XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8612

Avaliação da Permeabilidade de Argamassa de Hidratação Controlada para Revestimento com Cinza do Caroço de Açaí Residual

Permeability Assessment of Controlled Hydration Mortar for Rendering with Residual Açaí Stone Ash

André Rian Alves Silva
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil |rianctrl17@gmail.com
Bruno Lôbo de Almeida
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil |Brunolobo003@gmail.com
Débora Gentil Rodriguez Cal
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil |debsgentil@gmail.com
Yasmin Barros Santos
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | Yasminnbarrossantoss@gmail.com
Luciana de Nazaré Pinheiro Cordeiro
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil |lucianapc@ufpa.br

Resumo

As argamassas de hidratação controlada (AHC) podem apresentar elevada permeabilidade, o que motiva a investigação de alternativas para a melhoria de suas propriedades. Nesse sentido, este trabalho avaliou o comportamento de AHC com janela de utilização de 24 horas, incorporando 0%, 10%, 20% e 30% de substituição parcial do agregado miúdo por Cinza do Caroço de Açaí Residual. Foram realizados ensaios de índice de consistência, teor de ar incorporado e densidade de massa no estado fresco, além da avaliação da permeabilidade pelo método do cachimbo no estado endurecido. O teor de 10% apresentou o melhor desempenho no estado fresco, propiciando melhores características iniciais de consistência com redução da relação água/cimento, além de apresentar, no estado endurecido a menor absorção de água no ensaio de permeabilidade dentre todas as composições analisadas.

Palavras-chave: Argamassa de revestimento. Argamassa de hidratação controlada. Cinza residual do caroço de açaí. Permeabilidade. Resíduos.

Abstract

Controlled hydration mortars (CHMs) may exhibit high permeability, which motivates the investigation of alternatives to improve their properties. In this context, this study evaluated the behavior of CHMs with a 24-hour workability window incorporating 0%, 10%, 20%, and 30% partial replacement of fine aggregate with Residual Açaí Seed Ash. Consistency index, entrained air content, and fresh density tests were performed in the fresh state, while permeability was evaluated in the hardened state using the water penetration pipe method. The mixture containing 10% RASA exhibited the best performance in the fresh state, providing improved initial consistency with a reduced water-to-cement ratio. Furthermore, in the hardened state, it showed the lowest water absorption in the permeability test among all mixtures analyzed.

Keywords: Rendering mortar. Controlled hydration mortars. Açaí seed residual ash. Permeability. Waste.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8612

INTRODUÇÃO

A argamassa de hidratação controlada tem como característica a manutenção de seu estado plástico, conseguindo manter-se trabalhável até 72 horas após a sua mistura, através da utilização de aditivos incorporadores de ar (AIA) e estabilizador de hidratação (AEH) para garantir essa propriedade [1]. Destaca-se que a AHC é um produto pronto para uso, que apresenta vantagem logística, otimização do canteiro de obras e desempenho comparável ao das argamassas convencionais [2]. Entretanto, trabalhos como o de Jantsch et al. [3] apontam que estas argamassas podem apresentar alta permeabilidade.

Por outro lado, a produção do açaí destaca-se com relevância local, na Amazônia, sendo que, de acordo com dados da FAPESPA, cerca de 89,5% do açaí do Brasil em 2024 foi produzido no Pará [4]. Porém, grande parte dos resíduos gerados na produção de açaí ainda é descartada sem tratamento adequado ou de forma irregular [5]. Na preparação para a obtenção da polpa, o caroço e as fibras do fruto, que juntos correspondem a cerca de 83% do seu peso, são os principais resíduos gerados, sendo frequentemente descartados de forma inadequada e contribuindo para a poluição ambiental [6].

Essas sementes desse fruto apresentam alto poder calorífico, variando de 19,32 $MJ.kg^{-1}$ a 19,91 $MJ.kg^{-1}$ [7], podendo ser empregadas para a geração de energia, o que torna o material uma alternativa de biomassa [8] [9] [10]. No entanto, o uso dessa biomassa para fins energéticos gera a cinza do caroço de açaí residual (CCAR), que pode ser reincorporada no setor da Construção Civil, especialmente na composição de matrizes cimentícias como substituto parcial dos componentes.

