COMPORTAMENTO DE CONCRETOS COM BAIXO TEOR DE CASCA DE ARROZ COMO BIOAGREGADO

https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081124

AMANTINO, GUILHERME[1]; TIECHER, FRANCIELI[2]; HASPARYK, NICOLE[3]; TOLEDO, ROMILDO[4]
[1]FACULDADE IMED; [2]FACULDADE IMED; [3]ELETROBRAS FURNAS; [4]UFRJ
E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: AMANTINO.ENG@GMAIL.COM

RESUMO: Resíduos agroindustriais podem ser atrativos como agregado para construção. Esta pesquisa avaliou o emprego de baixo teor de casca de arroz como bioagregado no concreto. O estudo experimental utilizou a casca in natura e tratada (teor de 1% em volume) como agregado miúdo, e incorporou cinza de casca de arroz em substituição ao cimento (8%, em massa). Foram avaliadas a retração por secagem e o comportamento mecânico dos concretos até 6 meses de idade. Os bioconcretos obtidos apresentaram características de concretos leves, com desempenho mecânico e rigidez satisfatórios, podendo ser aplicados em estruturas e painéis de fechamento.

PALAVRAS-CHAVES: Bioconcretos, bioagregados, casca de arroz.

ABSTRACT: Agro-industrial waste can be attractive for the use as construction aggregate. The purpose of this study was to evaluate a low content of rice husk as bioaggregate in concrete. An experimental study was performed with this waste in raw and treated form (1%, by volume) as fine aggregate, and the incorporation of rice husk-ash in partial substitution to cement (8%, by weight). Drying shrinkage and mechanical properties were evaluated up to 6 months. The results demonstrated the achievement of lightweight bioconcretes with satisfactory mechanical properties and stiffness, being able to be applied in structures and closure panels.

KEYWORDS: Bioconcrete, bioaggregate, rice husk.

1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos cresceu o número de estudos sobre os impactos ambientais e o consumo de matéria-prima não recicláveis nas construções. Como exemplos, pode-se citar o consumo de 590 milhões de toneladas de agregados no Brasil (1) e a emissão de cerca 600 kg de CO_2/ton de cimento, em 2018 (2).

Diante deste contexto, é necessário o estudo de materiais recicláveis em substituição aos comumente empregados pela construção civil. A agroindústria gera grande quantidade de resíduos e, dentre eles, destaca-se a casca de arroz (CA), um resíduo sem fim nutritivo que faz a cobertura do grão. Segundo dados do *Foreign Agricultural Service* (3), a produção mundial anual de arroz em 2020 foi de cerca de 500 milhões de toneladas e os resíduos usualmente são calcinados para geração de energia, ou descartados. A reutilização deste material como bioagregado é recente e estudos descrevem que a incorporação da CA

em concretos resulta em materiais leves e isolantes [4][5][6], embora exista redução do desempenho mecânico para elevados teores [7][8].

A CA é composta por celulose (40% a 50%), lignina (25% a 30%), matéria inorgânica (aproximadamente 20%) e sílica. Estudos sugerem que a matéria extrativa presente nos bioagregados pode conter constituintes solúveis que, ao serem incorporados na água de amassamento, solubilizam açúcares e outros inibidores que afetam a pega e a cinética de hidratação do cimento [4][9][10].

A fim de minorar este comportamento, alguns pesquisadores sugerem o tratamento de bioagregados por meio de imersão e lavagem da biomassa com água em temperatura ambiente ou aquecida, ou ainda contendo solução de hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) [10][11][12][13].

Na busca por materiais alternativos para a construção, nesta pesquisa foi estudada a influência do uso de um baixo teor de CA *in natura* e tratada como bioagregado miúdo, e a substituição parcial do cimento por cinza da casca de arroz (CCA) no concreto.

2 | PROGRAMAMA EXPERIMENTAL

2.1 Materiais

Este estudo utilizou o cimento CP-V ARI e a substituição, em massa, de 8% do cimento por CCA. Os agregados utilizados são de origem granítica e potencialmente inócuos para a reação álcali-sílica (conforme ABNT NBR 15577). Nas dosagens dos bioconcretos houve a substituição parcial (em volume) de 1% de agregado miúdo por CA, teores adotados com base em estudos realizados [7][14]. Utilizou-se aditivo polifuncional modificador de viscosidade, com as seguintes propriedades físicas: pH = 5,41; teor de sólidos = 43,97%; densidade = 1,187 g/cm³.

