ENARC
FOZ DO IGUAÇU-2023

INFLUÊNCIA DA CINZA DE CASCA DE ARROZ (CCA) NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPENHO (UHPC) E CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA (HSC)

Influence of Rice Husk Ash (RHA) on the Mechanical Properties of Ultra-High-Performance Reinforced Concrete (UHPC) and High-Strength Concrete (HSC)

Felipe Anholeti Jorge
Faculdade de Engenharia e Ciências - Câmpus de Guaratinguetá – Unesp | Guaratinguetá S.P. | felipe.anholeti@unesp.br

Luís Henrique Tavares de Melo
Faculdade de Engenharia e Ciências - Câmpus de Guaratinguetá – Unesp | Guaratinguetá S.P. | luis.melo@unesp.br

Lucas Batista Rosmaninho
Faculdade de Engenharia e Ciências - Câmpus de Guaratinguetá – Unesp | Guaratinguetá S.P. | lucas.rosmaninho@unesp.br

Lisiane Pereira Prado
Faculdade de Engenharia e Ciências - Câmpus de Guaratinguetá – Unesp | Guaratinguetá S.P. | lisiane.prado@unesp.br

Emerson Felipe Félix
Faculdade de Engenharia e Ciências - Câmpus de Guaratinguetá – Unesp | Guaratinguetá S.P. | emerson.felix@unesp.br

Resumo

O concreto de alta resistência (high strength concrete - HSC) tem sido muito utilizado na confecção de estruturas de concreto pré-moldado. Uma das dificuldades encontradas nesse sistema construtivo está na região da ligação entre os elementos. Atualmente, o concreto de altíssimo desempenho com fibras (ultra high performance concrete - UHPC), com propriedades mecânicas elevadas, surge como opção de preenchimento na região da ligação das estruturas pré-moldadas ou como material de reparo estrutural. O presente estudo consistiu na coleta de dados da literatura das propriedades mecânicas do HSC e UHPC confeccionados com cinza de casca de arroz (CCA) em substituições parciais dos aglomerantes. Os resultados mostraram que o teor de substituição de 20% do cimento por CCA para o UHPC é o que tem fornecido melhores resultados de resistência à compressão. Já para o HSC a quantidade ideal de CCA usado como substituição ao cimento foi de 10%.

Palavras-chave: Cinza de casca de arroz; Resistência à compressão; Concreto de ultra alto desempenho; Concreto de alta resistência.

ABSTRACT

High-strength concrete (HSC) has been widely used in precast concrete structures. One of the difficulties in this constructive system is the connection region between the elements. Currently, ultra-high-performance concrete (UHPC) with high mechanical properties is emerging as a filling option in the connection region of precast structures or as a structural repair material. The present study collected data from the literature on the mechanical properties of HSC and UHPC made with rice husk ash (RCA) in partial replacement of the binders. The results showed that the replacement content of 20% of the cement by CCA for the UHPC is what has provided better compressive strength results. As for HSC, the ideal amount of CCA used as a substitute for cement is 10%.

Keywords: Rice Husk Ash; Compression strength; Ultra-High-Performance Concrete; High-strength concrete.

1 INTRODUÇÃO

O advento e aprimoramento de aditivos e adições minerais na mistura de concreto permitiram uma evolução desse material ao longo dos anos, como o ganho nas propriedades mecânicas. Dentro desse cenário pode-se citar o Concreto de Alta Resistência (HSC) e o Concreto de Ultra Alto Desempenho (Ultra-High-Performance Concrete - UHPC), no qual as fibras de aço são adicionadas à mistura para aumentar a sua ductilidade. O UHPC possui propriedades mecânicas superiores em relação ao concreto convencional, na qual excluiu-se o agregado graúdo da sua composição e aumenta-se a quantidade de finos e adições minerais (sílica ativa e pó de quartzo), conferindo impermeabilidade e durabilidade ao material. Embora contenha apenas agregado miúdo, o material é denominado como concreto de altíssimo desempenho com fibras (UHPC ou UHPFRC) devido à presença das fibras de aço, que garantem a mesma função estrutural do concreto armado (AÏTCIN, 2008).

