

Estudo da influência da utilização da cinza da casca de arroz no desempenho de argamassa de revestimento

Study on the influence of the use of rice husk ash on the performance of coating mortar

RESUMO

A casca de arroz é utilizada no processo de combustão para alimentar caldeiras em indústrias que realizam o beneficiamento do grão, resultando em um grande volume de cinzas. Estes resíduos gerados ainda são pouco aproveitados e muitas vezes são descartados em terrenos baldios ou em cursos d'água, levando a diversos problemas ambientais. A cinza de casca de arroz tem grande quantidade de sílica em sua composição, podendo apresentar atividade pozolânica quando adicionada em argamassas. Este artigo foi desenvolvido para avaliar sua viabilidade quanto a resistência quando incorporado em argamassas de revestimento. Os procedimentos experimentais incluíram a caracterização química da cinza de casca de arroz *in natura* e a sua moagem por um período de tempo de 2 horas. Realizou-se a produção de corpos de prova de argamassa de revestimento com diferentes teores de adição de cinza em substituição parcial ao cimento, e posterior ensaio para a resistência à compressão em diferentes idades, sendo então comparado com os resultados obtidos do controle (corpos de prova sem substituição de cinza). Devido às propriedades pozolânicas presentes na estrutura da cinza, todas as argamassas estudadas com uma porcentagem deste material apresentaram desempenho mecânico superior àquelas sem substituição, demonstrando assim a viabilidade técnica deste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Sílica. Pozolanas. Resistência à compressão.

ABSTRACT

The rice husk is used in the burning process to feed boilers in industries that process the grain and this, results in a large volume of ashes. These generated wastes are still underused and are often improperly disposed in vacant lots along the roads and waterways, leading to several environmental problems. Rice husk ash has high silica content in its composition and may present pozzolanic activity when added to mortars. This article was developed to evaluate the feasibility for resistance when incorporated into coating mortars. The experimental program included the chemical characterization of the rice husk ash and the grinding of the material for a period of two hours. Was performed the preparation of proof bodies with different levels of ash addition in substitution to cement and tests were performed for compressive strength at different ages, and then compared with the results obtained from the control (proof bodies without the addition of ash). Due the pozzolanic properties present in the ash structure, all the mortars with a percentage of this material presented superior mechanical performance than those without the substitution demonstrating the technical viability of this material.

KEYWORDS: Silica. Pozolans. Compressive Strength.

Waleska Moraes Reis
waleska.moraes@outlook.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

José Ilo Pereira Filho
ilofilho@yahoo.com.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Taiara Aparecida Zaparte
eng.taiara@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Na indústria, ocorre o processo de separação do grão de arroz e da casca, e esta casca de arroz gerada é empregada como combustível em caldeiras, sendo utilizadas para gerar calor no processo de beneficiamento do grão, resultando na cinza da casca de arroz (CCA). No entanto, as indústrias não possuem um destino adequado para o descarte da CCA, acabando por depositar em aterros ou de forma irregular em margens de rios e estradas.

Tendo em vista esta preocupação ambiental, muitas pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de utilizar essa cinza de forma mais sustentável, transformando-a em subprodutos de interesse comercial, dentre eles a argamassa (Della, 2001). O uso da CCA em produtos cimentícios se justifica pela presença de sílica (SiO_2) em sua composição, a qual pode variar em teores de 87 até 97% dependendo do processo de queima, tendo a capacidade de agir como material pozolânico (SENSALE, 2006).

Em temperaturas mais baixas, a sílica encontrada na CCA é predominantemente amorfa e, portanto, reagente sob condições alcalinas criadas no processo de hidratação do cimento. A partir de temperaturas mais altas, ocorre a cristalização das cinzas, transformando-a em um material menos amorfo. Para que a cinza seja altamente reativa, é necessário que ela se encontre em seu estado amorfo (ANTIOHOS, 2014).

No entanto, alguns estudos mostram que outros fatores estão relacionados com a reação da CCA em argamassas e concreto, como o tamanho da sua superfície específica. O tamanho da partícula fornece uma área superficial maior, o que acelera a reação com o cimento e a formação de silicatos de cálcio hidratados (C-S-H), o qual é similar ao C-S-H produzido nas reações de hidratação do cimento Portland, e que é responsável por grande parte das propriedades físicas e mecânicas dos concretos e argamassas no estado endurecido (KRUG, 2011).

