



## A INFLUÊNCIA DA SÍLICA DA CINZA DA CASCA DE ARROZ SOBRE A RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CONCRETOS ALTERNATIVOS

Gabrielli Tápia de Oliveira (\*), Eric Renã Zavitzki Schimanowski, Diorges Carlos Lopes

\*Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, gabrielli.oliveira@sou.unijui.edu.br.

### RESUMO

Os resíduos podem ser definidos como as partes que sobram de determinadas atividades produtivas como, por exemplo, o processo de beneficiamento do arroz que dá origem à cinza da casca de arroz. Esse material, quando queimado de forma controlada, resulta na sílica da cinza da casca de arroz, um produto pulverulento com características pozolânicas e potencial emprego no setor da construção civil. Nesse cenário, torna-se relevante salientar que pesquisas realizadas acerca dessa sílica indicam que a mesma é capaz de aprimorar o desempenho mecânico de concretos de cimento Portland. Ademais, visando aperfeiçoar a tecnologia do concreto, diversos estudos são constantemente realizados objetivando reduzir o impacto ambiental e melhorar determinadas propriedades do concreto através da substituição ou incorporação de diferentes materiais resultando, assim, nos chamados concretos alternativos. Sendo assim, para o presente estudo, será avaliado o impacto da substituição do cimento Portland pela sílica da cinza da casca de arroz, na porcentagem de 20%, sobre um concreto alternativo com substituição de 20% do agregado graúdo por resíduos da construção civil (RCC). Outrossim, em um concreto com substituição de 30% do agregado graúdo por argila expandida (AE), será avaliada a adição de 20% da referida sílica, com base no consumo de cimento. Para tanto, será avaliada a resistência à compressão dos traços mencionados nas idades de 28 e 91 dias. Por fim, ao analisar os resultados obtidos, foi possível comprovar que o emprego da sílica da cinza da casca de arroz contribuiu para a resistência dos concretos considerados, visto que, aos 91 dias, houve um aumento de 6 MPa e 5,3 MPa para os traços contendo AE e RCC, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sílica, Cinza da Casca de Arroz, Concreto, Resíduos, Sustentabilidade.

### ABSTRACT

Residues can be defined as the parts left over from certain productive activities such as, for example, the rice processing that gives rise to the rice husk ash. This material, when burned in a controlled manner, results in the silica from the rice husk ash, a powdery product with pozzolanic characteristics and potential use in the civil construction sector. In this scenario, it is relevant to point out that researches carried out on this silica indicate that it is capable of improving the mechanical performance of Portland cement concretes. Furthermore, in order to improve the concrete technology, several studies are constantly carried out aiming to reduce the environmental impact and improve certain properties of the concrete through the substitution or incorporation of different materials, thus resulting in the so-called alternative concretes. Therefore, for the present study, the impact of replacing Portland cement with silica from the rice husk ash will be evaluated, in the percentage of 20%, in an alternative concrete with the replacement of 20% of the coarse aggregate by construction waste (RCC). Furthermore, in a concrete with a replacement of 30% of the coarse aggregate by expanded clay (AE), the addition of 20% of the referred silica will be evaluated, based on the consumption of cement. Therefore, the compressive strength of the mentioned traces at the ages of 28 and 91 days will be evaluated. Finally, when analyzing the results obtained, it was possible to prove that the use of silica from rice husk ash contributed to the resistance of the concretes considered, since, at 91 days, there was an increase of 6 MPa and 5,3 MPa for the traces containing AE and RCC, respectively.

**KEY WORDS:** Silica, Rice Husk Ash, Concrete, Waste, Sustainability.

### INTRODUÇÃO

O concreto é o segundo produto mais utilizado no mundo já que seu consumo é inferior apenas ao da água. Ademais, é sabido que a produção do mesmo gera grandes impactos ambientais na medida em que as indústrias de fabricação do cimento são responsáveis por altos índices de emissão de gases poluentes. Nesse sentido, é necessário que sejam realizados estudos de materiais com potencial para substituir o cimento, mesmo que parcialmente, buscando diminuir seus impactos ambientais e promover sustentabilidade.

