

**SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND POR CINZA DE CASCA  
DE ARROZ EM ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO**

**PARTIAL REPLACEMENT OF PORTLAND CEMENT BY RICE BARK GRAY IN  
SETTLEMENT MORTAR**

Elisa Francieli Pertile<sup>1</sup>

Poliana Bellei<sup>2</sup>

*Submetido em 30-07-2019*

*Aprovado em 26-09-2019*

**Revista Infinity**

Revista dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Engenharia de Produção.

Uceff – Campus Itapiranga

Vol. 4, nº 2, 2019

ISSN 2525-3204

---

<sup>1</sup> Engenheira Civil, Egressa da Unidade de Educação Faem Faculdades. E-mail: elisapertile@hotmail.com

<sup>2</sup> Professora Mestra, Unidade de Educação Faem Faculdades. E-mail: polianabellei@gmail.com

## **Resumo**

A agroindústria é um dos maiores geradores de resíduos, causando problemas ambientais, principalmente quando o descarte é feito de forma irregular. O presente estudo procurou analisar a substituição parcial da cinza de casca de arroz (CCA) na argamassa de revestimento e assentamento. O traço utilizado correspondeu a proporção de 1:2:9 (cimento/CCA, cal e areia) sendo produzida argamassa sem o uso de CCA (argamassa referência) e com a utilização de CCA (argamassas alternativas) que tiveram porcentagens de substituição parcial do cimento de 7 %, 15 % e 30 %, por cinza de casca de arroz. Após o preparo de cada argamassa foram realizados os ensaios no estado fresco, e moldado corpos de prova para ensaiar no estado endurecido. Com a análise dos resultados dos ensaios realizados para todas as argamassas em estudo percebeu-se que a melhora das propriedades aconteceu no estado fresco (consistência, densidade, retenção de água), bem como no estado endurecido (resistência e capilaridade). Por meio dos benefícios apontados, mostra-se a necessidade de pesquisar o uso de cinza de casca de arroz, como um material para substituir o uso de aglomerante, e assim, comprovar o seu desempenho em argamassas de assentamento e revestimento.

Palavras-chave: Argamassa; Cinza de casca de arroz; Propriedades.

## **Abstract**

Agroindustry is one of the largest waste generators, causing environmental problems, especially when disposal is irregular. The present study aimed to analyze the partial substitution of rice husk ash (CCA) in the coating and laying mortar. The trait used corresponded to a ratio of 1: 2: 9 (cement / CCA, lime and sand). Mortar was produced without the use of CCA (reference mortar) and with the use of CCA (alternative mortars) that had partial replacement rates. 7 %, 15 % and 30 % cement per rice husk ash. After the preparation of each mortar the tests were performed in the fresh state, and specimens were molded to test in the hardened state. By analyzing the results of the tests performed for all mortars under study, it was noticed that the properties improvement occurred in the fresh state (consistency, density, water retention), as well as in the hardened state (strength and capillarity). Through the pointed benefits, it is shown the need to research the use of rice husk ash, as a material to replace the use of binder, and thus prove its performance in laying and coating mortars.

Key-words: Mortar; Rice husk ash; Properties.

## **Introdução**

Ao longo da história o desenvolvimento e progresso tem tido uma visão equivocada sobre os recursos naturais existentes no mundo, sendo julgados como ilimitados. Os resíduos gerados durante a produção e ao final da vida útil são simplesmente descartados em aterros e a preservação da natureza é vista como oposto ao desenvolvimento (JOHN, 2000).

Um dos assuntos que vem causando preocupação no mundo todo, em que vários países estão buscando estudos e soluções, é a quantidade e os malefícios gerados pelos resíduos industriais, resíduos urbanos e resíduos agrícolas (De LUCAS JUNIOR; SANTOS, 2000).

