



POTENCIAL DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NA ENGENHARIA CIVIL: UM ENSAIO TEÓRICO COM A CINZA DA CASTANHA DE CAJU COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6207

Autores: MAYARA SOUZA DA ROCHA, MARIA EDUARDA MELO OLIVEIRA FEITOSA, ALBERTO HELENO ROCHA DA SILVA, MONAIRA CRISTIANE ALCIDES DA COSTA

Resumo: A crescente preocupação com os impactos ambientais da construção civil tem impulsionado a busca por alternativas sustentáveis. Neste contexto, este estudo teórico investiga o potencial de aproveitamento da cinza proveniente da casca da castanha de caju como substituição parcial no concreto. Foram realizadas coletas e caracterizações preliminares do resíduo, evidenciando propriedades físicas favoráveis para a sua aplicação, como boa distribuição granulométrica e baixa umidade após processamento. A pesquisa ainda discute a importância da economia circular como estratégia para promover a sustentabilidade no setor da construção. Os resultados parciais indicam que a incorporação da cinza pode contribuir para a redução do consumo de recursos naturais, além de valorizar resíduos agroindustriais de maneira eficiente e responsável.

Palavras-chave: Construção sustentável, Cinza da castanha de caju, Resíduos agroindustriais, Economia circular, Substituição de cimento.

POTENCIAL DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NA ENGENHARIA CIVIL: UM ENSAIO TEÓRICO COM A CINZA DA CASTANHA DE CAJU COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL

1 INTRODUÇÃO

O *Occidentale anacardium*, popularmente conhecido como cajueiro, é uma planta nativa do nordeste brasileiro com uma alta capacidade adaptativa a solos de baixa fertilidade, a temperaturas elevadas e ao estresse hídrico. Devido a essas características, o cajueiro se tornou uma importante fonte de renda para os estados do Nordeste, principalmente para aqueles que vivem em regiões semiáridas. Ademais, por produzir em pleno período seco, o cajueiro se torna essencial para a geração de empregos tanto no campo quanto nas indústrias.

O cajueiro possui uma aparência exótica e troncos tortuosos, seu fruto é conhecido como castanha de caju, na sua parte mais externa apresenta um líquido escuro, quase preto, cáustico e inflamável, chamado de líquido da casca da castanha do caju (LCC) ou cashew nut shell liquid (CNSL) como é conhecido internacionalmente. Na parte mais interna da castanha está localizada a amêndoa que compõe a parte comestível do fruto, revestida por uma película em tons avermelhados ou amarelados (MAZZETTO *et al*, 2009). A castanha, é um aquênio reniforme de cor marrom-acinzentada, composto pelo pericarpo (casca) e pela amêndoa (semente). O pericarpo é constituído por três camadas: epicarpo, mesocarpo e endocarpo. Um esquema mais detalhado pode ser encontrado na figura 1.

Figura 01 - Caju e a castanha de caju.



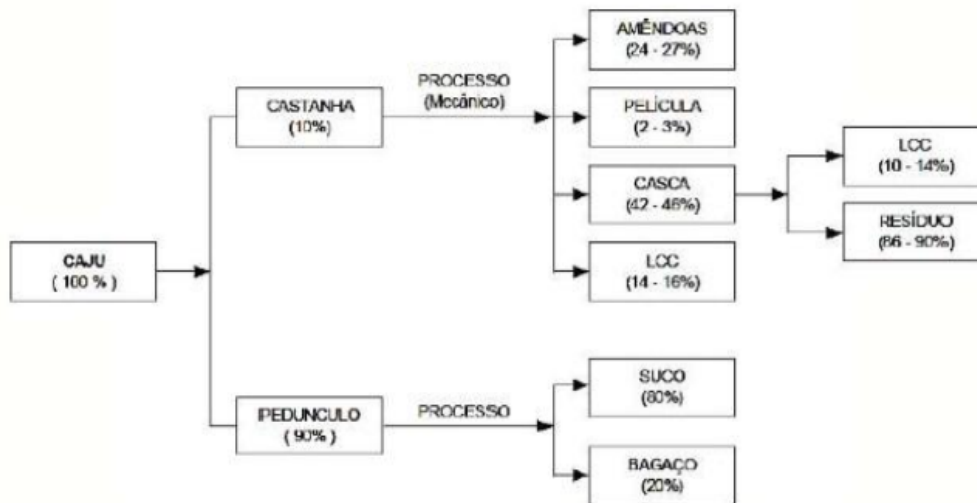
Fonte: Site da Universidade Federal do Ceará (UFC).