A partir disso, a sílica da cinza da casca de arroz (SCCA), observada na Figura 1, surge como uma alternativa a ser empregada em concretos, como adição ou substituição cimentícia, já que a mesma apresenta propriedades altamente pozolânicas (ZHANG e MALHOTRA, 1996). Conforme Oda (2003), esse material é proveniente da casca do arroz, o subproduto de maior volume gerado durante o beneficiamento dos grãos de arroz.



**Figura 1: Sílica da Cinza da Casca de Arroz. Fonte: Autoria própria**

Por ano, estima-se que são produzidas mais de 120 milhões de toneladas de casca de arroz sendo que esse material não possui uma destinação específica e pode ser aplicado em diversos fins (TASHIMA *et al.* 2011). Todavia, é sabido que a casca pode ser utilizada para a geração de energia, através de sua queima, originando um produto chamado cinza da casca de arroz (CCA).

Nesse contexto, Folleto *et al.* (2005), ainda salientam que a CCA possui diversas aplicações, podendo ser empregada nas indústrias eletrônica, cerâmica, construção civil, química, entre outros. Entretanto, os mesmos autores citam que, embora existam várias possibilidades de uso, é sabido que a cinza é, muitas vezes, descartada de forma irregular, gerando poluição devido ao carbono residual presente. Ainda, quando a casca de arroz é queimada de maneira controlada, o produto resultante possui grandes quantidades de sílica que pode ser empregada em diversos concretos, auxiliando no crescimento de resistência à compressão.

Já a argila expandida (AE) é um material altamente poroso proveniente da exposição de argilas piroexpansivas a elevadas temperaturas (AMBROZEWICZ, 2012). Essa pode ser empregada em vários setores, desde indústrias têxteis e jardinagem até o setor da construção civil. No último, a AE é considerada um agregado leve que pode ser incorporado ao concreto de modo a gerar uma mistura de massa específica reduzida denominada concreto leve. Ademais, torna-se relevante salientar que peças de concreto produzidas com a AE apresentam capacidade de isolamento térmico superior quando comparadas a peças confeccionadas com o concreto convencional. Na Figura 2 pode ser observada a AE empregada no presente estudo.



**Figura 2: Argila expandida. Fonte: Autoria própria**

Sendo assim, a AE pode ser utilizada visando edificações mais sustentáveis ao passo que melhora o isolamento térmico e, assim, tende a reduzir a necessidade de resfriamento e aquecimento artificiais nos ambientes (OLIVEIRA *et al.* 2020). Entretanto, estudos realizados por Schimanowski *et al.* (2020) apontam que concretos produzidos com o uso desse agregado leve apresentam resistências inferiores às misturas convencionais quando a relação água/cimento não é controlada de forma eficaz. Nesse cenário, a adição de SCCA pode aprimorar o desempenho mecânico do concreto leve, principalmente em idades mais avançadas.

Já os Resíduos da Construção Civil (RCC) são caracterizados como os resíduos provenientes “de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto” (CONAMA, 2002, p.3). Ademais, a produção do RCC ocorre em larga escala e pode vir a prejudicar o meio ambiente quando descartado irregularmente, prejudicando a drenagem urbana, dificultando o tráfego de automóveis, atraindo vetores de doenças e comprometendo a paisagem (PASSINI, *et al.* 2018).

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, em 2019 foram gerados 44,5 milhões de toneladas de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil, ou seja, 213,5 kg por habitante ao ano (ABRELPE, 2020). A Figura 3 apresenta o RCC, previamente processado, utilizado nessa pesquisa.



**Figura 3: Resíduos da construção civil. Fonte: Autoria própria**

Ademais, tem-se que o setor da construção civil é um grande poluidor ao passo que produz milhões de toneladas de RCC anualmente. A partir disso, profissionais da área devem buscar por alternativas adequadas para descarte desses materiais de modo a gerar o menor impacto possível ao meio ambiente. Nesse contexto, a implementação do RCC no concreto convencional surge como uma possibilidade de reutilização evitando, assim, eventuais descartes irregulares além de promover a sustentabilidade. Entretanto, assim como a AE, o RCC também tende a reduzir a resistência mecânica das misturas produzidas com esse, logo, a SCCA pode ser uma opção para reduzir esse impacto.