A agroindústria é um dos maiores geradores de resíduos, causando problemas, principalmente quando o descarte é feito de forma irregular, provocando problemas ambientais, poluindo o solo, a água e o ar. A reciclagem desses materiais é necessária para a proteção do meio ambiente, como também, para a redução de custos e consumo de energia, na produção de materiais e elementos de construção. Um dos setores que mais abrangem o uso desses resíduos, é o da construção civil, principalmente na fabricação de concreto e de argamassas, proporcionando assim, uma correta destinação ao subproduto (SILVA; SOUZA, 1995).

Porém, para que esses produtos possam ser utilizados eles devem atender as condições físicas e mecânicas correspondentes as normas, como a resistência, durabilidade e trabalhabilidade, além de outros atributos que possam ser iguais ou superiores, aos materiais já disponíveis no mercado. Isso acontece porque o setor da construção civil fabrica bens duráveis, devendo oferecer produtos com qualidade e vida útil aos seus consumidores (BEZARRA, 2010).

No Brasil, a maior área de reciclagem de resíduos gerados por outras indústrias, está voltado para a construção civil, na indústria cimenteira, que recicla principalmente escórias de alto forno básicas e cinzas volantes, e, os resíduos agroindustriais, como a casca de arroz, pó de carvão vegetal, casca de babaçu, entre outros (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2000).

As cinzas são resíduos decorrentes de ações das agroindústrias, ou também podem ser gerados pela queima de outros resíduos, devido a reinserção destes, no processo. Um

exemplo, é a casca de arroz, que depois de ser incinerado transforma-se em cinza de casca de arroz, um outro subproduto que contém pozolanicidade (LIMA, 2008).

A cinza de casca de arroz vem sendo estudada por obter resultados, quanto aos aspectos físicos e mecânicos, quando usados em argamassas e concretos. Isso é possível, pelo fato das cinzas possuírem uma grande quantidade de sílica, com características pozolânicas. Isso mostra, que, quando isolada, não apresenta caráter aglomerante, porém, quando na presença de água acontece uma reação com o hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) e formam componentes cimentantes (BEZARRA, 2010).

Para os materiais alternativos poderem ser utilizados, é necessário pesquisas em torno de suas propriedades físicas e químicas, durabilidade, qualidade e viabilidade. Essas características são importantes, para qualquer produto dentro da construção civil, em razão da complexidade nos mecanismos de degradação, vida útil e os elevados custos presentes nas obras (BEZERRA, 2010).

A reutilização de resíduos mostra-se importante para todo cenário mundial, pois além de minimizar os impactos ambientais provenientes de seu descarte inadequado, diminui a necessidade de utilizar matéria prima, a qual causa desperdício dos recursos naturais existentes.

De acordo com estudos já efetuados, a cinza da casca do arroz colabora para o aumento da resistência à compressão simples, durabilidade, e conseqüentemente, à diminuição da porosidade de argamassas e concreto (SOUZA, 2008).

Pelos motivos e benefícios apontados, o objetivo geral desse estudo, é analisar a substituição parcial do cimento pela cinza de casca de arroz para argamassa de assentamento em paredes de alvenaria.

### **Argamassas**

A argamassa é uma mistura de agregados com aglomerantes e água. Geralmente, a argamassa usada em obra, é produzida com a mistura de areia natural lavada, cimento Portland e cal. A destinação da argamassa depende da escolha do aglomerante, podendo ser de cal, cimento e mista (cal e cimento), que podem ser utilizadas tanto para assentamento quanto para revestimento de paredes (AMBROZEWICZ, 2012).

A finalidade da argamassa de assentamento de paredes e muros de tijolos ou blocos, possui os seguintes propósitos: unir os elementos de alvenaria e colaborar na resistência dos

esforços existentes, distribuir igualmente as cargas na parede, absorver deformações que se dão de forma natural e selar as junções evitando a penetração de água (BEZERRA, 2010).

A trabalhabilidade é uma propriedade que determina a aptidão com que uma argamassa pode ser misturada, transportada, aplicada, consolidada e acabada, em relação a uma condição homogênea (COSTA; PEREIRA, 2016).