A agroindústria do caju representa uma importante cadeia produtiva no Brasil, especialmente nas regiões Nordeste e Norte, contribuindo tanto para a economia quanto para a geração de subprodutos passíveis de reaproveitamento. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2024), o Brasil produziu quase 128 mil toneladas de castanha de caju em 2023, sendo que somente o estado do Ceará foi responsável por um pouco mais de 49,2% da produção, seguido do Rio Grande do Norte responsável por 25% e do Piauí responsável por 16,4%. Diante dessa expressiva produção, torna-se relevante compreender como se dá o processamento do caju e a geração de seus resíduos, como a casca, que pode ser valorizada na engenharia civil.

Durante a produção da castanha de caju, tem-se a etapa de decorticação, que consiste no processo de separação da amêndoa e da casca da castanha, gerando elevada quantidade de resíduo, pois a casca representa cerca de 77% do peso da castanha (LEITE,

1994). Esse material é reintegrado ao ciclo, utilizado como biomassa para fornecer calor durante o processo de decorticação de novas castanhas. Após ser submetido a altas temperaturas, ele se decompõe em gases leves e em cinzas da castanha de caju, que são as quais são analisadas neste estudo quanto ao seu potencial de aplicação na engenharia civil. Os principais produtos derivados do caju estão ilustrados na Figura 2.

Figura 02 - Principais componentes do caju.



Fonte: CARIOCA, 2007.

A cinza é o resíduo colhido da grelha das caldeiras, resultante da queima das cascas. Atualmente, uma parte desse resíduo é utilizada como adubo em plantações de caju e outra parte menor, destinada a aterros sanitários. Este resíduo representa cerca de 5% do peso da castanha inicial (LIMA; ROSSIGNOLO, 2010), Embora possa parecer uma quantidade insignificante em termos percentuais, considerando a produção atual de caju, a geração dessas cinzas pode atingir até milhares de toneladas por ano no país.

A demanda por materiais de construção mais sustentáveis tem impulsionado a busca por alternativas ao concreto convencional. A casca de castanha de caju, um resíduo agrícola abundante em regiões tropicais, apresenta características que a tornam uma candidata interessante como substituição parcial do cimento no concreto. Sua incorporação não só pode melhorar as propriedades do concreto, mas também reduzir o impacto ambiental associado à disposição inadequada desse resíduo.

Segundo Alves (1980), concreto é um material constituído por uma mistura homogênea de aglomerante, materiais inertes e água. Pode ser também definido como um material plástico, moldado para adquirir a forma desejada antes que endureça e adquira resistência suficiente para resistir sozinho aos esforços solicitantes.

Com base nas informações fornecidas pelo Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) em 2023 apresentadas na tabela 1, o consumo aparente acumulado de cimento no Brasil foi de pouco mais de 62,209 milhões de toneladas ao longo do ano, com o Nordeste destacando-se como a segunda região de maior consumo, logo atrás do Sudeste. Este alto consumo reflete diretamente nas emissões de dióxido de carbono (CO₂) pela indústria cimenteira. De acordo com Mehta (1999), cada tonelada de cimento produzida resulta na presença significativa relativa na composição da cinza, característica essencial para que o material atue como um suplemento. Além disso, estudos anteriores demonstram

que a CCCC, quando devidamente processada e caracterizada, pode melhorar propriedades de alguns materiais, durabilidade e comportamento a agentes agressivos, além de contribuir para a redução do impacto ambiental da construção civil. A meta é contribuir com informações que ajudem a consolidar a viabilidade do uso desse resíduo em escala real na indústria da construção.

Tabela 01 - Consumo de cimento no Brasil em 2023.

Consumo de Cimento no Brasil em 2023	
Dados do SNIC	
Região	Total (t)
Norte	3.829.473
Nordeste	13.698.562
Centro-oeste	6.684.141
Sudeste	26.399.499
Sul	11.598.175
Consumo Total	62.209.850

Fonte: SNIC, 2023.