### OBJETIVOS

A partir do exposto, esse estudo busca avaliar o impacto no desempenho mecânico de dois concretos alternativos ocasionado por adições e substituições parciais do cimento Portland pela sílica da cinza da casca de arroz. Outrossim, tem-se que uma das misturas contém resíduos da construção civil (RCC) e outra argila expandida (AE). Portanto, o objetivo principal consiste em verificar a viabilidade técnica do uso da sílica na construção civil, uma vez que, por não ter uma destinação final definida, esse resíduo é constantemente descartado de forma irregular poluindo, assim, o meio ambiente.

Ressalta-se que a escolha de concretos distintos para uso da sílica busca identificar se o comportamento da mesma varia conforme os componentes da mistura. Ademais, é um objetivo específico desse estudo, a avaliação da resistência à compressão dos concretos com atenção para o fato de que a sílica da cinza da casca de arroz tem reações mais lentas que o cimento e, portanto, necessita ser analisada aos 91 dias. Assim, busca-se, também, criar relações com os estudos já existentes sobre o assunto a fim de compreender o comportamento do material sobre o concreto produzido.

### METODOLOGIA

Mehta e Monteiro (2006) indicam que o concreto convencional pode ser entendido como uma mistura composta por um meio aglutinante que envolve partículas de agregados de diferentes dimensões. Os autores ressaltam que o aglutinante mais empregado é o cimento Portland que, ao entrar em contato com a água, gera reações exotérmicas de cristalização de produtos hidratados. Ademais, Neville (2016) define que os agregados são materiais granulares, sem forma e volume definidos e com granulometrias adequadas para o uso na engenharia sendo que suas propriedades térmicas, físicas e químicas influenciam no desempenho do concreto. Ainda, cabe salientar que, para fabricação do concreto convencional, geralmente são utilizadas a areia como agregado miúdo e a brita como agregado graúdo.

Outrossim, tem-se que os concretos alternativos estudados atualmente advêm de substituições e adições realizadas nos componentes do concreto convencional. Nesse contexto, quanto ao concreto fabricado com RCC em substituição parcial à brita, é sabido que suas propriedades são diretamente impactadas pelo agregado. Para Mehta e Monteiro (2006) a relação água cimento (a/c) e a porosidade são os fatores que mais impactam na resistência do concreto, pois interferem nas propriedades da matriz de cimento e, também, na zona interfacial de transição entre matriz e agregado.

Ainda, Neville (2016) evidencia que, quando o concreto está adequadamente adensado, a resistência da mistura é inversamente proporcional ao fator a/c, sendo assim, quanto maior a quantidade de água, menor será a resistência a ser obtida. Nesse contexto, é sabido que o RCC é um agregado poroso que tende a absorver maiores quantidades de água o que, conseqüentemente, altera a relação a/c, aumentando-a.

Já quanto ao concreto fabricado com AE, tendo em vista sua elevada porosidade, a mesma situação ocorrida com o RCC é verificada, ou seja, há necessidade de maiores adições de água ao concreto produzido. Essa medida altera a relação a/c e, conseqüentemente, reduz o desempenho mecânico do concreto.



Dessa forma, para garantir que o concreto atinja resistências à compressão adequadas é necessário, portanto, que o fator a/c seja controlado. Isso pode ser realizado através de duas formas, uma delas se refere ao aumento da quantidade de aglomerante e a outra está associada à utilização de aditivos químicos. Entretanto, é sabido que o aumento no consumo de cimento Portland é inviável do ponto de vista econômico, já que esse é o constituinte de maior valor do concreto, e, também, do ponto de vista ambiental já que incentiva maior produção de um material com grande impacto negativo ao meio ambiente. Nesse cenário, a sílica da cinza da casca de arroz (SCCA) é uma alternativa capaz de aumentar a quantidade de aglomerante na mistura devido às suas características pozolônicas.

Sendo assim, visando a obtenção dos traços para os concretos pesquisados através do método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) foram realizados ensaios de caracterização do aglomerante e dos agregados empregados. Quanto à SCCA e a AE os dados foram obtidos através do fabricante e, quanto ao RCC, foram coletados dados de estudos anteriores que utilizaram esse mesmo material. Na Tabela 1 são apresentadas as normas utilizadas na execução dos ensaios de caracterização dos materiais e ensaios realizados nos estados fresco e endurecido dos concretos avaliados.