Em relação a consistência das argamassas define-se como a resistência as deformações em seu estado fresco, adequando-se a quantidade de água empregada, pode ser influenciada pelos seguintes fatores: relação água/aglomerante, relação aglomerante/areia, granulometria da areia, natureza e qualidade do aglomerante (BEZERRA, 2010).

A retenção de água é a capacidade da argamassa liberar lentamente o líquido de sua composição para o meio ambiente ou para os substratos porosos. Quanto maior a quantidade de água presente em uma argamassa, maior vai ser a quantidade de água evaporada, gerando fissuras. Quando a argamassa possui grande capacidade de retenção de água, a perda de água de amassamento é demorada, fazendo com que obtenha-se ganho de resistência, diminuindo assim, as fissuras (RECENA, 2012).

A densidade de massa condiz com a relação entre o volume e a massa do material, e é um dos fatores que podem afetar a trabalhabilidade da argamassa, visto que, quando se diminui a densidade, a argamassa torna-se mais leve e com maior trabalhabilidade. Já o teor de ar incorporado é a quantidade de ar existente em um determinado volume de argamassa. Quando essa quantidade de ar aumenta, a densidade diminui, interferindo na sua trabalhabilidade, ou seja, uma argamassa com maior teor de ar e menor densidade de massa, possui melhor trabalhabilidade, afetando de forma negativa à outras propriedades, como a resistência mecânica e a aderência da argamassa, características estas fundamentais ao bom funcionamento da argamassa (BEZERRA, 2010).

A capilaridade é quantidade de água que uma argamassa absorve, indicando assim, sua permeabilidade. Quanto menor for o índice de capilaridade, mais impermeável é a argamassa (GASPAR; BRITO, 2010).

A resistência mecânica de uma argamassa está diretamente ligada ao emprego previsto para ela. No caso das argamassas de assentamento e revestimento, esse critério sempre recebeu uma consideração secundária, indicando assim, somente traços para determinados usos, sem nenhum intuito de atingir uma resistência desejada. Porém, o

estudo da resistência será sempre importante para avaliar a qualidade e homogeneidade das operações de produção (RECENA, 2012).

A durabilidade da argamassa é a capacidade que de continuar cumprindo as obrigações, a qual foi projetada, mantendo assim, as suas condições químicas e físicas ao longo do tempo, em condições normais de exposição (RECENA, 2012).

Todo material utilizado isoladamente ou em composição com outros, tem como intuito exercer determinadas funções dentro de uma edificação. As argamassas são consideradas um sistema e não um material isolado (RECENA, 2012).

### **Cinza de casca de arroz**

A Cinza de Casca de Arroz (CCA), é proveniente da queima da casca de arroz para geração de energia elétrica em usinas de beneficiamento de arroz, dessa queima obtém-se um resíduo escuro, com até 15 % de carbono em sua composição, que pode ser nocivo à saúde (silicose), e causar danos ambientais, etc. O formato das partículas da cinza de casca de arroz é mais angular que o da sílica de ferro-silício, a qual é esférica (TIBONI, 2007).

As sílicas ativas agem de forma química no processo de hidratação, de acordo com a disponibilidade do hidróxido de cálcio. Depois de um certo tempo, a sílica deixa de reagir quimicamente de maneira significativa como um aglomerante e o restante da sílica começa a atuar como *filler* inerte, contribuindo fisicamente (BEZERRA, 2010).

A casca de arroz quando utilizada de forma correta pode tornar-se uma grande aliada no desenvolvimento sustentável, sendo utilizada como fonte de energia sustentável, quando é feita a queima da casca como combustível, e as cinzas geradas nesse processo de combustão podem ser adicionadas ao concreto e em argamassas, como pozolana, em substituições parciais do cimento (BEZERRA, 2010).

A temperatura é um dos fatores que mais podem interferir nas características físicas e químicas da cinza, tanto pela relevância, quanto pelo tempo de exposição que a amostra pode ser submetida (TIBONI, 2007).