Além disso, o grau de moagem é outro fator relevante para que a cinza de casca de arroz possa ser usada como pozolana, visto que influencia diretamente na finura do material, massa específica e formato das partículas (Della, 2001).

Muitos trabalhos vêm sendo realizados com base em cinzas provenientes da queima em fornos com temperatura e tempo rigorosamente controlados em laboratório para que o produto final seja ideal, o que acarreta em um material altamente pozolânico. No entanto, o resíduo que sai da indústria não possui um controle de temperatura. Dessa forma, este trabalho possui o objetivo de empregar a CCA obtida diretamente das indústrias, e empregá-la em argamassas de revestimento. Todavia, como não há um controle da temperatura de queima deste material, este trabalho visou estudar outro fator que influencia na sua reação pozolânica, além da sílica amorfa, a superfície específica.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, realizou-se a caracterização química da CCA e posterior utilização como substituto parcial do cimento em argamassa de revestimento, em teores de 10%, 15% e 20% em relação a massa de cimento, visando verificar qual destas porcentagens obteria melhor desempenho em relação as propriedades mecânicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O cimento empregado foi o Cimento Portland CP II – Z por ser um cimento muito utilizado em obras para a confecção de argamassas de revestimento, sendo caracterizado por meio do ensaio de massa específica, de acordo com a NBR NM 23 (2000). Também foi utilizada a cal hidratada CH III, da Indústria e Comércio de Cal Ouro Verde e areia do tipo fina.

Para esta pesquisa, a cinza de casca de arroz utilizada é resultado da queima sem controle de tempo e temperatura. Durante a caracterização da CCA foi realizado a difração de raios-X (DRX), ensaio para determinação de massa específica e o método de Blaine para determinar a superfície específica, de acordo com a norma NBR NM 76 (1998). A CCA utilizada foi moída previamente por 2 horas em um moinho de bolas e posteriormente passada em peneira ABNT n° 200 (0,074mm) para caracterizar a finura da partícula.

Para o preparo dos corpos de prova de argamassa de revestimento o traço determinado foi de 1:2:9 (cimento:cal:areia) em massa, sendo então moldados corpos de prova de referência e corpos de prova com substituição parcial de cimento pela CCA em porcentagens de 10%, 15% e 20% em relação a massa de cimento. A composição final do traço esta apresentada na Tabela 1, onde os valores utilizados para cal, areia e água foram fixos, de respectivamente, 372,67g, 1676,99g e 409,93g. Essa produção foi executada de acordo com os procedimentos descritos na NBR 7215 (2019), sendo elaborados em moldes cilíndricos com 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura.

Tabela 1 - Composição do traço utilizado

	Referência	10%	15%	20%
Cimento (g)	186,32	167,7	158,38	149,07
CCA (g)	-	18,63	27,95	37,27

A quantidade de água para cada traço foi determinada com base na NBR 13276 (2002) a partir do índice de consistência da argamassa, por meio do ensaio de flow table, cujo valor deve ser de 225 ± 5 mm. Nesta etapa também foi realizado o ensaio para determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Após estas fases, os moldes cilíndricos foram colocados em cura úmida nas 24 h iniciais, contadas a partir do momento em que foram fabricadas, e, passado esse período, foram desmoldados e imersos em água saturada de cal. Os corpos de prova permaneceram em cura até o momento de sua ruptura, com 7 e 28 dias de idade, onde se avaliou sua resistência à compressão simples.

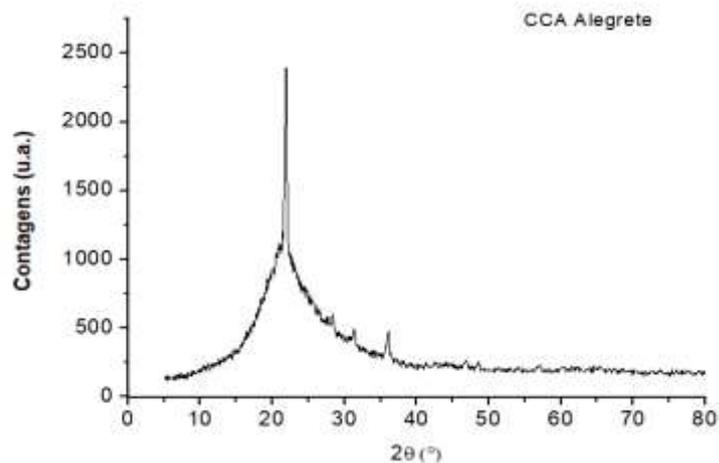
RESULTADOS E DISCUSSÕES

A cinza de casca de arroz foi submetida a moagem pois, quanto maior a superfície específica, maior será o potencial para reações pozolânicas na CCA, como explica Krug (2011). O tempo ideal para a cinza varia de acordo com a temperatura a qual foi queimada, podendo ser maior ou menor dependendo do nível de agrupamento em que as partículas do material estão.