Neste contexto, o presente artigo apresenta soluções sustentáveis, ao propor e analisar o uso da cinza da casca da castanha de caju como substituto parcial em concretos. A proposta busca não apenas contribuir tecnicamente para o desenvolvimento de um novo material, mas também gerar reflexões sobre o papel da engenharia em relação a práticas responsáveis e sustentáveis.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A economia circular é um modelo de produção e de consumo que envolve a partilha, o aluguer, a reutilização, a reparação, a renovação e a reciclagem de materiais e produtos existentes, enquanto possível. Desta forma, o ciclo de vida dos produtos é alargado. Na prática, a economia circular implica a redução do desperdício ou dos resíduos ao mínimo. Quando um produto chega ao fim do seu ciclo de vida, os seus materiais são mantidos dentro da economia sempre que possível graças à reciclagem. E podem, deste modo, ser utilizados uma e outra vez, o que permite criar mais valor (PARLAMENTO EUROPEU, 2024).

A economia circular é a ciência que repensa as práticas económicas a longo prazo, indo além daqueles famosos três “R”s – reduzir, reutilizar e reciclar – pois ela une, pelo menos na teoria, o modelo sustentável com o setor tecnológico e comercial do mundo. Quer se trate de uma questão de diminuir a quantidade de lixo tóxico criado ou emitido, ou da quantidade de matérias-primas utilizadas, ou do tamanho do produto em si (conhecido nos círculos empresariais como “desmaterialização”), a redução é um princípio central da ecoeficiência. Mas, em qualquer dessas áreas, a redução não detém o esgotamento e a destruição, apenas diminui sua velocidade, possibilitando que ocorram em menor escala e durante um maior período de tempo (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2019). Dessa forma, apesar do sistema baseado nos três R's, a economia circular se torna uma opção mais

viável ao incluir o resíduo de volta ao ciclo de produção e destinar um uso adequado para ele.

Pesquisas recentes têm explorado a incorporação de subprodutos agrícolas, principalmente as cinzas, em materiais de construção, exemplificadas por estudos como o realizado por Patrício Maria (2011) que adicionou cinza de folha de bananeira à argamassa, melhorando seu desempenho mecânico e físico. Da mesma forma, o pesquisador Ludwig (2014) investigou a adição da cinza da casca de arroz ao concreto, demonstrando que apenas 3% já resultou em melhorias significativas no seu desempenho. Além disso, Valcacer et al (2009) demonstrou que a cinza da casca de castanha de caju pode fortalecer cerâmicas estruturais, aumentando sua resistência à flexão com adições de 5% a 15% na massa cerâmica. Esses estudos não apenas destacam os benefícios técnicos desses materiais modificados, mas também seu potencial para fechar o ciclo de vida dos resíduos agrícolas, promovendo práticas mais sustentáveis na construção civil.

Neste contexto, a casca de castanha de caju surge como uma alternativa promissora, oferecendo não apenas se mostrando um resíduo com potencial técnico, mas também contribuindo para a sustentabilidade ambiental ao reutilizar um subproduto da indústria de alimentos. Assim, a presente pesquisa tem por objetivo investigar a viabilidade técnica, analisando a resistência mecânica do concreto com a substituição parcial da cinza da casca da castanha de caju, em concretos para fins estruturais de acordo com as normas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

A análise da literatura indica uma escassez de estudos sobre a casca da castanha de caju. Isso ressalta a importância de realizar mais pesquisas nessa área para aprofundar o conhecimento sobre o tema, especialmente devido à sua ampla aplicabilidade na engenharia civil.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa busca explorar o potencial da casca de castanha de caju, um resíduo agroindustrial, na Engenharia Civil. A proposta é avaliar o uso dessa cinza como substituição parcial no concreto, trazendo novas possibilidades para a construção civil. O estudo está em desenvolvimento no Laboratório de Materiais de Construção do Instituto Federal de Alagoas – Campus Palmeira dos Índios. Algumas etapas já foram concluídas, enquanto outras encontram-se em curso, especialmente aquelas relacionadas ao desenvolvimento dos corpos de prova e à realização dos ensaios laboratoriais. A continuidade do trabalho depende diretamente da disponibilidade de materiais e do acesso aos equipamentos do laboratório, o que exige ajustes e adequações no cronograma. O projeto seguirá uma abordagem experimental dividida em sete etapas principais que serão apresentadas a seguir.