Na Figura 1 são apresentadas micrografias por microscopia eletrônica por varredura (MEV) da CA e CCA, respectivamente. Observando-se a Figura 1(a), percebe-se a superfície rugosa e tubular da CA, contendo diversos poros, da CA. A CCA possui distribuição granulométrica uniforme e fina, com formato semelhante para todos os grãos (Figura 1(b)).

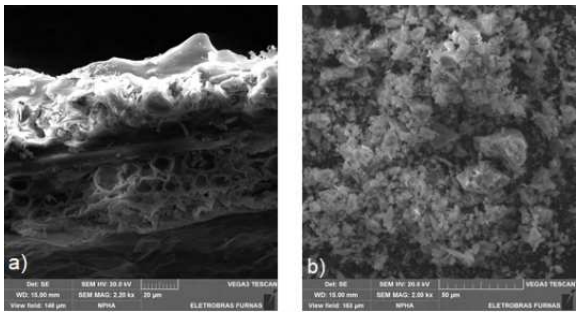

Figura 1 – Micrografias obtidas por MEV: a) CA; b) CCA.

Fonte: Furnas (2021).

2.2 Produção dos concretos e ensaios realizados

Foram confeccionados corpos de provas cilíndricos (10 x 20 cm) para as análises mecânicas de tração diametral, compressão e módulo de elasticidade até a idade de 180 dias. Para determinação da retração por secagem, ao longo de 90 dias, foram empregados corpos de prova prismáticos (7,5 x 7,5 x 28,5 cm). Foi realizado de forma complementar o ensaio de rigidez denominado SDT [15]. O traço empregado no concreto da pesquisa foi de 1:2,23:3,08:0,58 (cimento:areia:brita:relação água cimento), em massa.

Foram avaliadas 3 condições, a saber: concreto de referência, produzido sem a CA (C.REF-0); concreto com 1% de casca em substituição ao agregado miúdo, sendo a casca *in natura* (BC.CCA/CA-1); concreto com 1% de casca tratada, em substituição ao agregado miúdo (BC.CCA/CA.TRAT-1).

O tratamento consistiu na submersão e agitação da CA em água saturada com $Ca(OH)_2$, à temperatura ambiente, durante 1 hora, seguido por secagem em estufa a 90°C, por 24 horas. A escolha da solução contendo $Ca(OH)_2$ foi feita com base no estudo de Ferreira [12] e de Iwakiri *et al*. [11] que obtiveram alterações na morfologia da CA com tratamento contendo $Ca(OH)_2$.

3 | RESULTADOS

3.1 Propriedades físicas

Na Figura 2 estão apresentados os resultados de retração por secagem dos concretos. Verifica-se menor retração nos bioconcretos, atingindo reduções de até 47% e 58% aos 90 dias para 1% de CA com e sem tratamento em relação à referência, idade em que estabilizou a retração. Além disso, houve menores retrações em idades iniciais para os bioconcretos. Genieva *et al*. [16] descrevem que a superfície tubular e porosidade interna do grão alivia a retração a poucas idades. Ainda, Nozahic *et al*. [17] relatam que a remoção de extrativos e o acúmulo de $Ca(OH)_2$, na superfície, auxilia na melhor aderência matriz/bioagregado.

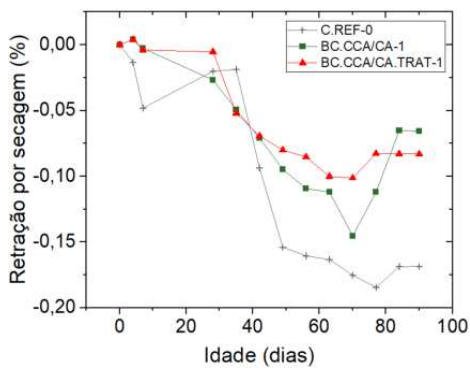

Figura 2 – Resultados de retração por secagem até os 90 dias de idade.