No difratograma de raios-X (Figura 1) da CCA estudada ficou evidenciada a presença de alto pico cristalino, sendo também observado um halo de amorfismo, que corresponde ao desvio da linha base entre os ângulos de 15 e 30 graus, sendo

um indicativo de certo grau de amorficidade no material, como explica Krug (2011). Este comportamento é justificado pelo tratamento térmico sem controle empregado. Portanto, o material apresenta certo grau de atividade pozolânica.

Figura 1 - Difratoograma de raios-X da cinza de casca de arroz



As propriedades físicas do cimento e da cinza de casca de arroz moída foram obtidas e estão representados na Tabela 2 abaixo. O valor da superfície específica estabelecido pela norma é de 2600 cm²/g e neste trabalho a CCA obteve um resultado de 6185,60 cm²/g. Essa diferença se deve ao processo de moagem utilizado para diminuir o tamanho das partículas da cinza, que irá variar os resultados a partir do aparelho utilizado e do tempo ao qual ela foi submetida. Dada as dimensões da partícula resultarem em um material muito fino, após o processo de hidratação na argamassa, esse material passará a agir sob o efeito “filler” (BEZERRA, 2010).

Tabela 2 - Propriedades físicas dos materiais utilizados

Massa específica (g/cm ³)		Superfície específica (cm ² /g)	
Cimento	2,97	Cimento	3621,00
Cinza da casca de arroz	2,24	Cinza da casca de arroz	6185,60

Analisando os valores obtidos nos ensaios realizados no momento da preparação de cada traço de argamassa (Tabela 3), é possível evidenciar que a densidade de massa não apresentou alterações significativas quando incorporado um teor de cinza de casca de arroz. Isso está relacionado ao fato de que a massa específica dos dois materiais não difere muito entre si.

Nos resultados obtidos para o teor de ar incorporado, observa-se que ocorreu pequena oscilação de valores nas amostras com a substituição. Isso pode estar relacionada a estrutura porosa das partículas de CCA, influenciando na quantidade de ar existente na argamassa e conseqüentemente na trabalhabilidade. Também há uma relação inversamente proporcional entre o teor de ar incorporado e a densidade no estado fresco, como se observa nos valores da Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados dos ensaios

Traço	Índice de consistência (mm)	Densidade de massa (g/cm ³)	Teor de ar incorporado (%)
Referência	219,50	1,93	8,31
10%	225,33	1,96	6,22

15%	229,25	1,97	5,74
20%	222,67	1,97	5,29

O ensaio de compressão foi realizado para cada traço de argamassa conforme prescreve a norma para as idades de 7 e 28 dias, também sendo obtidos seus correspondentes valores de desvio padrão para cada amostra, estando representados respectivamente na Figura 2 e Tabela 4.

Figura 2 - Resistência à compressão simples dos corpos de prova de argamassa de revestimento