A mistura de cinza de casca de arroz com os demais agregados, gera um concreto mais compacto e com menos vazios, diminuindo a sua porosidade e aumentando a sua durabilidade, ficando menos exposta à agentes agressivos. Estes concretos podem ser

utilizados em obras que necessitam de materiais com melhores características mecânicas (BEZERRA, 2010).

Apesar de vários estudos voltados ao uso de cinza de casca de arroz, a maioria desse resíduo é simplesmente descartada. A sua aplicabilidade na construção civil encontra algumas restrições, como a sua cor escura, que, quando empregada em argamassas e concretos, também possuirá uma coloração escura, e também a falta de uniformidade nas suas características mineralógicas. A cor escura não é um problema na parte técnica, mas sim de estética e de aceitação no mercado, já a composição mineralógica está associada a atividade pozolânica, implicando na incerteza de grau de reatividade (POUEY, 2006).

### **Programa experimental: materiais e métodos**

Primeiramente, essa pesquisa foi realizada por meio da caracterização dos materiais utilizados, para posteriormente serem produzidas as argamassas consideradas para assentamento.

O cimento utilizado foi o CP II F – 32 e a cal é do tipo hidratada CH III, já a areia é média lavada. Esses materiais foram comprados no comércio de materiais de construção da cidade de Chapecó – SC. A cinza de casca de arroz não possui temperatura e moagem definidas, e foi fornecida pela Unipampa Campus de Alegrete – RS.

Foi utilizado um traço padrão de 1:2:9 (cimento/CCA, cal e areia), o qual foi denominado como referência (ARG REF), sendo produzida a argamassa sem o uso de CCA. Depois disso, foram produzidos mais três traços com a substituição parcial do cimento por CCA, nas proporções de 7 %, 15 % e 30 %.

Os traços utilizados possuíram a seguinte classificação, conforme Tabela 01.

Tabela 01 – Composição de cada traço

<b>Traço</b>	<b>Proporção dos materiais (cimento/CCA/cal/areia)</b>
ARG REF	1:0:2:9
7% CCA	0,93:0,07:2:9
15% CCA	0,85:0,15:2:9
30% CCA	0,70:0,30:2:9

Fonte: Próprios autores (2018)

Foram realizados os ensaios de caracterização dos materiais utilizados, bem como para todas as argamassas produzidas, no laboratório de materiais de construção da UCEFF – Faculdades. A relação de ensaios realizados encontra-se na Tabela 02.

Tabela 02 – Relação de ensaios realizados

Material	Ensaio	Norma
Areia Média	Massa Específica/Massa Unitária/Granulometria	NBR NM 52, NBR NM 45, NBR NM 248.
Cimento CP II - F 32	Massa Específica/Finura	NBR 16605, NBR 11579.
CCA		
Argamassas	Ensaio no estado fresco: consistência, retenção de água, densidade no estado fresco; Ensaio no estado endurecido: resistência à tração na flexão e à compressão, capilaridade, densidade no estado endurecido.	NBR 13276, NBR 13277, NBR 13278, NBR 13279, NBR 15259, NBR 13280.

Fonte: Próprios autores (2018)

As argamassas foram produzidas conforme a ABNT/NBR 16541 (2016). O índice de consistência estabelecido pela ABNT/NBR 13276 (2016) estabeleceu a quantidade de água utilizada na preparação das argamassas, através do ensaio na mesa *flow table*. Nos ensaios no estado endurecido, cada amostra teve a moldagem de seis corpos-de-prova com as medidas de 4x4x16 cm, para o teste de resistência à tração na flexão e à compressão, sendo três unidades, para as idades de 7 e o restante aos 28 dias. Para os ensaios de capilaridade e densidade no estado endurecido foram utilizados três corpos-de-prova e ensaiados somente aos 28 dias. Foi utilizado prensa EMIC, onde os corpos de prova foram submetidos a uma carga de 50 N/s para o ensaio de resistência à tração na flexão e a compressão.