3.2 Propriedades mecânicas dos concretos

Os resultados de resistência à compressão, tração e módulo de elasticidade são apresentados na Figura 3.

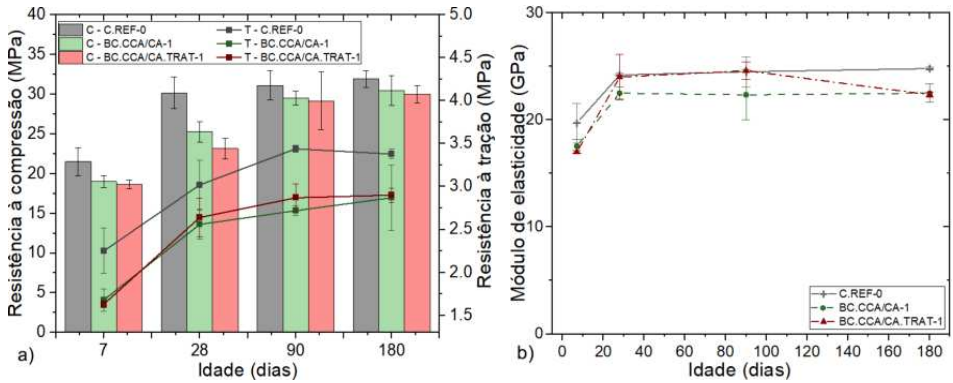

Figura 3 – Resultados mecânicos para: a) Resistência à compressão (C) e à tração (T); b) Módulo de elasticidade dos concretos estudados.

Verifica-se uma maior resistência à compressão do concreto de referência, sendo a diferença mais expressiva até os 28 dias (16% CA *in natura* e 23% CA tratada). Já para as idades mais avançadas estudadas, de 90 e 180 dias, as diferenças são bem inferiores, e da ordem de 5% (independente da condição) em comparação à referência. Ainda, o concreto referencial resultou em maiores resistências à tração ao longo de todas as idades avaliadas, e da ordem de 15% aos 180 dias, quando comparada aos concretos com a CA, independente se tratada ou não.

Comportamentos semelhantes ao deste estudo foram obtidos e apresentados na literatura, com o emprego de CA, variando entre 2,5% a 7,5% [8;18]. Alguns estudos apresentam reduções de resistência à compressão na ordem de 10% com a incorporação de 3% de CA [9] e 20% para 5% de CA [19].

Em relação ao tratamento realizado na casca, os resultados de resistência à compressão obtidos indicaram que não houve diferenças significativas (ANOVA) para todas as idades, exceto aos 28 dias, idade na qual a resistência à compressão do bioconcreto com a CA tratada foi 8% inferior à do bioconcreto contendo CA *in natura*. Aos 90 dias, o concreto contendo CA tratada apresentou resistência à tração 6% superior ao bioconcreto convencional.

No que diz respeito ao ensaio SDT e o índice de rigidez (SDI) obtido para os concretos na idade de 180 dias, observa-se um menor índice para aquele concreto contendo a CA tratada (SDI = 0,157) em comparação ao concreto com a CA, sem tratamento (SDI = 0,185), mostrando benefícios do tratamento nesse sentido.

Em relação ao módulo de elasticidade, as amostras contendo CA sem tratamento apresentaram valores inferiores àqueles da referência (cerca de 9%). Quando a CA tratada foi utilizada, um comportamento similar foi observado para as idades de 7 e 180

dias, enquanto essa propriedade se mostrou similar à da amostra de referência para as idades de 28 e 90 dias.

Alguma redução no módulo de elasticidade era esperada, uma vez que quem rege essa propriedade prioritariamente é o agregado. Eventualmente alguma fragilização na zona de transição entre a matriz cimentícia e o bioagregados pode também ocorrer. A densidade e a porosidade dos bioagregados influenciam na rigidez do concreto devido à sua estrutura tubular e porosa. Estudos utilizando bioagregados oriundos de bambu [20] e casca de arroz[10] corroboram com a redução de rigidez do bioconcreto.

Uma melhora na aderência bioagregado/matriz cimentícia, oriunda da remoção de extrativos da CA, são descritos na literatura, onde foi constatado que aumenta a rigidez da microestrutura tubular da casca e a aderência dos grãos, comparado aos bioagregados sem tratamento [21].