3.1 Revisão bibliográfica

Em uma fase inicial, o projeto visa realizar uma revisão ampla da literatura disponível sobre o uso das cinzas de produtos agroindustriais e da casca da castanha de caju como substituto ou adição em qualquer material da construção civil. Isso implica identificar os principais pontos, resumindo informações e avaliando a qualidade das fontes consultadas. Dessa forma, o objetivo é obter uma base teórica firme e informações detalhadas sobre as propriedades e características desse material. As investigações foram conduzidas com rigor metodológico e selecionados por sua relevância e qualidade científica, garantindo a qualidade e a veracidade dos dados apresentados.

3.2 Análise da produção da castanha de caju

Foi realizada uma visita a Estrela de Alagoas para acompanhar de perto o processo manual de beneficiamento da castanha de caju. Durante essa experiência, foi possível identificar os locais de descarte das cascas e coletar amostras da cinza gerada, que seria descartada pelos produtores locais para ser utilizada no restante da pesquisa.

Agora, como próximo passo, está previsto o contato com fábricas de beneficiamento de castanha de caju no Nordeste para também adquirir cinzas para realização dos ensaios cabíveis no projeto para fins de comparação, com foco nas grandes empresas do setor, como a Companhia Industrial de Óleos do Nordeste – CIONE, localizada em Fortaleza (CE), reconhecida pela tradição na produção, processamento e exportação de castanha de caju e LCC, ou à RESIBRAS, uma das maiores processadoras de castanha de caju do mundo, que também possui unidades em Fortaleza.

3.3 Procedimentos realizados em laboratório

Com a casca da castanha separada em laboratório, foi realizado o processamento e caracterização das cinzas coletadas e separadas em relação a granulometria, redução de volume, teor de umidade, entre outros.

3.4 Desenvolver o concreto

O concreto é uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos, água e, em alguns casos, aditivos químicos. O primeiro passo na produção de concreto é a seleção cuidadosa dos materiais. Após a seleção dos materiais, inicia-se a dosagem dos mesmos, seguindo uma proporção estabelecida de acordo com o tipo de concreto desejado e as normas técnicas aplicáveis. Esta etapa é crucial para garantir a resistência e durabilidade do concreto final.

Nesse sentido, será aplicado a substituição parcial da cinza da casca da castanha de caju em diferentes proporções percentuais para comparação dos efeitos. Inicialmente, as proporções utilizadas serão baseadas em pesquisas semelhantes que já utilizaram cinzas na produção de concreto ou outro produto da construção civil, como as apresentadas na tabela 2, por nós resumida de acordo com Patrício Maria (2011), Ludwig (2014), Araújo e Araújo (2019), Mendonça *et al* (2012) e Valcacer *et al* (2009).

Tabela 02 - Consumo de cimento no Brasil em 2023.

Referência para Escolha das Proporções de Cinza		
Cinza	Produto	Porcentagem (%)
Folha de bananeira ¹	Argamassa	5, 10, 15, 25, 30
Casca de arroz ²	Concreto	3, 5, 7
Coco babaçu ³	Concreto	5, 10, 15, 20
Bagaço de cana de açúcar ⁴	Tijolo solo-cimento	2, 4, 6
Caca da castanha de caju ⁵	Cerâmica vermelha estrutural	5, 10, 15

Fonte: Autores, 2024.

3.5 Moldar em corpos de provas

Após a mistura, o concreto é transportado para o local de aplicação e despejado em moldes ou formas que o laboratório fornece, onde é compactado para eliminar vazios e

garantir a uniformidade da mistura. Em seguida, o concreto é deixado para curar, com a temperatura e umidade adequadas para garantir o desenvolvimento adequado do material. Esse procedimento deve seguir a norma ABNT NBR 5738:2015 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos.

O ensaio de consistência do concreto, conforme a NBR 7223, realizado nessa etapa, visa determinar a trabalhabilidade do concreto fresco. Ele envolve medir o abatimento do concreto após ser colocado e adensado em um molde, fornecendo uma indicação da sua fluidez e capacidade de ser moldado. Esse teste é essencial para garantir que o concreto tenha a consistência adequada para a aplicação desejada.