Diante dessa limitação de permeabilidade, a utilização de cinzas agroindustriais surge como uma opção para redução do consumo de cimento Portland ou dos agregados miúdos naturais em argamassas, além de possibilitar melhorias em suas propriedades no estado fresco e endurecido. Em pesquisas como a de Almeida et al. [11], a introdução de cinza do caroço de açaí residual em argamassa convencional gerou melhora nas propriedades no estado fresco e endurecido, assim como no transporte de água.

A lei n° 12.305 (Brasil, 2010) [12], que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece diretrizes e princípios fundamentais para o gerenciamento dos resíduos, garantindo que os produtores tenham responsabilidade pelo destino do seu resíduo. Ademais, também articula o incentivo à reciclagem e reutilização de resíduos sólidos, desenvolvendo métodos que auxiliem nesse processo.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência da substituição parcial do agregado miúdo por CCAR nas propriedades no estado fresco e na permeabilidade de argamassas de revestimento de hidratação controlada,

identificando o teor de substituição com melhor desempenho quanto à redução da permeabilidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção das argamassas de hidratação controlada (AHC) com a substituição parcial do agregado miúdo natural pela CCAR, foram utilizados os seguintes materiais: Cimento CP II F-32, cinza do caroço de açaí residual (CCAR), areia natural, água e os aditivos incorporador de ar (AIA) e o estabilizador de hidratação (AEH). As características dos materiais utilizados estão expostas na tabela 1 e 2.

Tabela 1: caracterização dos materiais secos.

Ensaios	Areia	Cimento	CCAR	Métodos
Massa Unitária (g/cm³)	1,73	0,97	-	NBR 16972 (ABNT, 2021) [13]
Massa Específica (g/cm³)	2,67	3,08	2,51	NBR 16916 (ABNT, 2021) [14]
Diâmetro Máximo (mm)	1,20	-	-	NBR 17054 (ABNT, 2022) [15]
Módulo de finura	1,58	-	-	NBR 17054 (ABNT, 2022) [15]
Coef. Inchamento Médio	1,72	-	-	NBR 6467 (ABNT, 2006) [16]
Umidade Crítica (%)	2,6	-	-	NBR 6767 (ABNT, 2006) [16]
Índice de vazios (%)	35	-	-	-

Fonte: os autores (2026).

Tabela 2: caracterização físico-química dos aditivos.

Característica	AEH	AIA
Aspecto Físico	Líquido	Líquido
Cor	Incolor	Avermelhado
pH	-	10,5 +/- 1,0
Densidade (Kg/L)	1,10 ± 0,02	1,02 ± 0,02

Fonte: os autores (2026).

A CCAR utilizada na presente pesquisa foi obtida em uma fábrica localizada no município de Castanhal-PA. Ressalta-se que a cinza utilizada é classificada como residual, ou seja, é um material oriundo da combustão não controlada em fornos de olarias, utilizados na produção de tijolos ou blocos cerâmicos. Neste trabalho, a CCAR foi utilizada como substituto parcial da areia (agregado miúdo) em diferentes teores (0%, 10%, 20% e 30%) de CCAR (em volume). Esses percentuais foram definidos com base em testes preliminares realizados durante o projeto, como no trabalho de Almeida [11].

Foram misturados primeiramente os materiais secos (cimento, areia e CCAR) de forma manual com uma colher de pedreiro a fim de uniformizar os materiais, logo após, adicionou-se os materiais líquidos (água e aditivos) sendo também homogeneizados de forma manual. O procedimento de mistura mecânica foi realizado por cinco minutos com misturador de argamassas, cuja velocidade máxima é 700RPM/Min.

Nesta pesquisa, as argamassas foram submetidas a ensaios de caracterização no estado plástico em dois intervalos distintos (0h e 24h). Para garantir a consistência e a

comparabilidade dos resultados, foi preparado um lote único de argamassa para os ensaios em ambos os tempos (0h e 24h). A porção de material destinada à análise após 24 horas foi acondicionada em um recipiente hermeticamente fechado, sem a adição de uma película de água superficial, para avaliar a evolução das propriedades sob condições de armazenamento controladas.