Embora Chabannes *et al.* [22] e Pantawe *et al*. [23] tenham obtido melhorias mecânicas realizando o tratamento superficial do bioagregado com $Ca(OH)_2$, Salas *et al*. [24], que também estudaram CA, e Chabannes *et al*. [25], que estudaram cânhamo, demonstraram comportamentos semelhantes aos observados no presente estudo, ou seja, sem benefícios significativos nas propriedades mecânicas em função do tratamento superficial dos bioagregados.

4 | CONSIDERAÇÕES

O estudo da incorporação de baixos teores de bioagregado (CA) resultou em bioconcretos com desempenho mecânico satisfatório ao longo das idades avaliadas e aplicáveis a estruturas leves e elementos de fechamento. Os resultados do estudo permitem as seguintes considerações:

- A incorporação da 1% de CA em substituição ao agregado miúdo conferiu resistência à compressão 5% inferior ao referencial, e resistência à tração 15% inferior, ambos na idade final analisada (180 dias).
- O tratamento superficial não resultou em benefícios para a resistência à compressão, não havendo diferenças significativas ao longo do tempo (até 180 dias). Entre 28 e 90 dias o bioconcreto com a CA tratada apresentou resistência à tração superior ao sem tratamento; já aos 180 dias, os valores foram semelhantes. Mais estudos são necessários para o completo entendimento dos mecanismos envolvidos nessa propriedade.
- O módulo de elasticidade do bioconcreto com CA tratada mostrou comportamento semelhante ao concreto sem o bioagregado até os 90 dias de idade, e superior ao bioconcreto *in natura*, mostrando o efeito positivo do tratamento realizado.
- A superfície rugosa, porosa e tubular da casca de arroz contribuiu para uma melhor aderência do bioagregado à matriz cimentícia, que não teve comprometimento do desempenho mecânico, apesar de sua baixa rigidez. Ainda, a remoção de extrativos e o tratamento com hidróxido de cálcio melhorou esse comportamento.
- Este estudo permitiu verificar que o tratamento superficial da CA demons-

trou potencial para a modificação de rigidez do bioconcreto, contribuindo com o aumento do módulo de elasticidade, juntamente com ganhos na resistência à tração.

AGRADECIMENTO

Este trabalho faz parte do projeto de P&D "Uso de bio-concretos e bio-MMFS de baixo impacto ambiental visando o aumento da eficiência energética de prédios públicos" - PD.0394-1719/2017, regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, desenvolvido pela Eletrobras FURNAS e UFRJ. Os autores agradecem a Furnas, UFRJ e IMED pela infraestrutura, além do suporte no mestrado do primeiro autor.

REFERÊNCIAS

1. Areia e brita. São Paulo: Anepac, v. 76, dez. 2020.

2. GCCA. **GNR – GCCA in Numbers**. 2018. Disponível em: https://gccassociation.org/sustainability-innovation/gnr-gcca-in-numbers/. Acesso em: 17 abr. 2021.

3. FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production.** 2020. Disponível em: https://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production. Acesso em: 20 abr. 2021.

4. CHABANNES, M.; BÉNÉZET, J.; CLERC, L. Use of raw rice husk as natural aggregate in a lightweight insulating concrete: An innovative application. **Construction and Building Materials**, v. 70, p. 428-438, 27 ago. 2014.

5. BAKATOVICH, A.; DAVYDENKO, N.; GASPAR, F. Thermal insulating plates produced on the basis of vegetable agricultural waste. **Energy & Buildings**, v. 180, p. 72-82, 26 set. 2018.

6. BURATTI, C.; BELLONI, E.; LASCARO, E. Rice husk panels for building applications: Thermal, acoustic and environmental characterization and comparison with other innovative recycled waste materials. **Construction and Building Materials**, v. 171, p. 338-349, 26 mar. 2018.

7. YUZER, N.; CINAR, Z.; AKOZ, F. Influence of raw rice husk addition on structure and properties of concrete. **Construction and Building Materials**, v. 44, p. 54-62, 03 abr. 2013.

8. SISMAN, C. B.; GEZER, E.; KOCAMAN, I. Effects of organic waste (rice husk) on the concrete properties for farm buildings. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 17, p.40-48, fev. 2011.