3.6 Executar ensaios de resistência de acordo com as normas da ABNT, analisar as características físicas e mecânicas do concreto para o desenvolvimento do material com eficiência.

Depois de curado, o concreto está pronto para uso e apresenta características como resistência mecânica, durabilidade e estabilidade dimensional que serão analisadas a partir dos ensaios correspondentes. É importante ressaltar que todo o processo de produção de concreto deve ser realizado seguindo as normas técnicas atualizadas, como a NBR 5739 - Ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos e a NBR 9778 - Determinação da absorção de água por imersão, garantindo assim a qualidade e segurança das estruturas construídas.

3.7 Coleta e interpretação dos dados obtidos

Após os ensaios, todos os dados são registrados e comparados entre si para avaliar a viabilidade do uso das cinzas no concreto. A expectativa é de que, ao término do projeto, o concreto apresente resultados favoráveis.

A metodologia descrita para o desenvolvimento deste trabalho foi planejada de forma a contemplar todas as etapas necessárias para a avaliação do potencial da cinza da casca de castanha de caju na produção de concreto. Desde a revisão bibliográfica até a realização dos ensaios de resistência e durabilidade, cada fase foi estruturada para garantir a qualidade dos resultados obtidos.

4 RESULTADOS

4.1 RESULTADOS PARCIAIS

A visita técnica realizada aos produtores de castanha de caju em Estrela de Alagoas foi essencial para a pesquisa, permitindo compreender de forma mais detalhada o processo produtivo e as dificuldades enfrentadas pelos trabalhadores. A partir dessa experiência, foi possível coletar informações sobre as etapas de beneficiamento da castanha, desde a compra e armazenamento até a torra, descascamento e embalagem.

A visita também contribuiu para a pesquisa ao viabilizar a obtenção das cinzas das cascas, um dos materiais de estudo do projeto. Os produtores doaram uma quantidade significativa do material, permitindo que fossem realizados ensaios laboratoriais para caracterização e análise de suas propriedades. Dessa forma, a visita técnica não apenas forneceu dados importantes para o estudo, mas também possibilitou um olhar mais aprofundado sobre a viabilidade da incorporação desse resíduo em novos materiais de construção.

Para definir a melhor forma de preparação da amostra, foi realizada uma pesquisa aprofundada sobre metodologias aplicadas ao processamento de resíduos semelhantes em outros estudos. Com base nessas referências e no conhecimento adquirido sobre o processo produtivo das castanhas, foram testadas diferentes abordagens para a secagem e trituração das cinzas. Diante disso, adotou-se a secagem em estufa a 100°C por 24 horas, o que garantiu um controle mais preciso da umidade e melhor padronização do material. Após a secagem, foi necessário reduzir a granulometria das cinzas para facilitar sua incorporação na mistura do concreto. Utilizou-se um liquidificador, que se mostrou uma alternativa eficiente, permitindo a obtenção de uma granulometria mais homogênea e em menor tempo.

Após a preparação das cinzas, foram conduzidos ensaios de caracterização para avaliar suas propriedades físicas. Entre os ensaios realizados, destacam-se o ensaio de teor de umidade, tanto a cinza seca ao sol quanto a cinza recolhida originalmente, o ensaio de granulometria, para verificar a distribuição das partículas após a trituração e, por fim, o ensaio de redução de volume, analisando a redução de volume entre a cinza bruta e a cinza triturada.

Com base nas informações obtidas, foi definida a resistência característica do concreto a ser utilizado no estudo, estabelecida em 25 MPa. Essa escolha se deve ao fato de ser uma das mais empregadas em obras convencionais, além de corresponder à resistência mínima exigida pela NBR 12655: Concreto de Cimento Portland - Preparo, Controle, Recebimento e Aceitação - Procedimento. Essa norma determina os requisitos para o preparo, a composição química e o controle tecnológico do concreto tanto no estado fresco quanto endurecido, além de estabelecer critérios para sua aceitação na obra. Para alcançar essa resistência, foi adotado a utilização do traço de 1 : 1,89 : 2,66 : 0,52 (cimento:areia:brita: relação água/cimento), garantindo uma mistura equilibrada para a obtenção das propriedades mecânicas desejadas.