Decorrido o período de armazenamento de 24 horas, a argamassa foi submetida a um processo de re-homogeneização mecânica por 5 minutos. Subsequentemente, ao ensaio de consistência da mistura avaliou-se a necessidade de uma eventual correção com água de amassamento, visando restaurar o abatimento padrão antes da moldagem final dos corpos de prova.

Tabela 3: consumo de materiais por m³ nos traços formulados.

TRAÇO	REF (kg/m³)	CCAR10 (kg/m³)	CCAR20 (kg/m³)	CCAR30 (kg/m³)
Cimento	274,45	279,50	263,77	280,23
Areia	1372,26	1257,73	1055,07	980,81
Água	251,23	240,68	283,55	343,29
AEH	1,10	1,12	1,06	1,12
AIA	0,96	0,98	0,92	0,98
CCAR	-	112,21	215,63	343,57
a/c	0,92	0,86	1,08	1,23

Fonte: os autores (2026).

Embora as proporções entre os materiais tenham sido mantidas nas dosagens dos traços, os valores apresentados na Tabela 3 correspondem ao consumo de materiais por metro cúbico de argamassa. Como a incorporação de CCAR, as variações na quantidade de água e no teor de ar incorporado modificam o volume das misturas, o fator de conversão para 1 m³ também foi alterado. Por esse motivo, constata-se diferenças no consumo dos materiais, inclusive do cimento.

A princípio, no estado fresco foram realizados os ensaios de índice de consistência de acordo com a ABNT NBR 13276 (2016) [17], e de determinação de densidade e ar incorporado seguindo a ABNT NBR 13278 (2005) [18]. Então, foram moldadas placas de argamassas (15cm x 15cm) para realização do ensaio de absorção por cachimbo seguindo a norma internacional RILEM II.4 (1987) [19] a qual o processo técnico é equivalente aos descritos na NIT-140 do LNEC (1982) [20].

Para a análise dos dados, foi utilizado o teste de ANOVA (one-way), visando verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos avaliados. A análise estatística foi realizada nos intervalos de 5, 10 e 15 minutos. Quando constatada significância ($p < 0,05$), aplicou-se o pós-teste de Tukey para identificação das diferenças entre pares de amostras.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8612

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO

Nota-se pelos resultados que a introdução da cinza na matriz da argamassa promoveu alterações na trabalhabilidade das misturas. Na Tabela 4 é apresentado um resumo dos resultados acerca do comportamento plástico das argamassas.

Tabela 4: resultados da caracterização no estado fresco.

Traço (%)	Índice de Consistência(mm)		Densidade (g/cm³)		Teor de Ar (%)		Acréscimo de água (% da água inicial)
–	0h	24h	0h	24h	0h	24h	24 h
Referência	260,0	265,0	2,05	1,90	7	14	-
CCAR 10	261,7	260,0	1,78	1,95	14	6	5%
CCAR 20	280,0	260,0	1,82	1,94	14	9	48%
CCAR 30	285,0	-	1,92	-	5	-	-

Fonte: autores (2026).

A composição CCAR10 apresentou melhora na plasticidade da mistura, evidenciada pela redução da quantidade de água necessária para obtenção de índice de consistência equivalente ao da argamassa referência. Durante o manuseio, essa composição apresentou maior trabalhabilidade e leveza do que as demais, percepção posteriormente confirmada pelos resultados de densidade no estado fresco e pelo maior teor de ar incorporado. Achado semelhante foi observado por Junior et al. [21], que verificou a redução da densidade de argamassas contendo cinza de eucalipto, atribuída à menor massa específica desse material e ao aumento de vazios na matriz.