A Figura A e Figura 01B mostra o processo de produção das argamassas na argamassadeira, em laboratório.



Figura 01 - Produção das argamassas



Fonte: Próprios autores (2018)

Ao final avaliou-se a substituição da cinza de casca de arroz a partir dos traços empregados, nas propriedades físicas e mecânicas das argamassas, em seu estado fresco e endurecido.

### **Apresentação e discussão dos resultados**

Os materiais utilizados na produção das argamassas possuíram a caracterização apresentadas na Tabela 03.

Tabela 03 – Caracterização dos materiais utilizados

<b>Material</b>	<b>Ensaio</b>	<b>Resultado</b>
<b>Cimento CP II – F 32</b>	Massa específica	2,92 g/cm <sup>3</sup>
	Finura	6 %
<b>CCA</b>	Massa específica	2,44 g/cm <sup>3</sup>
	Finura	5%
<b>Areia Média</b>	Massa específica	2,69 g/cm <sup>3</sup>
	Massa unitária	1,54 g/cm <sup>3</sup>
	DMC	2,4 mm
	MF	3,14

Fonte: Próprios autores (2018)

Os ensaios realizados para o cimento e a CCA foi a massa específica e finura, já para o agregado miúdo foi a massa específica, massa unitária e a granulometria (sendo obtido o diâmetro máximo característico e o modulo de finura do material).

A Tabela 04 apresenta a quantidade de cada material nas diferentes argamassas produzidas.

Tabela 04 – Quantidade de material para cada argamassa

<b>Tipo de Argamassa</b>	<b>Cimento (g)</b>	<b>CCA (g)</b>	<b>Cal Hidratada (g)</b>	<b>Areia (g)</b>	<b>Água (ml)</b>
ARG REF	300	0	600	2700	500
7% CCA	279	21	600	2700	500
15% CCA	255	45	600	2700	500
30% CCA	210	90	600	2700	500

Fonte: Próprios autores (2018)

Em todas as argamassas utilizou-se a quantidade de 500 ml na mistura.

Os resultados para os ensaios realizados no estado fresco das argamassas constam na Tabela 05.

Tabela 05 – Resultados dos ensaios realizados no estado fresco das argamassas

Ensaio	Argamassas			
	ARG REF	7% CCA	15% CCA	30% CCA
Consistência (cm)	23	23	24	23
Retenção de água (%)	96,91	97,51	97,50	83,56
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,96	1,98	1,98	1,98

Fonte: Próprios autores (2018)

Procurou-se obter um índice de consistência com um espalhamento de 26 cm  $\pm$  5 cm.

Por meio dos valores encontrados para o ensaio de consistência foi possível perceber, que os valores de trabalhabilidade, não apresentaram alterações significativas entre as argamassas. Observando as argamassas em relação a retenção de água, a amostra que menos retém água é a argamassa de 30 %. Já para os valores do ensaio de densidade, é possível perceber que as argamassas que utilizaram a CCA apresentaram maior resultado, porém, semelhante ao traço referência.

Para o estado endurecido os corpos-de-prova foram desmoldados depois de 24 horas, e os ensaios de tração na flexão e compressão foram realizados nas idades de 7 e 28 dias, para todos os tipos de argamassas produzidas. Já os ensaios de densidade e capilaridade foram executados somente com 28 dias. Cada amostra de argamassa possui 6 corpos-de-prova.

Para o estado endurecido as amostras apresentaram os seguintes valores, conforme Tabela 06.