Por fim, as porcentagens escolhidas inicialmente para substituição e adição da cinza da casca da castanha de caju no concreto foram de 3%, 5%, 7%, 10%, 15% e 20%. Essa definição seguiu referências de artigos e pesquisas já realizadas com materiais pozolânicos e já mencionadas no artigo.

Teor de Umidade

Tabela 03 - Teor de umidade das amostras em diferentes métodos de secagem

Teor de Umidade das amostras			
Amostras	Umidade perdida pelo sol (%)	Umidade retida depois de exposta ao sol (%)	Amostra sem secagem prévia (%)
1	3,448	5,880	16,200
2	2,760	5,620	14,280
3	3,690	5,730	10,180
4	3,356	6,810	10,950
Média	3,314	6,010	12,903

Fonte: autores, 2025.

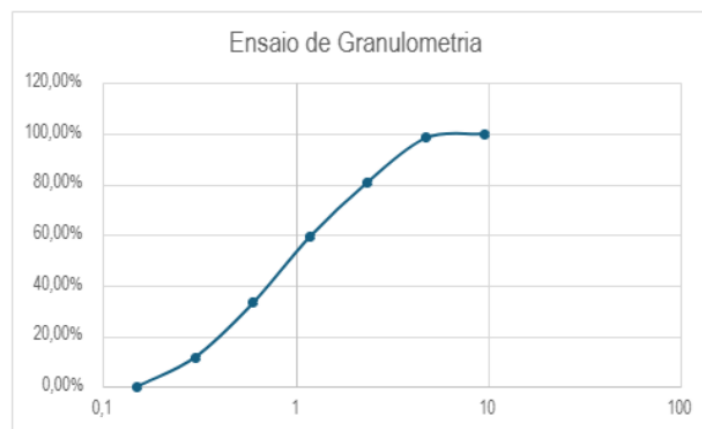
A análise do teor de umidade das amostras de cinza da casca da castanha de caju foi realizada em três condições distintas: as amostras diretamente do saco (sem secagem prévia), amostras secas ao sol, indicando o teor de umidade ainda retido após essa etapa e umidade perdida pelo sol, calculada como a diferença entre o teor inicial e o teor retido após

a exposição ao sol. A diferença entre os resultados confirma que a secagem ao sol não é suficiente para remover toda a umidade presente na cinza, pois esse método está sujeito a fatores não controlados como a temperatura e a umidade relativa do ar. A secagem normalizada, por outro lado, foi mais eficiente na extração da umidade, garantindo uma medição mais precisa.

No contexto da pesquisa, esses resultados são relevantes, pois a umidade residual pode influenciar na incorporação da cinza na matriz cimentícia, afetando propriedades do concreto, como trabalhabilidade, aderência e resistência mecânica, além de também afetar o fator água-cimento na preparação.

Curva granulométrica

Gráfico 01 - Curva do ensaio de granulometria



Fonte: autores, 2025.

A análise da granulometria das cinzas da casca da castanha de caju revelou que a maior parte do material está concentrada nas peneiras de 1,18 mm (21,53%), 0,6 mm (26,00%) e 0,3 mm (21,33%). Isso indica que o material possui predominância de partículas finas. A quantidade significativa de material fino (<0,3 mm), que corresponde a cerca de 36% do total, sugere que as cinzas podem atuar como um filler, que é um material adicionado a misturas cimentícias para preencher os espaços entre os grãos dos outros materiais, contribuindo para melhorar a compactidade da mistura do concreto, o que pode beneficiar a resistência mecânica e a durabilidade da estrutura. A curva sugere uma distribuição de partículas relativamente uniforme, com a maioria das cinzas trituradas apresentando tamanhos semelhantes.

Ensaio de redução de volume

Tabela 04 - Ensaio da variação de volume das cinzas.

Redução de volume depois da trituração				
Amostras	Vol. inteira (cm3)	Vol. triturada (cm)	ΔVol. (cm3)	ΔVol. (%)
1	113,097	70,686	42,412	37,50
2	103,891	62,881	41,01	39,56
3	101,157	68,349	32,808	32,43
4	110,27	67,858	42,412	38,46
Média			39,66	36,99

Fonte: autor, 2025.

A trituração da cinza da castanha de caju apresenta uma redução significativa no volume. Os dados mostram que o volume das cinzas trituradas é, em média, 36,99% menor comparado ao volume antes da trituração. Isso ocorre devido à compactação das partículas após a trituração, o que aumenta a densidade do material, tornando as cinzas mais viáveis para o uso no concreto onde a densidade e a compactação dos materiais são importantes.