Entretanto, para maiores teores de substituição, observou-se um comportamento semelhante ao de uma mistura excessivamente coesa, demandando maior quantidade de água para atingir a consistência desejada. Esse comportamento pode ser atribuído ao aumento da viscosidade da pasta, decorrente da elevada área específica da cinza, que intensifica a demanda hídrica da mistura. Tal fenômeno é reportado na literatura para argamassas contendo substituições da areia por materiais mais finos [22][23].

Figura 1: Evolução visual da consistência da argamassa CCAR30 ao longo do tempo: (a) 0 h, apresentando adequada trabalhabilidade; (b) 24h, apresentando comportamento rígido e sem nenhuma trabalhabilidade.



(a) 0h (b) 24h

Fonte: autores (2026).

As formulações contendo cinza necessitavam ajuste de água no tempo de 24 h, com o intuito de adequá-las no índice de consistência esperado em argamassas de revestimento na NBR 16541 (ABNT, 2016) [24]. Destaca-se que a argamassa CCAR10 apresentou estado similar ao inicial, sendo adicionado pequeno acréscimo de água somente para atendimento deste critério. Em contrapartida, a CCAR20 apresentou aspecto seco, necessitando de maior consumo de água, cerca de 48% do volume inicial de água. Esse comportamento afetou de modo mais intenso a argamassa com 30% de substituição, apresentando rígido, sem coesão nenhuma, motivo pelo qual não foi possível realizar os ensaios no tempo de 24h, nem moldar as placas (Figura 1).

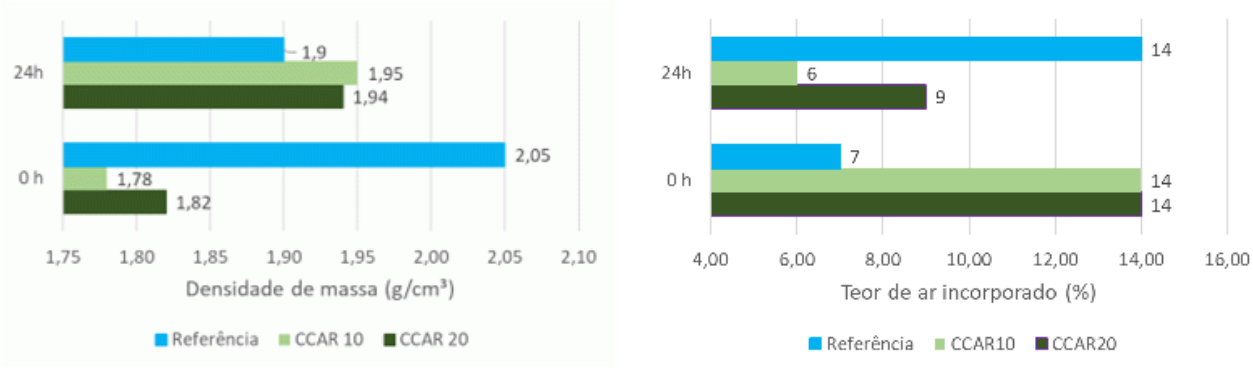
Esse enrijecimento prematuro e a consequente perda de coesão, evidenciados de forma intensa na formulação CCAR30, podem estar diretamente associados à maior incorporação de finos, fator que amplia a área superficial específica da composição da mistura e aumenta a demanda por água. Além disso, o aumento da área superficial eleva a quantidade de superfícies disponíveis para adsorção do aditivo estabilizador de hidratação (AEH). Conforme descrito por Santos et al. [25], o AEH atua por meio da adsorção sobre os grãos cimentícios, bloqueando temporariamente os sítios ativos de dissolução e retardando a hidratação. Tal fenômeno pode justificar o observado, onde o aumento da superfície específica da mistura reduziu a eficiência do AEH, promovendo um enrijecimento prematuro semelhante à falsa pega e justificando a necessidade de maiores acréscimos de água para restabelecer a consistência após 24 h, principalmente em teores mais elevados de substituição.