Tabela 06 – Resultados dos ensaios realizados no estado endurecido das argamassas

Ensaio		Idade de ensaio	Argamassa			
			ARG REF	7% CCA	15% CCA	30% CCA
Resistência (MPa)	Tração na Flexão	7 dias	0,31	0,29	0,44	0,34
		28 dias	0,45	0,35	0,74	0,48
	Compressão	7 dias	1,23	1,25	1,24	0,69
		28 dias	1,65	1,88	2,56	1,73
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		28 dias	1,79	1,74	1,78	1,65
Capilaridade (g/cm <sup>3</sup> )		28 dias - 10 min	0,25	0,25	0,19	0,32
		28 dias - 90 min	1,13	1	0,75	1,25

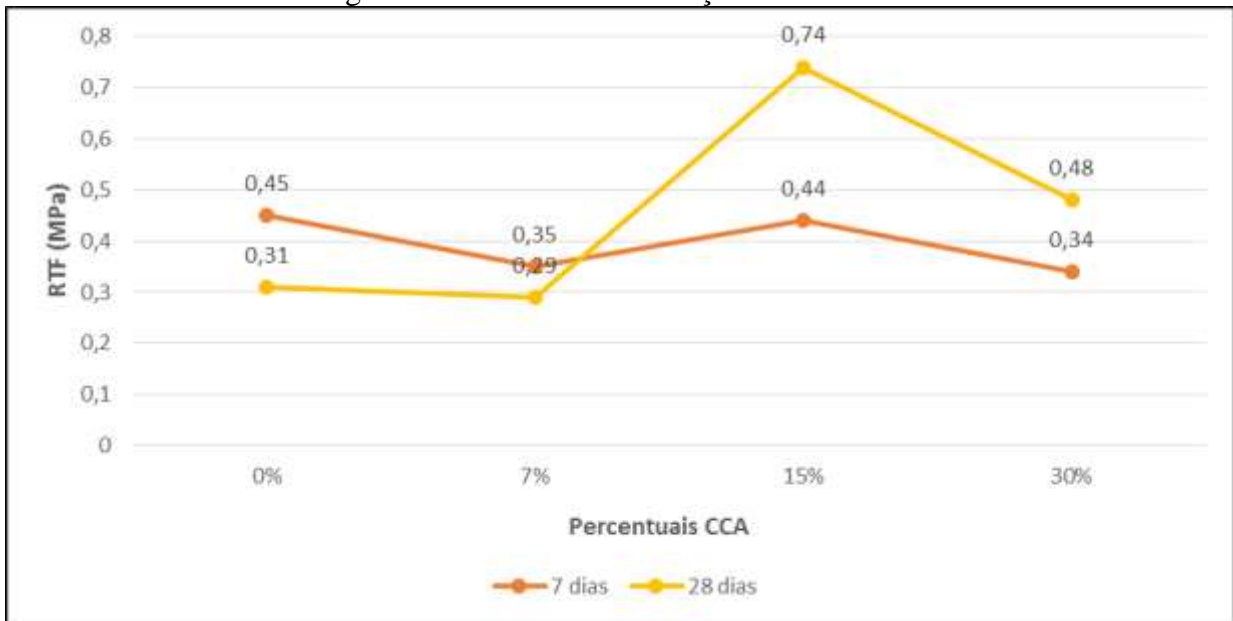
Fonte: Próprios autores (2018)

A densidade de massa no estado endurecido está proporcionalmente ligada a resistência à compressão, ou seja, quanto maior for a resistência à compressão da argamassa maior é a sua densidade.

Uma das características da capilaridade, é a de ser inversamente proporcional a resistência a compressão, ou seja, quanto maior a resistência à compressão menor é a absorção.

A Figura 02 demonstra os resultados dos ensaios, é possível perceber que aos 7 dias argamassa convencional e as argamassas com substituição de 15 % possuem os melhores resultados. Aos 28 dias os melhores resultados são das argamassas de 15 % e 30 %.

