



PRODUÇÃO DE LIGANTE ÁLCALI-ATIVADO A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRAIS

Arthur Paim Cescon

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) Campus Erechim e bolsista do CNPq

Eduarda Razador Lazzari

Graduanda do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Fronteira
Sul (UFFS) Campus Erechim e bolsista de iniciação científica da UFFS

Eduardo Pavan Korf

Professor Doutor da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) Campus Erechim e
bolsista de produtividade em pesquisa nível II do CNPq
eduardo.korf@uffs.edu.br

1. Introdução

A indústria da construção é responsável por 38% de todas as emissões de CO₂ mundiais (Kumbasaroglu; Kumbasaroglu, 2025). O concreto por sua vez, é o material de construção mais amplamente utilizado na construção civil, tendo na sua composição água, agregado e cimento (Grubeša et al., 2025), este último contribuindo de 5 a 8% com as emissões globais de dióxido de carbono anuais (Kumbasaroglu; Kumbasaroglu, 2025). Por esse motivo, pesquisadores tem se dedicado no desenvolvimento de cimentos alternativos que se utilizem de resíduos sólidos e subprodutos agroindustriais como matéria prima para produção de cimentos com baixas emissões de carbono, substituindo assim, o cimento Portland tradicional (Alawi et al., 2023).

Resíduos agroindustriais como cinzas de cascas de arroz, cinzas de óleo de palma, e cinzas de folhas de bambu podem ser utilizados como substitutos do cimento devido a sua alta composição em sílica amorfa e por terem uma alta pozolanicidade (Grubeša et al., 2025). Já resíduos ricos em cálcio como cascas de ovos, de mexilhões/ostras e cal de carbureto também podem substituir o calcário presente nos cimentos tradicionais e melhorar propriedade mecânicas dos cimentos comprovado por pesquisas realizadas respectivamente por Hailemariam et al. (2024), Nasaeng et al. (2022), Wang et al. (2022).

O processo de álcali-ativação no modelo de alto-teor de cálcio consiste na reação de percussores ricos em sílica e cálcio com ativadores alcalinos que provocam a secagem, o endurecimento e a liga desses materiais, assim, produzindo os géis C-A-S-H, que se



assemelham a fase de hidratação do cimento Portland (Garcia-Lodeiro; Palomo; Fernández-Jiménez, 2015). A partir do processo de álcali-ativação resíduos de atividades agroindustriais e industriais podem ser reaproveitados como matérias-primas usuais trazendo uma solução para a gestão de resíduos, poluição causada pela produção de cimento Portland e esgotamento de resíduos naturais a partir da produção ligantes alcalinos sustentáveis (Hailemariam et al., 2024).

Sendo assim, o objetivo dessa pesquisa é estudar a possibilidade de produção de um ligante alcalino que se utiliza da cinza de casca de arroz (CCA) como percussor rico em sílica, cal de casca de ostra hidratada (CCOH) como uma fonte de cálcio e o NaOH como um ativador alcalino e assim avaliar as propriedades físicas, químicas e mecânicas deste material.

2. Metodologia

Os materiais que farão parte deste experimento serão a cinza de casca de arroz (CCA) como uma fonte de aluminossilicato, a cal de casca de ostra hidratada (CCOH) como uma fonte de cálcio e o hidróxido de sódio (NaOH) como um ativador alcalino. Estes materiais passarão por processos de preparação de viabilizarão sua utilização como ligantes em um sistema alcalino de alto-teor de cálcio.

Os métodos para condução deste projeto consistirão em experimentos laboratoriais a partir de diferentes proporções de CCA X CCOH, tempos de cura e concentração de ativadores (M) que avaliarão as propriedades físicas, químicas, mecânicas e microestruturais dos cimentos produzidos com o objetivo de avaliar a melhor proporção de misturas do ligante.

Os Experimentos serão realizados a partir de 4 etapas distintas:

1ª etapa: Preparação dos materiais da pesquisa;

2ª etapa: Caracterização dos materiais;

3ª etapa: Realização dos experimentos através de corpos de prova do cimento alcalino;

4ª etapa: Análises químicas, mineralógicas, microestruturais e de lixiviação de metais para avaliação da mistura álcali-ativada.



3. Resultados e discussão

O beneficiamento e processamento do arroz gera subprodutos pouco utilizados, como a casca, o arroz quebrado e o farelo. Estes subprodutos podem ser reaproveitados para agregar valor ao material e combater um problema ambiental gerado pela má disposição destes resíduos (Silva, 2009).

Quando processada corretamente a CCA torna-se um material silicoso ou sílico-aluminoso, chamado também de pozolana, que quando predominante amorfo, se solubiliza em meio alcalino e provoca uma reação com os íons de Cálcio (Ca^{2+}), ocasionando à precipitação de silicatos de cálcio hidratados (C-S-H), produto importante para hidratação dos cimentos Portland (Silva, 2009). Dados obtidos através da caracterização da CCA comprovaram a predominância da sílica em relação a sua composição química (Pompermaier et al. 2024) e do quartzo e a cristobalita em relação a análise mineralógica (Reis et al., 2022).