Como visualizado na Figura 2b, as argamassas com 10% e 20% de substituição apresentaram, em 0h, maiores teores de ar incorporado em relação à referência. Esse comportamento pode ser atribuído à interação entre a granulometria fina da cinza, o aditivo incorporador de ar (AIA) e o processo de mistura, favorecida pela estrutura porosa e rugosa característica da CCAR [26]. Por outro lado, a composição CCAR30

apresentou um aspecto mais coeso, que pode ter reduzido a eficiência do AIA e, consequentemente, o teor de ar incorporado. No tempo de 24 horas, os traços CCAR10 e CCAR20 registraram tendência de redução no teor de ar incorporado, enquanto a argamassa de referência apresentou aumento.

A incorporação de ar promovida pelo AIA apresenta comportamento não linear, existindo um ponto máximo de incorporação para cada composição. Esse comportamento reforça que as formulações com 10% e 20% de CCAR atingiram um maior teor inicial de ar incorporado, porém com menor estabilidade, resultando no colapso parcial das bolhas ao longo do período de estabilização [27]. Em contrapartida, na argamassa de referência, o sistema de ar mostrou-se mais estável, de modo que o processo de remistura após 24 horas favoreceu o aumento do teor de ar incorporado.

Figura 2: resultados encontrados de densidade de massa e teor de ar incorporado.



(a) (b)

Fonte: autores (2026)

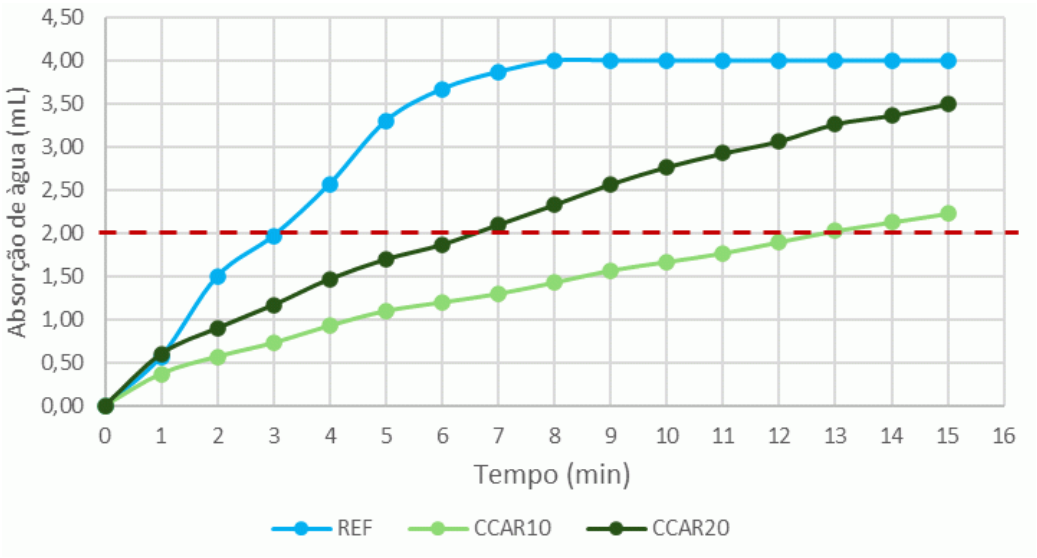
Assim, esse comportamento refletiu na evolução da densidade das argamassas ao longo do período de estabilização. Dentre os fatores que podem ter contribuído para o aumento da densidade nas argamassas formuladas com CCAR está a elevada capacidade de absorção desse resíduo, que promove a migração da água livre da mistura para o interior de suas partículas, comprometendo o sistema de ar incorporado e favorecendo o aumento da densidade. Dessa forma, embora inicialmente essas AHC apresentassem menor densidade, observou-se uma densificação ao longo de 24 h, resultando em valores semelhantes aos da argamassa de referência.

PERMEABILIDADE PELO MÉTODO DO CACHIMBO

A composição REF demonstrou maior taxa de absorção e menor tempo para absorção total do cachimbo – é esperado no ensaio a absorção total menor do que 2 mL ao decorrer dos 15 minutos, baseado em estudo de Mello [28] – e a CCAR10 teve menor absorção no decorrer dos 15 minutos, assim como menor taxa de absorção dentre os grupos, Figura 3. Essa melhoria indica um refinamento da estrutura de poros, fator que pode ser atribuído à densificação da matriz cimentícia proporcionada pelo efeito físico

de preenchimento de vazios das partículas finas da cinza e que corrobora com a pesquisa de Cordeiro et al. [26].