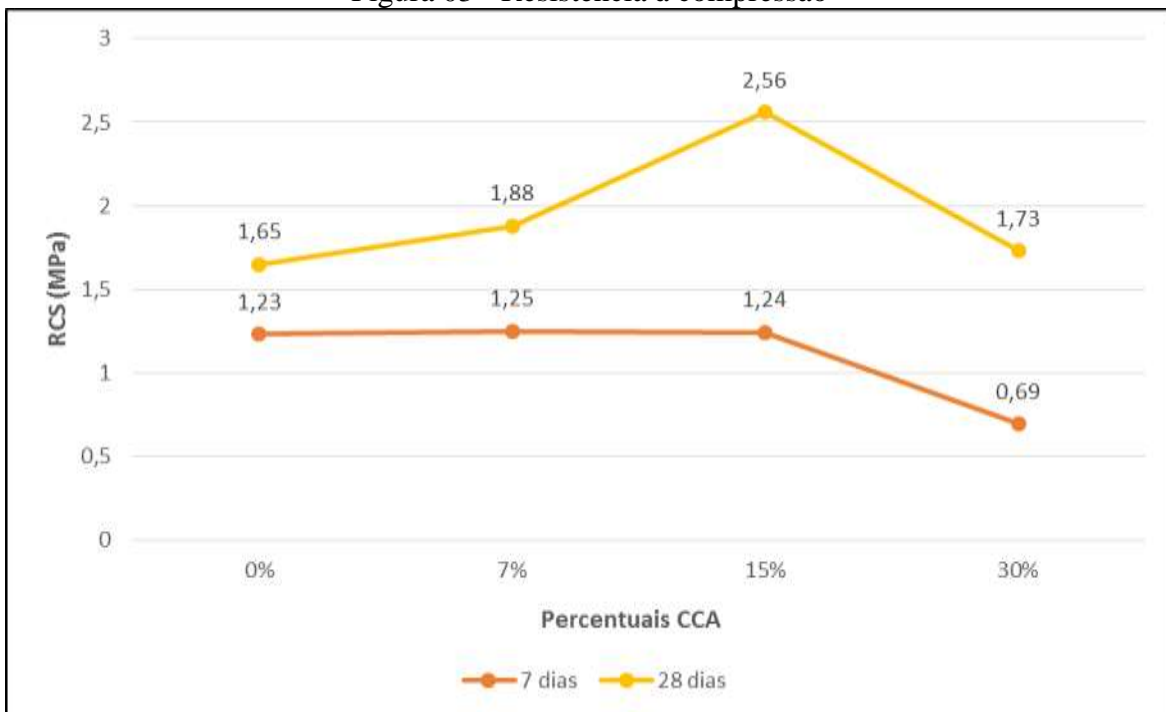
Figura 02 – Resistência de tração na flexão



Fonte: Próprios autores (2018)

Na Figura 03 estão apresentados os valores da resistência à compressão simples das argamassas 1:2:9 de referência e com percentuais de substituição da cinza da casca do arroz pelo cimento para idades de 7 e 28 dias.

Figura 03 - Resistência à compressão



Fonte: Próprios autores (2018)

Em sua maioria, no estado endurecido a argamassa que apresentou os melhores valores de resistência à tração na flexão e à compressão foi a argamassa com um teor de 15% de CCA, tanto para os 7 dias, como aos 28 dias de idade. Essa amostra, também apresentou o valor de densidade no estado endurecido semelhante ao da amostra referência. Já, em relação a capilaridade, essa argamassa apresentou a menor porcentagem em todos os tempos. A amostra com 30 % de CCA apresentou menor densidade, também foi a que resultou no maior índice de capilaridade, obtendo valores de resistência intermediários entre as argamassas. A resistência à compressão das argamassas com a substituição de CCA apresentou valores superiores que a argamassa referência aos 28 dias. Os ensaios de rompimento são embasados na ABNT/NBR 13279 (2005).

### **Considerações finais**

O uso de materiais alternativos na construção civil se dá pela preocupação das pessoas em torno das causas ambientais e pelo fator econômico. Encontrar substitutos para os agregados utilizados em argamassas geraria uma grande economia no orçamento.