9. DIQUÉLOU, Y.; GOURLAY, E.; ARNAUD, L. Impact of hemp shiv on cement setting and hardening: Influence of the extracted components from the aggregates and study of the interfaces with the inorganic matrix. **Cement & Concrete Composites**, v. 55, p. 112-121, 20 set. 2014.

10. SANTOS, D. O. J. dos. **Desenvolvimento de painéis sanduíche leves com faces em compósitos cimentícios reforçados com fibras curtas de sisal e núcleo em bioconcreto de casca de arroz**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Engenharia Civil, UFRJ, Rio de Janeiro, 2020.

11. IWAKIRI, S.; SILVA, L. S. da; TRIANOSKI, R. Avaliação do potencial de utilização da madeira de Schizolobium Amazonicum 303 "Paricá" e Cecropia Hololeuca "embaúba" para produção de painéis cimento-madeira. **Cerne**, v. 18, p. 303-308, jun. 2012.

12. FERREIRA, R. S. **Effect of surface treatments on the structure, mechanical, durability and bond behavior of vegetable fibers for cementitious composites**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

13. PINTO, M. C. **Influência da temperatura e de tratamentos alcalinos na remoção dos extrativos da biomassa de madeira e seus efeitos na hidratação de pastas de cimento e de bioconcreto**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Engenharia Civil, UFRJ, Rio de Janeiro, 2019.

14. SOUZA, J. de. **Estudo da durabilidade de argamassas utilizando cinzas e casca de arroz.** 2008. 161 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

15. HASPARYK, N. P.; SANCHEZ, L. F. M. SDT - Método de ensaio para a determinação do índice de dano de rigidez (SDI) e índice de deformação plástica (PDI) em concretos - **Instrução Técnica ITDSBE001.** 15p. Furnas, 2021.

16. GENIEVA, S. D.; TURMANOVA, S. C.; DIMITROVA, A. S. Characterization of rice husks and the products of its thermal degradation in air or nitrogen atmosphere. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 93, p. 387-396, 22 jul. 2008.

17. NOZAHIC, V.; AMZIANE, S. Influence of sunflower aggregates surface treatments on physical properties and adhesion with a mineral binder. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 43, p. 1837-1849, 30 jul. 2012.

18. PAKRAVAN, H. R.; JAMSHIDI, M.; JEDDI, A. A. Asgharian. Combination of ground rice husk and polyvinyl alcohol fiber in cementitious composite. **Journal of Environmental Management**, v. 2015, p.116-122, 19 mar. 2018.

19. WANG, R.; QIN, L.; GAO, X. Mechanical strength and water resistance of magnesium oxysulfate cement based lightweight materials. **Cement and Concrete Composites**, v. 109, p. 1-11, 06 fev. 2020.

20. ANDREOLA, V. M. **Caracterização física, mecânica e ambiental de bio-concretos de bambu.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Engenharia Civil, UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.

21. LIU, J.; LI, F.; LIU, X. Experimental Study in the Modification of Mortar Samples with Incorporated Rice Husk. **Journal of Testing and Evaluation**, v. 46, p.967-973, maio 2017.

22. CHABANNES, M.; BECQUART, F.; GARCIA-DIAZ, E. Experimental investigation of the shear behaviour of hemp and rice husk-based concretes using triaxial compression. **Construction and Building Materials**, v. 143, p.621-632, 27 mar. 2017.

23. PANTAWE, S.; SINSIRI, T.; JATURAPITAKKUL, C. Utilization of hemp concrete using hemp shiv as coarse aggregate with aluminum sulfate [Al2(SO4)3] and hydrated lime [Ca(OH)2] treatment. **Construction and Building Materials**, v. 156, p. 435-442, 26 set. 2017.

24. SALAS, J.; ALVAREZ, M.; VERAS, J. Lightweight insulating concretes with rice husk. **The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete**, v. 8, p. 171-180, ago. 1986.

25. CHABANNES, M.; GARCIA-DIAZ, E.; CLERC, L. Effect of curing conditions and Ca(OH)2-treated aggregates on mechanical properties of rice husk and hemp concretes using a lime-based binder. **Construction and Building Materials**, v. 102, p. 821-833, 18 nov. 2015.