4.2 RESULTADOS ESPERADOS

Acredita-se que a incorporação parcial das cinzas da casca de castanha de caju resultará em melhorias nas propriedades mecânicas do concreto, conferindo-lhe maior resistência e durabilidade. Assim, ao implementar essa prática, promove-se a geração de uma economia circular e a redução dos impactos ambientais. Segundo princípios éticos, reconhecemos que a preservação do meio ambiente é também uma responsabilidade da engenharia. Espera-se obter êxito em:

- Acréscimo na resistência para que tenha uso na construção civil ou uma substituição parcialmente equivalente;
- Apresentar comparação com concreto convencional;
- Fazer visitas às fábricas de beneficiamento de castanha para aprofundar conhecimento de todo processo em expansão;
- Promover a aplicação de acordo com as normas da ABNT.

5 DISCUSSÕES (DESAFIOS E LIMITAÇÕES)

No estágio inicial, o projeto apresentou um progresso ágil, beneficiando-se do suporte integral oferecido pelo instituto. Não foram identificadas dificuldades financeiras, uma vez que, até determinado momento, não houve demanda por aquisição de novos materiais. Todos os recursos necessários estavam disponíveis, atendendo plenamente ao que havia sido planejado.

No entanto, ao chegar na fase de desenvolvimento do concreto e moldagem dos corpos de prova, surgiram alguns obstáculos. Materiais essenciais, como areia lavada e cimento, estavam em falta, o que atrasou essa etapa importante do projeto. Como esses insumos são indispensáveis, foi necessário aguardar a reposição para dar continuidade ao trabalho. Felizmente, os materiais já estão programados para chegar, então essa questão está sendo resolvida.

Ao longo do desenvolvimento desse projeto, foi possível perceber como a falta de apoio e de infraestrutura pode comprometer o andamento e a continuidade de pesquisas semelhantes no futuro. A falta de insumos básicos, como areia, cimento e brita, constitui um dos principais entraves, causando atrasos no cronograma experimental. A infraestrutura laboratorial limitada também representa um obstáculo relevante, especialmente quando o número de equipamentos essenciais, como estufas e prensas de ensaio, é insuficiente para atender à demanda de múltiplos projetos simultaneamente. Esses fatores mostram como a necessidade de um planejamento detalhado e flexível, além da preparação de estratégias de gestão que diminuam os riscos e assegurem a qualidade e a continuidade dos projetos de pesquisa no ambiente acadêmico são importantes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste sentido, o estudo de reaproveitamento da cinza da casca da castanha de caju como substituto parcial da areia em concretos, que foi o objeto deste trabalho, ressalta a importância de buscar soluções sustentáveis e inovadoras na engenharia civil. Tendo o material caracterizado pela caracterização preliminar de propriedades físicas favoráveis à aplicação – um bom comportamento granulométrico e densidade após trituração apropriada, que indicam um potencial para bons resultados de trabalhabilidade, compacidade e resistência de concreto.

Além dos benefícios técnicos, a utilização desse resíduo agrega valor a uma cadeia produtiva regional, contribui para a redução da exploração de areia natural e promove práticas alinhadas aos princípios da economia circular. A iniciativa também possui um forte impacto social, ao possibilitar novas oportunidades de geração de renda para produtores de castanha, além de reduzir os riscos ambientais e ocupacionais associados ao descarte inadequado das cascas.

Vale também a pena ressaltar, que o estudo parcial apresentou bons resultados, no entanto, são ainda imprescindíveis uma continuidade das etapas complementares, como os ensaios de resistência à compressão e absorção de água para verificar a viabilidade técnica do concreto à cinza.

Dessa forma, este trabalho contribui para ampliar o conhecimento sobre a aplicação de resíduos agroindustriais na construção civil, incentivando o desenvolvimento de materiais inovadores, economicamente viáveis e ambientalmente responsáveis. Espera-se que os resultados finais possam embasar a formulação de novas práticas e estimular a adoção de tecnologias construtivas mais sustentáveis no setor.