Essa pesquisa teve como objetivo geral substituir parcialmente o cimento pela cinza de casca de arroz para argamassa de revestimento e assentamento em paredes de alvenaria, e avaliar o seu comportamento, avaliando as propriedades no estado fresco e no estado endurecido.

Por meio da produção de argamassa referência e também argamassas com substituição do cimento pela cinza de casca de arroz em 7 %, 15 % e 30 %, sendo utilizado para todas argamassas um traço de 1:2:6, sendo, cimento:cal:areia.

Posteriormente foram realizados ensaios das argamassas, tanto no estado fresco quanto no ensaio endurecido, seguindo prescrições existentes na ABNT. Com isso, foram realizados os seguintes ensaios: consistência, retenção de água, densidade no estado fresco e endurecido, capilaridade e resistência à tração na flexão e à compressão.

Os resultados encontrados demonstraram pequenas alterações nas propriedades estudadas, mostrando assim a viabilidade do uso de cinza de casca de arroz em argamassas.

Os ensaios de caracterização demonstraram que a massa específica e finura da cinza de casca de arroz apresentam valores semelhantes aos do cimento, e ficam dentro dos valores limites apresentados nas normas da ABNT.

No estado fresco a argamassa de 15 % apresentou o melhor resultado de espalhamento, obtendo um resultado melhor que a argamassa referência. Para os ensaios no estado endurecido, os resultados encontrados para tração na flexão foram melhores aos 7 dias para a argamassa convencional, porém, aos 28 dias a argamassa de 15 % teve um melhor resultado. Para os ensaios de compressão o melhor resultado aos 7 dias foi para a argamassa com 7 % e aos 28 dias para a argamassa com 15 %. No ensaio de densidade a argamassa convencional apresentou o maior valor, já para o ensaio de capilaridade a argamassa que mais absorveu água foi a com 30 %.

Concluiu-se que o uso de cinza de casca de arroz para substituição do cimento é viável. Sendo que os melhores resultados foram encontrados com o uso de 15 % em relação a substituição.

### **Referências bibliográficas**

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. **Materiais de construção**. São Paulo: Pini, 2012.

ÂNGULO, Sérgio Cirelli; ZORDAN, Sérgio Edurado; JOHN, Vanderley Moacyr. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. São Paulo: PCC, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11579: Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200).** Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13277: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16541: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios.** Rio de Janeiro: ABNT: 2016.

BEZERRA, Izabelle Marie Trindade. **Cinza da casca do arroz utilizada em argamassas de assentamento e revestimento.** 2010. 108 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.



COSTA, Marianne R. M. Maron da; PEREIRA, Eduardo. **Tecnologia das Argamassas (Parte 1)**. Curitiba: UFPR, 2016.

De Lucas JUNIOR, Jorge; SANTOS, T. M. B. **Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás**. In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, 2000, Concórdia, SC. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p. 27-43.

GASPAR, Pedro Lima; BRITO, Jorge de. **Durabilidade, estados limite e vida útil de rebocos em fachadas**. Lisboa: 2010.

JHON, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 113 f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

LIMA, Sofia Araújo. **Análise da viabilidade do uso de cinzas agroindustriais em matrizes cimentícias: estudo de caso da cinza de casca de castanha de caju**. 2008. 160 f.

POUEY, Maria Tereza Fernandes. *Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico*. 2006. 345 f. Tese (Doutor em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Conhecendo argamassa**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012.

SILVA, M. G; SOUZA, F. L. S. **Proposta de utilização de resíduos da indústria de celulose e papel e entulho de obra em componentes de construção**. VI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). Rio de Janeiro. 1995. Qualidade e tecnologia na habitação. Anais... Rio de Janeiro: ENTAC, 1995.

SOUZA, Josilene de. **Estudo da durabilidade de argamassas utilizando cinzas e casca de arroz no traço**. 2008. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2008.

TIBONI, Rafaella. **Utilização da Cinza da Casca de Arroz de Termoelétrica como Componente do Aglomerante de Compósitos à Base de Cimento Portland**. 2007. 196 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia das Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.