Existem diferentes normas para definir o UHPC: *American Concrete Institute* (ACI) *Committee, American Society for Testing and Materials* (ASTM) C1856, U.S, *Japan Society of Civil Engineers* (JSCE), etc. A maioria das definições sugere que o UHPC deveria ter resistência à compressão acima de 150 MPa. Entretanto, a *Canadian Standard Association* (CSA, 2014) especifica que a resistência à compressão HSCacterística mínima de projeto para o UHPC é de 120 MPa.

O uso do HSC é uma prática comum no sistema construtivo de concreto pré-moldado. Por ter resistência à compressão elevada, acima de 55 MPa, de acordo com *American Concrete Institute – Report on High-Strength Concrete* (ACI, 2010), favorece a produção de elementos com seções transversais reduzidas e grandes vãos, requerendo a aplicação da protensão. *El Debs* (2017) relata que a utilização do HSC dentro desse sistema construtivo apresenta resultados significativos na redução de custos, decorrentes de serviço de protensão, transporte e montagem, como é o caso da aplicação de vigas de ponte com grandes vãos. Nehdi *et al.,* (2003) confirmaram que a resistência à compressão do concreto misturado com Cinza de Casca de arroz (CCA) em substituição parcial ao cimento tem maior resistência à compressão em comparação ao concreto com sílica fume substituído ao cimento. Os mesmos notaram que a resistência da mistura com CCA aumenta rapidamente desde as primeiras idades devido a sua alta capacidade de aceleração no processo de hidratação.

Dessa maneira, o presente estudo tem por objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre a influência da substituição parcial do cimento pela CCA na resistência do Concreto de Ultra Alto Desempenho (UHPC) e do Concreto de Alta Resistência (HSC).

2 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho consistiu de uma revisão sistemática da literatura sobre UHPC e HSC com adição ou substituição parcial dos aglomerantes por CCA. Os artigos considerados relevantes para a revisão bibliográfica foram encontrados através de uma busca em bancos de dados dos principais repositórios de publicações científicas, *Scopus* e *Science Direct,* na qual as buscas foram realizadas em língua inglesa. Além disso, a fim de considerar as produções brasileiras, repositórios de universidades brasileiras também foram consultados. As palavras chaves empregadas nas buscas foram: I) Concreto de Ultra Alto Desempenho (UHPC); ii) Concreto de Alta Resistência (HSC); iii) Resistência à compressão; iv) Resistência à tração; v) Resistência à tração na flexão; vi) Proporção dos materiais.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

Inicialmente foram avaliados os dados associados a concretos UHPC com substituição parcial do cimento pela CCA. As Figuras 1 e 2 apresentam as resistências médias à compressão e à tração das amostras avaliadas, sendo os resultados dispostos em função da origem dos dados e do teor de substituição do cimento pela CCA. Os estudos do UHPC com CCA utilizaram o teor de substituição de 20% para alcançar os maiores valores de resistência à compressão e à tração. De acordo com Mosaberpanah e Umar (2020), as propriedades mecânicas do UHPC com até 30% de adição de CCA geralmente são melhores do que o UHPC com 0% de adição de CCA ou que contém somente sílica em sua composição. Isso ocorre porque a CCA possui tamanho de partículas menores do que a sílica, além da sua estrutura ser mais porosa, possibilitando absorver grande quantidade de umidade e consequentemente maior formação de silicato de cálcio hidratado (CSH), que influencia nas propriedades mecânicas do concreto.

Os resultados de resistência à compressão e resistência à tração dos trabalhos consultados, considerados relevantes para a pesquisa sobre o Concreto de Alta Resistência com a substituição parcial do cimento pela

CCA, estão apresentados nas Figuras 3 e 4. Nota-se que para o HSC, os resultados indicam que o teor de 10% de adição de CCA foram os que forneceram os melhores valores de resistência à compressão e tração.

Figura 1: Resistência à compressão do UHPC com CCA.