7 AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela força e sabedoria constante que me sustentou nos momentos de desafio e me guiou com sabedoria até aqui. Manifesto minha profunda gratidão ao Instituto Federal de Alagoas e a FAPEAL pelo apoio em cada fase deste estudo e incentivo. Agradeço a todos os leitores deste artigo, que as informações aqui apresentadas possam servir de contribuição para o desenvolvimento do conhecimento e para o fortalecimento de soluções mais sustentáveis na engenharia civil.

8 REFERÊNCIAS

ALVES, D. A. **Materiais de Construção**. Vol.1.5a Edição.1980.Editora: Livraria Nobel.

ARAÚJO, Isla Maria Cavalcante Nogueira; ARAÚJO, Elisangela Cavalcante Nogueira. Análise de resistência mecânica em concreto convencional produzido com cinzas de coco babaçu. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 39., 2019, Santos. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2019. 23 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-5739: Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM-67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998. 8 p.

CARIOCA, J. O. B. **Situação atual e oportunidades de utilização do líquido da casca da castanha de caju (LCC).** Ceará: Federação de Agricultura do Ceará (Agropacto e Aprece), 2007.

Leite, L. A. S. **A agroindústria do caju no Brasil: políticas públicas e transformações econômicas,** Fortaleza: EMBRAPA CNPAT. 1994.

Lima, S. A e Rossignolo, J.A. **Estudo das características químicas e físicas da cinza da casca da castanha de caju para uso em materiais cimentícios,** Maringá, v. 32(4), p. 383-389. 2010.

LUDWIG, Douglas Giongo. Concreto com adição de cinza de casca de arroz. 2014. 58 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2014. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu>. Acesso em: 25 abr. 2025.

MAZZETTO, S. E.; LIRA, H. L.; OLIVEIRA, E. L.; RESCK, I. S.; FONTES, M. P. F. F. **Óleo de castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto da química verde.** Química Nova, v. 32, n. 6, p. 1526-1534, 2009.

MENDONÇA, Samantha Ferreira de; TENÓRIO, Taísa Menezes; MARQUES, Sheyla Karolina Justino. Estudo da incorporação de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar em formulações para fabricação de tijolos solo-cimento. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO – CONNEPI, 7., 2012, Palmas. **Anais [...].** Palmas: IFTO, 2012. ISBN 978-85-62830-10-5.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** Editora PINI, São Paulo, 1999.

O que é Economia Circular e quais seus princípios?. Ecycle, 2010. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/economia-circular/>. Acesso em: 22 de Junho, 2024.

PATRÍCIO MARIA, Suelen. Estudo da adição da cinza de folha de bananeira em argamassas. 2011. 88 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Tecnólogo em Concreto) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SNIC. **Sindicato Nacional da indústria do cimento.** Disponível em: <http://snic.org.br/numeros-industria.php>. Acesso em: 11 de julho de 2024.

UFC, Agência. **Líquido da casca da castanha-de-caju: de subproduto do agronegócio a protagonista da química.** Disponível em: <https://agencia.ufc.br/liquido-da-casca-da-castanha-de-caju-de-subproduto-do-agronegocio-a-protagonista-da-quimica/>. Acesso em: 24 de Abril. 2025.

REALIZAÇÃO



15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

ORGANIZAÇÃO



VALCACER, S. M. *et al.* Análise da influência da incorporação da cinza da casca da castanha de caju na cerâmica vermelha estrutural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 53., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais** [...]. Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Cerâmica, 2009.

POTENTIAL OF AGRO-INDUSTRIAL WASTE IN CIVIL ENGINEERING: A THEORETICAL STUDY ON CASHEW NUT SHELL ASH AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE

Abstract: *The growing concern about the environmental impacts of civil construction has driven the search for sustainable alternatives. In this context, this theoretical study investigates the potential use of ash derived from cashew nut shells as a partial replacement for cement in concrete. Residue samples were collected and preliminarily characterized, revealing favorable physical properties for application, such as good particle size distribution and low moisture content after processing. The study also highlights the importance of the circular economy as a strategy to promote sustainability in the construction sector. Partial results suggest that incorporating cashew nut shell ash can contribute to reducing natural resource consumption while efficiently and responsibly valuing agro-industrial waste.*

Keywords: *Sustainable construction, cashew nut shell ash, agro-industrial waste, circular economy, cement replacement.*

REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