**Tabela 1. Normas técnicas e ensaios realizados ao longo do estudo**

Fonte: Autoria própria

Ensaio	Norma Técnica
Massa específica do cimento	ABNT NBR 16605 (2017)
Massa específica da areia	ABNT NBR NM 52 (2009)
Massa específica da brita	ABNT NBR NM 53 (2009)
Massa unitária compactada e massa unitária solta	ABNT NBR NM 45 (2006)
Granulometria	ABNT NBR 248 (2003)
Abatimento em tronco de cone	ABNT NBR NM 67 (1998)
Moldagem dos corpos de prova	ABNT NBR 5738 (2015)
Resistência à compressão axial simples	ABNT NBR 5739 (2018)

Após, foram definidos os traços dos concretos através do método de dosagem supracitado e, a partir disso, foram criados dois grupos de concreto. Em cada grupo foram confeccionadas duas misturas diferentes, sendo uma delas contendo apenas o material alternativo (AE ou RCC) e outra contendo, além desse, a SCCA. Salienta-se, ainda, que os concretos que utilizaram AE possuem aglomerantes e agregados com características distintas dos concretos produzidos com RCC, conforme exposto a seguir.

Para o traço do concreto utilizando argila expandida foi empregado o cimento Portland CP-V-ARI como aglomerante principal, areia grossa como agregado miúdo e brita 0 como agregado graúdo. Nesse caso, a SCCA foi incorporada à mistura através de uma adição de 20% da massa do cimento. Ademais, ressalta-se que a argila foi utilizada no concreto por meio de uma substituição parcial da brita 0 na porcentagem de 30%. Dessa forma, foram gerados, ao final, dois traços denominados AE e AE+SCCA.

Já para o traço do concreto utilizando RCC foi empregado o cimento Portland CP-II-F como aglomerante principal, areia média como agregado miúdo e brita 1 como agregado graúdo. Nesse caso, a SCCA foi incorporada à mistura como substituição de 20% da massa do cimento. Outrossim, ressalta-se que o RCC foi utilizado no concreto por meio de uma substituição parcial da brita 1 na porcentagem de 20%. Assim, foram gerados, ao final, dois traços denominados RCC e RCC+SCCA.

Nesse contexto, foram moldados corpos de prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura para cada traço, de acordo com as recomendações da norma. Ainda no estado fresco foi determinado o abatimento em tronco de cone, objetivando o valor determinado no cálculo de dosagem. Quanto ao estado endurecido, foram realizados os rompimentos em prensa hidráulica com o objetivo de determinar a resistência mecânica à compressão axial simples através das recomendações da norma. Esse ensaio foi executado aos 28 e aos 91 dias de idade do concreto, buscando analisar a influência da SCCA sobre a resistência em idades avançadas.

## RESULTADOS

Após a coleta dos resultados de resistência à compressão foi observado um comportamento já esperado quanto à atuação da SCCA. Nas misturas com argila expandida verificou-se, aos 28 dias, que o traço AE apresentou resistência igual a 25,8 MPa, cerca de 3,7 MPa a menos que o traço AE+SCCA, que resultou em 29,5 MPa. Já aos 91 dias, o traço AE apresentou





27,2 MPa e o traço AE+SCCA 33,2MPa, ou seja, houve um acréscimo de 6 MPa quando a sílica foi incorporada na mistura. A situação mencionada pode ser observada na Figura 4.

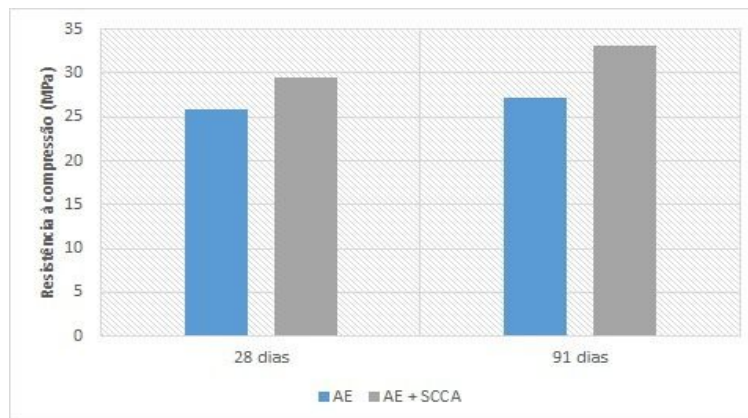


Figura 4: Gráfico obtido para os concretos utilizando argila expandida. Fonte: Autoria própria

Quanto às misturas que utilizaram RCC, foi verificado o mesmo comportamento que pode ser observado na Figura 5, ou seja, acréscimo de resistência devido à utilização da sílica. Para o traço RCC obteve-se 29,8 MPa aos 28 dias; na mesma idade o traço RCC+SCCA atingiu 35,1 MPa. Já aos 91 dias, o último traço apresentou 39,1 MPa, ou seja, 5,3 MPa a mais que o obtido para o traço RCC, 33,8 MPa na mesma idade.