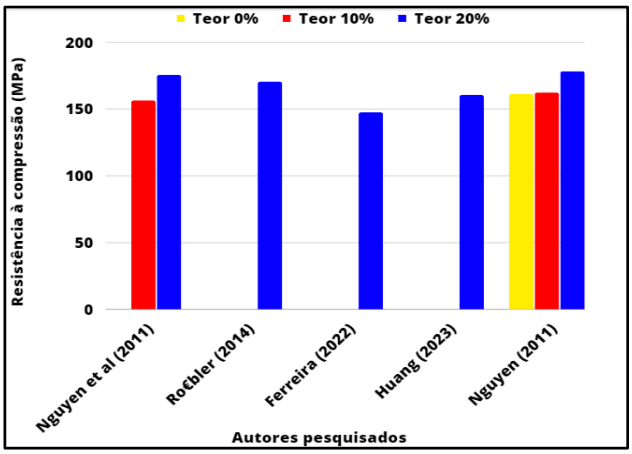
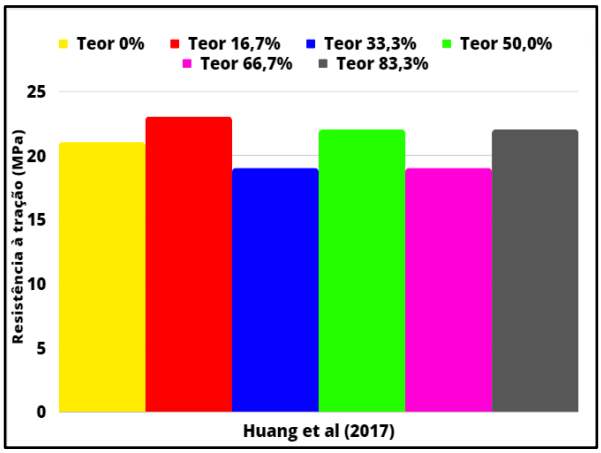


Figura 2: Resistência à tração do UHPC com CCA.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 3: Resistência à compressão do HSC com CCA.

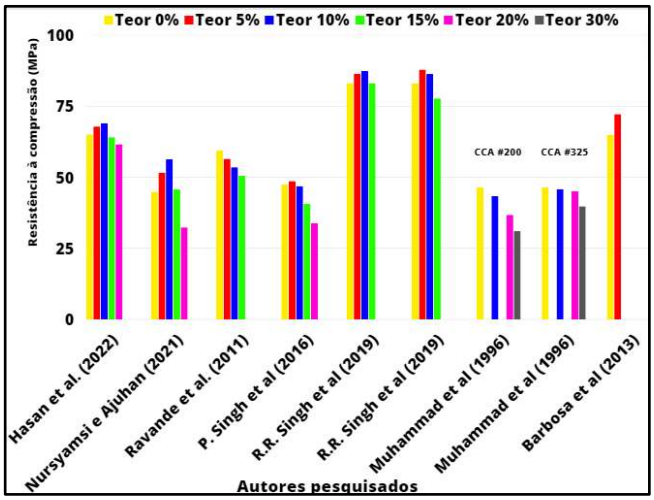
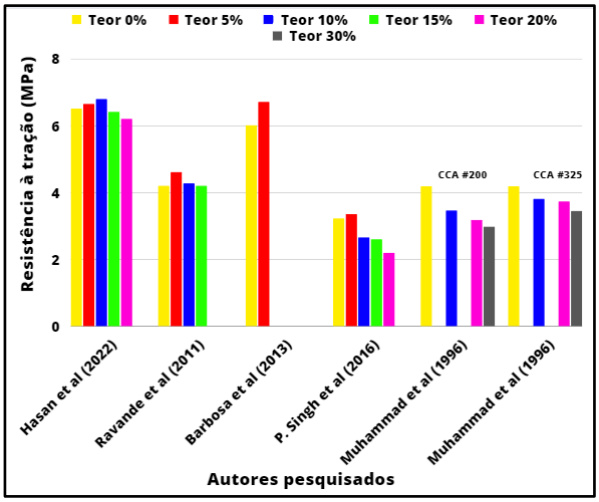


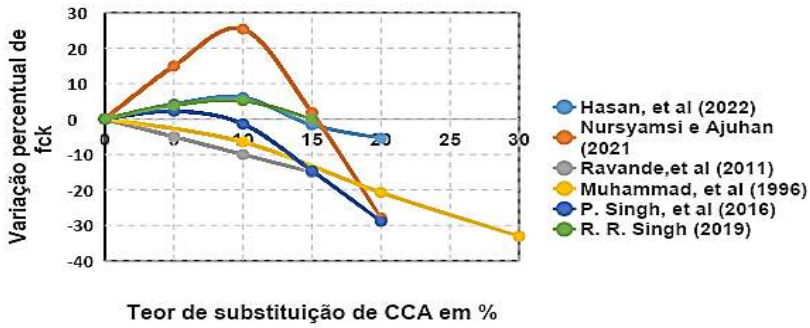
Figura 4: Resistência à tração do HSC com CCA.