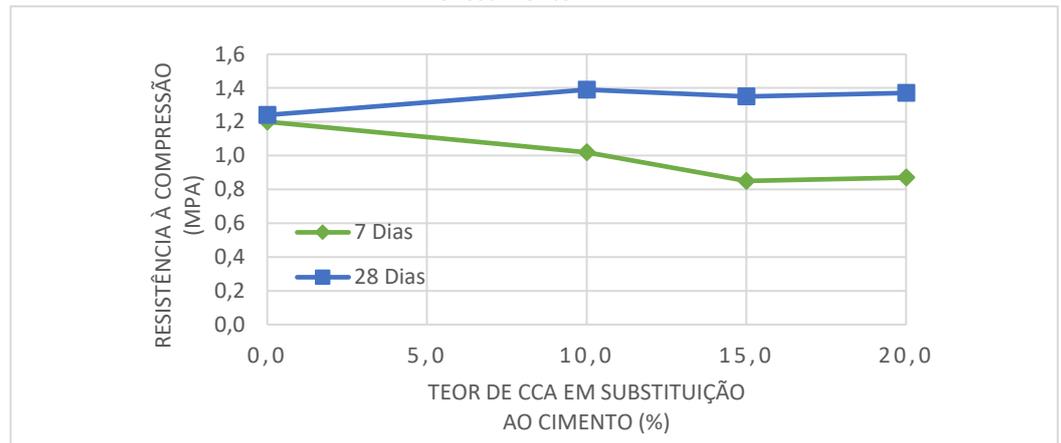


Tabela 4 - Desvio padrão amostral

Traço	Referência	10%	15%	20%
Desvio Padrão (Mpa)	0,04	0,07	0,07	0,06

A partir dos valores obtidos observa-se que a argamassa de referência obteve uma resistência à compressão superior àquelas com a substituição de cinza para a idade de 7 dias. No entanto, aos 28 dias de idade todos os corpos de prova incorporados com a CCA ultrapassaram o resultado da argamassa de referência, apresentando melhor desempenho mecânico na compressão, o que evidencia a existência de reação pozolânica.

Nota-se que em todos os traços contendo CCA as resistências encontradas foram semelhantes entre si, sendo o traço com 10% de substituição o que obteve o melhor desempenho. Além disso, os resultados se tornaram indicativos de que a superfície específica possui grande influência na produção de compostos com melhores propriedades físicas e mecânicas em argamassas no estado endurecido pois aumenta a reatividade da cinza de casca de arroz.

Outrossim, como a figura mostrou-se ascendente para as amostras com cinza aos 28 dias, tem-se que as reações pozolânicas com a utilização de CCA acontecem de forma mais lenta, alcançando valores mais altos em idades mais avançadas. Ainda, conforme a ascendência mostrada no gráfico, é possível que a resistência à compressão continue a aumentar nas idades subsequentes.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a cinza de casca de arroz proveniente da queima não controlada apresenta certo grau de amorficidade, pois ainda que apresentou pico cristalino, possui um significativo halo de amorfismo, sendo um indicativo de atividade pozolânica.

A maior superfície específica das partículas de CCA adquiridas com a moagem em um período de 2h, mostrou-se eficaz nos valores adquiridos pela argamassa no ensaio de resistência à compressão, no que diz respeito a influência que o tamanho da superfície específica possui na reação pozolânica. Outrossim, a finura também concedeu a cinza a propriedade de atuar como fíler nas argamassas produzidas, agindo de forma a preencher os vazios da massa.

No ensaio de resistência à compressão, as argamassas com teor de cinza incorporadas apresentaram melhora nas propriedades mecânicas, a partir dos 28 dias, sendo os valores obtidos semelhantes entre si, podendo ser uma alternativa para o uso em argamassas de revestimento como substituto parcial de até 20% do cimento, se transformando em um subproduto de valor agregado no mercado.

A partir disso, evidencia-se o ganho nas propriedades pozolânicas obtidas com a moagem de uma cinza de casca de arroz oriunda diretamente da indústria, sem grande quantidade de sílica amorfa, em razão do processo de queima. O uso de CCA em novos produtos, corrobora com a diminuição do impacto ambiental gerado pelo seu descarte incorreto, além de diminuir o uso do cimento, o qual possui um processo de produção altamente poluente. Também, há-se um ganho econômico, pois, ao se utilizar menos cimento, o custo para a produção da argamassa é reduzido.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro, 2000, 5p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 76: Cimento Portland – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine)**. Rio de Janeiro, 1996, 13p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019, 12p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016, 2p.
- ANTIOHOS, S.K.; PAPADAKIS, V.G.; TSIMAS, S. **Rice husk ash (RHA) effectiveness in cement and concrete as a function of reactive silica and fineness**. Cement and Concrete Research, v. 61-62, 20-27, 2014.
- BEZERRA, I. M. T.; SOUZA, J.; CARVALHO, J. B. Q.; NEVES, G. A. **Aplicação da cinza da casca do arroz em argamassas de assentamento**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.6, p.639-645. Campina Grande, 2011.
- DELLA, V. P. **Processamento e caracterização da sílica ativa obtida a partir de cinza de casca de arroz**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.
- KRUG, L. F. **Influência do beneficiamento por peneiramento no comportamento da cinza de casca de arroz: estudo como adição pozolânica em concretos**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2011.
- SENSALE, G. R. B. **“Strength development of concrete with rice-husk ash”**, Cement and Concrete Composites, v.28, n.2, p.158-160. USA, 2006.