Já a casca de ostra traz problemas ambientais pelo seu descarte inadequado o acúmulo de matéria orgânica no fundo do mar, causando o assoreamento e seu depósito em terrenos baldios provoca mau cheiro e atrai insetos (Chierighini et al., 2011). A casca de ostra é rica em carbonato de cálcio (CaCO_3) e calcita em forma cristalina possuindo em média 96% de carbonato de cálcio em sua composição (Souza et al., 2015) sendo utilizada diversas indústrias como a de produção fármacos, construção civil como produto agregada à obra, alimentos, produtos variados e em tratamentos de água (Pessoa et al, 2019).

Pelos motivos apresentados nesta discussão e por se tratar de um projeto ainda sem resultados, ao final da execução dos experimentos espera-se obter a melhor proporção de ligante em relação a propriedades físicas, químicas e microestruturais e trazer discussões acerca das melhores concentrações de NaOH, das proporções CCA X CCOH e em relação ao tempo de cura necessário para uma boa interação entre os ligantes e de formação dos géis C-A-S-H.



4. Considerações finais

A implementação de práticas mais sustentáveis na indústria da construção civil a partir dos cimentos alcalinos pode trazer benefícios ambientais na promoção da gestão de resíduos industriais e agroindustriais e trazer formas de reaproveitamento para subprodutos poluentes inutilizados, minimizar a poluição causada pela fabricação do cimento Portland e possibilitar a produção de materiais cimentantes sustentáveis que não depremem/esgotem os recursos naturais.

É importante a investigação de formas de mitigar o aquecimento global e a preservação dos recursos naturais, sendo esta a proposta deste trabalho, permitindo a evolução da economia e sociedade através de soluções menos degradantes ao planeta e a inserção de novas tecnologias que promovam a economia circular.

Referências

ALAWI, A. et al. Eco-Friendly Geopolymer Composites Prepared from Agro-Industrial Wastes: A State-of-the-Art Review. **CivilEng**, v. 4, n. 2, p. 433–453, 2023. Disponível em:< <https://doi.org/10.3390/civileng4020025>>. Acesso em: 23 de jun. 2025.

CHIERIGHINI, D. et al. Possibilidades do Uso das Conchas de Moluscos. In: **International Workshop Advances In Cleaner Production [Anais...]**, v. 3, p. 5, 2011. Disponível em:<http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/6A/6/Chierighini_D - Paper - 6A6.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2025.

GRUBEŠA, I. N. et al. Utilizing Agro-Waste as Aggregate in Cement Composites: A Comprehensive Review of Properties, Global Trends, and Applications. **Materials**, v. 18, n. 10, 2025. Disponível em:<<https://doi.org/10.3390/ma18102195>>. Acesso em: 24 de jun. 2025.

HAILEMARIAM, B. Z. et al. Optimizing Alkali-Activated Mortars with Steel Slag and Eggshell Powder. **Buildings**, v. 14, n. 8, 2024. Disponível em:<<https://doi.org/10.3390/buildings14082336>>. Acesso em: 25 de jun. 2025.

KUMBASAROGLU, H.; KUMBASAROGLU, A. Applicability of Agro-Waste Materials in Structural Systems for Building Construction: A Scoping Review. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 15, n. 1, p. 1–36, 2025. Disponível em:< <https://doi.org/10.3390/app15010071>>. Acesso em: 24 de jun. 2025.

NASAENG, P. et al. Strength enhancement of pumice-based geopolymer paste by



incorporating recycled concrete and calcined oyster shell powders. **Case Studies in Construction Materials**, v. 17, n. July, p. e01307, 2022. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01307>>. Acesso em: 20 de jun. 2025.

PESSOA, K. DE A. R. et al. Oyster Shell: recent trends in environmental uses for circular economy. **Cadernos de Prospecção – Salvador**, v. 12, n. 4, p. 849–864, 2019. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.9771/cp.v12i4.32940>>. Acesso em: 20 de jun. 2025.

POMPERMAIER, C. L. et al. Stabilization of waste foundry sand with alkali-activated binder: Mechanical behavior, microstructure and leaching. **Construction and Building Materials**, v. 444, n. August, 2024. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137772>>. Acesso em: 10 de jan. 2025.

REIS, J. B. et al. Experimental investigation of binder based on rice husk ash and eggshell lime on soil stabilization under acidic attack. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1–11, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11529-6>. Acesso em: 13 de jan. 2025.

SILVA, T. H. et al. The Potential Use of Oyster Shell Waste in New Value-Added By-Product. **Resources**, [S.l.], v. 8, n. 13, p. 1-15, 2018. Disponível em:<<https://doi.org/10.3390/resources8010013>>. Acesso em: 23 de jun. 2025.

WANG, Q. et al. Utilization of Calcium Carbide Residue as Solid Alkali for Preparing Fly Ash-Based Geopolymers: Dependence of Compressive Strength and Microstructure on Calcium Carbide Residue, Water Content and Curing Temperature. **Materials**, v. 15, n. 3, 2022. Disponível em:<<https://doi.org/10.3390/ma15030973>>. Acesso em: 26 de jun. 2025.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) pelo financiamento deste projeto.