Fonte: Elaboração própria.

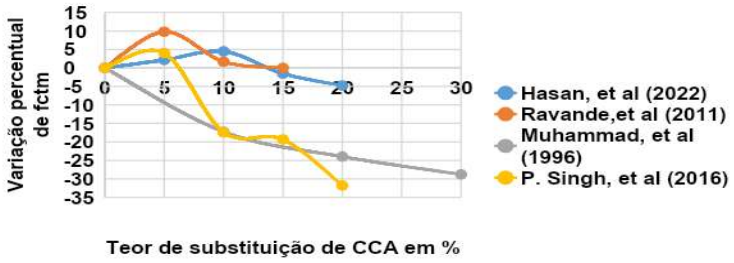
As Figuras 5 e 6 indicam a variação percentual na resistência à compressão em função do teor de CCA utilizado na substituição do cimento nos concretos de alta resistência. Nota-se que a maior variação percentual do acréscimo da resistência à compressão e resistência à tração foi para o teor de substituição variando de 5% a 10%. Não foi possível fazer as mesmas comparações para os dados coletados do UHPC, pois ainda é incipiente o desenvolvimento de pesquisas com estes materiais

Figura 5: Variação percentual da resistência à compressão em função do teor de CCA utilizando no HSC.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 6: Variação percentual da resistência à tração em função do teor de CCA utilizando no HSC.



Com os resultados obtidos das pesquisas quanto a produção de concretos, a utilização da CCA só vem a acrescentar benefícios em diversas propriedades da sua estrutura, tanto no que se referem ao efeito físico, relacionado ao pequeno diâmetro do material quando comparado ao cimento, denominado de efeito fíler, quanto no efeito químico, relacionado à quantidade de sílica presente em sua composição estrutural, também denominado de efeito pozolânico. Pelo fato da mistura de UHPC ter aproximadamente o dobro da quantidade de cimento em relação ao HSC, explica-se a proporção de CCA ser aproximadamente o dobro do HSC para alcançar elevados valores de resistência.

4 CONCLUSÃO

Em suma, esta revisão bibliográfica destacou as resistências do Concreto de Alta Resistência (HSC) e do Concreto de Ultra Alto Desempenho (UHPC) para diferentes teores de substituição do cimento pela Cinza de Casca de Arroz. Para o HSC, o teor de substituição de CCA que forneceu maiores valores de resistência à compressão e a tração foi de 5% a 10%. Já para o UHPC, os maiores valores de resistência à compressão e a tração foi alcançado para os teores de substituição de CCA de 20%. Observa-se que a adição da CCA teve uma influência mais significativa no ganho das propriedades mecânicas relacionado à resistência à compressão, haja vista que a elevada quantidade de sílica presente na CCA é capaz de reagir com o hidróxido de cálcio, liberado durante a hidratação do cimento ou acrescentado à mistura, formando compostos similares aos materiais cimentícios. Esses materiais avançados têm grande potencial na indústria da construção civil. No entanto, é importante ressaltar que seu uso requer considerações técnicas, como ensaios de qualidade das propriedades mecânicas dos materiais, por exemplo, resistência à compressão.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a PROPe – Pró-Reitoria de Pesquisa da UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA UNESP.

REFERÊNCIAS

AÏTCIN, PC. **Binders for durable and sustainable concrete**. New York: Taylor & Francis e-Library, 2008.

ACI. ACI 239R-18: **Ultra-High-Performance Concrete: An Emerging Technology Report**. American Concrete Institute - Farmington Hills. USA, 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1856/C1856M-17** Standard Practice For Fabricating And Testing Specimens Of Ultra-High Performance Concrete. West Conshohocken, 2017. 4 p.

BARBOSA, M.B. et al. Resistência ao impacto e à abrasão de concreto de alta resistência com cinza de casca de arroz e borracha de pneus. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**. v. 6 n. 5. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/riem/a/kncqj9nPrrDh4CdTCRtjxKh/?format=pdf&lang=en

CSA A23.1-14/A23.2-14: **Concrete Materials and Methods of Concrete construction** / **Test Methods and Standard Practice for Concrete**, Canadian Standards Association (CSA). Mississauga, ON, Canada.