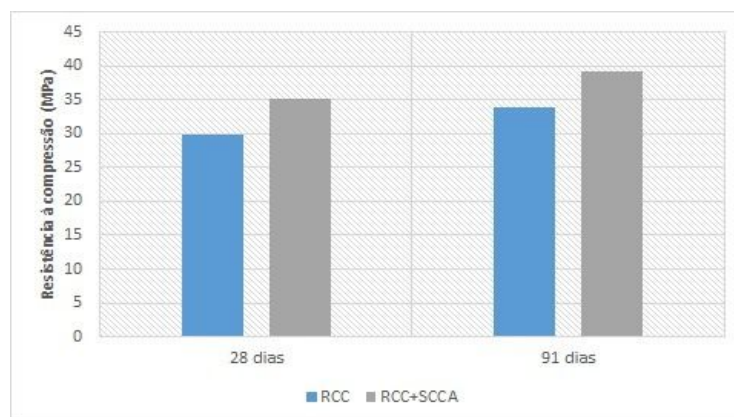


Figura 5: Gráfico obtido para os concretos utilizando resíduos da construção civil. Fonte: Autoria própria

## CONCLUSÕES

A partir da realização dos ensaios e da análise dos resultados obtidos pode-se observar que a SCCA atuou da forma esperada nas misturas, ou seja, promoveu um aumento nos valores obtidos para a resistência à compressão dos concretos estudados. Quanto ao concreto produzido com RCC, na idade de 91 dias, o aumento foi de 15,7%. Já para o concreto produzido com AE, na mesma idade, o percentual de crescimento foi de 22,1%.

Sendo assim, comprova-se a viabilidade técnica desse resíduo, a partir da análise de concretos fabricados com diferentes materiais. Nesse sentido, fica evidente que a SCCA possui potencial de emprego no setor da construção civil, logo, quando utilizada para essa finalidade, tem-se uma destinação viável e sustentável para o material.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/> . Acesso em: 21 de março de 2021. <
2. AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de construção: normas, especificações, aplicação e ensaios de laboratório**. São Paulo: PINI, 2012.



3. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002. Brasília: Diário oficial da República Federativa do Brasil, 2002.
4. FOLLETO, L.E. *et al.* **Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz.** Santa Maria, RS: Química Nova, 2005. p. 1055-1060.
5. MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete: Microstructure, properties and materials.** 3. ed. United States of America: The McGraw-Hill Companies, 2006.
6. NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto.** Tradução: Ruy A. Cremonimi. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.
7. ODA, G. A. **Estudo da atividade pozolânica da sílica da casca de arroz em matrizes de cimento Portland.** 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. Acesso em: 2020-11-14.
8. OLIVEIRA, G. T. *et al.* **Substituição do agregado miúdo por argila expandida no concreto: análise de propriedades mecânicas e térmicas.** Anais do 62º Congresso Brasileiro de Concreto. Florianópolis, 2020.
9. PASSINI A. F. C. *et al.* **Gerenciamento de resíduos de construção civil.** Anais do 1º Congresso Sul Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade (CONRESOL). Gramado (RS), 2018.
10. SCHIMANOWSKI, E. R. Z. *et al.* **Estudo das resistências à tração e compressão de concretos com substituições parciais dos agregados graúdo e miúdo por argila expandida.** Anais do 62º Congresso Brasileiro de Concreto. Florianópolis, 2020.
11. TASHIMA, M.M. *et al.* **Reaproveitamento da cinza da casca de arroz na construção civil.** São Paulo: HOLOS Environment, 2011. p. 81.
12. ZHANG, M. H.; MALHOTRA, V.M. **High-Performance Concrete Incorporating Rice Husk Ash as a Supplementary Cementing Material.** ACI Materials Journal, 1996. P. 629-636.