47-58.
- MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. 2008. *Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais*. São Paulo, IBRACON, 659 p.
- REGO, J.H.S. 2001. *Viabilidade Técnica da Utilização da Cinza de Casca de arroz produzida sem controle da temperatura como adição mineral ao cimento*. Goiânia, GO. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 200p.
- SANTOS, S. 1997. *Estudo da viabilidade de utilização de cinza de casca de arroz residual em argamassas e concretos*. Florianópolis, SC. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 113 p.
- SILVA, V.S. 2004. *Aderência de chapiscos em concretos estruturais – Melhoria da microestrutura da zona de interface pela adição da sílica de casca de arroz*. São Carlos, SP. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, 247 p.
- SILVA, V.S.; LIBÓRIO, J.B.L. 2003. Avaliação do efeito da sílica extraída da casca de arroz na aderência de argamassas e chapiscos. *In: V Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, São Paulo, 2003. Anais...* São Paulo, p. 385-399.
- STROEVEN, P.; BUI, D.D.; VU, D.D.; DONG, A.V. 2000. Contributions to sustainable development of cementitious materials. *In: N.P. BARBOSA; R.N. SWAMY; C. LYNDALE (eds.), Sustainable construction into the next millenium: Environmentally friendly and innovative cement based materials*. João Pessoa, s/e p. 45-66.
- TASHIMA, M.M. 2006. *Cinza de casca de arroz altamente reativa: método de produção, caracterização físico-química e comportamento em matrizes de cimento Portland*. São Paulo, SP. Tese de Doutorado, UNESP, 81 p.

Submissão: 30/12/2008  
Aceite: 02/04/2009