EL DEBS, Mounir Khalil. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. Oficina de Textos, 2000.

FERREIRA, Elizamary Otto et al. **Análise das propriedades ligadas à durabilidade dos concretos de ultra alto desempenho confeccionados com microssílica e cinza de casca de arroz**. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/29356

HASAN, Noor Md Sadiqul et al. Integration of rice husk ash as supplementary cementitious material in the production of sustainable high-strength concrete. **Materials**, v. 15, n. 22, p. 8171, 2022. Disponível em: https://www.mdpi.com/1996-1944/15/22/8171

HUANG, Huanghuang et al. Influence of rice husk ash on strength and permeability of ultra-high performance concrete. **Construction and Building Materials**, v. 149, p. 621-628, 2017. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817310528?casa_token=FNbEMmu3YdIAAAAA:sQ1OS-fQUcbgITRysDnQ1o10MnxlS-W3I6ek4wtOhwKmK9SY5wgHPK4dtKi48P1x-kF53v8PKGSq

HUANG, Hao. Mitigating the autogenous shrinkage of ultra-high performance concrete by using rice husk ash. 2023. Disponível em: https://pure.tudelft.nl/ws/files/154251882/doctoral_thesis_Hao_Huang.pdf

JSCE. **Recommendations for Design and Construction of Ultra-high Strength Fiber Reinforced Concrete Structures (Draft)**. Japan Society of Civil Engineers. 2004.

KISHORE, Ravande; BHIKSHMA, V.; PRAKASH, P. Jeevana. Study on strength characteristics of high strength rice husk ash concrete. **Procedia engineering**, v. 14, p. 2666-2672, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/251716956_Study_on_Strength_Characteristics_of_High_Strength_Rice_Husk_Ash_Concrete.

MOSABERPANAH M.A., UMAR S.A. Utilizing Rice Husk Ash as Supplement to Cementitious Materials on Performance of Ultra High Performance Concrete: e A review. **Materials Today Sustainability** 7-8 (2020) 100030. ISSN 2589-2347. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2019.100030

NEHDI, Moncef; DUQUETTE, J.; EL DAMATTY, A. Performance of rice husk ash produced using a new technology as a mineral admixture in concrete. **Cement and concrete research.** v. 33, n. 8, p. 1203-1210, 2003. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884603000383?casa_token=ZgFVKQDCTJcAAAAA:rwsJIsfafwbM5LgL42WebSl6q5wHL0mVixNEeiLg7TbJa3lQKf5bDULx4zVvsN_R5PF7LpqJ65k

NGUYEN, V. T. Rice husk ash as a mineral admixture for ultra high performance concrete. 2011. Disponível em: https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:2e77e209-ce36-4a9e-be3c-760181f71ae6

NURSYAMSI, Nursyamsi; ARUAN, Ajuhan Febrizal. Application of rice husk ash in high strength concrete. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 2021. p. 012013. Disponível em: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1122/1/012013/meta

RÖßLER, Christiane *et al.* Rice husk ash as both pozzolanic admixture and internal curing agent in ultra-high performance concrete. **Cement and Concrete Composites**, v. 53, p. 270-278, 2014. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946514001334?casa_token=R2Sy0FRskSYAAAAA:TtDcsiXtQQocz8nWMIHU4Ds4QiUusXqK9-V5CD5a0zoWnyKEmknWYfsGwUnJayqe2bxrB5TjlNM

SHOAIB ISMAIL, MUHAMMAD, *et al.* Effect of rice husk ash on high strength concrete. **Construction and Building Materials**. v. 10, n. 7. 1996. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0950061896000104?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8116d96a5954a5c7.

SINGH Paramveer, SINGH Tarunbir and SINGH Gurpreet. To study strength characteristics of concrete with rice husk ash. **Indian Journal of Science and Technology**. v. 9. n. 47. 2016. Disponível em: https://sciresol.s3.us-east-2.amazonaws.com/IJST/Articles/2016/Issue-47/Article25.pdf.

SINGH R. R., SINGH Demandeep. Effect of Rice Husk Ash on Compressive Strength of Concrete. **International Journal of Structural and Civil Engineering Research**. v. 8 n. 3. 2019. Disponível em: http://www.ijscer.com/uploadfile/2019/0625/20190625021118313.pdf.