Figura 3: permeabilidade de água nas placas formuladas.



Fonte: autores (2026).

A análise estatística aos 5 minutos indicou diferença significativa entre a argamassa de referência (REF) e a CCAR10, assim como ocorreu diferença entre a REF e a CCAR20; entretanto, entre os dois teores de substituição não apresentaram distinção neste momento. Esse resultado indica que ambos os teores apresentaram melhora representativa em relação à argamassa controle no estágio inicial do ensaio de permeabilidade.

Para os tempos de 10 e 15 minutos, a argamassa de referência não foi incluída na análise estatística, uma vez que todas as amostras já haviam atingido o volume máximo de absorção do ensaio. Observa-se, graficamente, um afastamento progressivo entre as argamassas com o passar do tempo, fator associado às diferenças na taxa de absorção. Estatisticamente, em 10 minutos não houve diferença, mas no tempo de 15 minutos ocorreu, o que sugere comportamento inicialmente semelhante, mas com distinção crescente ao longo do ensaio, corroborando com a tendência apresentada na Figura 3, e com os valores da Tabela 5.

Tabela 5: Análise estatística do ensaio de permeabilidade.

Tempo (min)	Teste	Estatística	p-valor	Diferença observada
5	ANOVA	F = 33,26	<0,001	Diferença global entre os grupos
	TUKEY (REF × CCAR10)	-	<0,001	Diferença significativa
	TUKEY (REF × CCAR20)	-	0,003	Diferença significativa
	TUKEY (CCAR10 × CCAR20)	-	0,16	Não significativa
10	ANOVA	F = 7,03	0,057	Não significativa
15	ANOVA	F = 13,62	0,021	Diferença significativa

Fonte: autores (2026).

Tais resultados são reforçados com a pesquisa de Almeida, Paes e Cordeiro [26], que citam que a CCAR em argamassas promove melhoramento da microestrutura até o teor ótimo de substituição pelo agregado natural, onde se encontra o melhor empacotamento granular, e o incremento de substituição acima desse parâmetro gera a tendência de perda dessas propriedades.

CONCLUSÃO

Diante dos achados dessa pesquisa, observou-se que a cinza do caroço de açaí residual (CCAR) é um substituto parcial à areia funcional para argamassas de hidratação controlada (AHC), capaz de gerar um aumento do teor de ar incorporado inicial, melhorias na plasticidade inicial e redução do fator a/c devido ao ótimo empacotamento granulométrico. A CCAR10 apresentou as melhores características no estado fresco e resultou nos menores índices de absorção de água, evidenciando melhora representativa na permeabilidade em relação à argamassa de referência.

Em contrapartida, os teores mais elevados necessitam de atenção ao emprego, e ajustes na dosagem. A composição CCAR30 apresentou resultados insatisfatórios às 24 h, impossibilitando a empregabilidade do material, enquanto a CCAR20 embora ainda plástica, necessitou de ajustes maiores de água para sua utilização. Na permeabilidade, a CCAR20 apresentou resultado similar a CCAR10 aos minutos iniciais de ensaio e ao final diferença significativa. Assim, conclui-se que a incorporação da CCAR é uma alternativa sustentável ao agregado natural em AHC, quando em teores próximos a faixa de 10%, ponto em que fora observada melhoria no estado fresco e de permeabilidade neste estudo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Engenharia Civil e ao grupo de pesquisa GPMAC pela cooperação na confecção das argamassas e na realização dos ensaios de caracterização delas. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, todos os autores utilizaram ferramentas de inteligência artificial para verificação textual da língua. Após a utilização dessas ferramentas, os autores revisaram, editaram e validaram todo o conteúdo produzido, assumindo total responsabilidade pelo conteúdo final do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] CASALI, J. M.; MEES, S.; OLIVEIRA, A. L. de; BETIOLI, A. M.; CALÇADA, L. M. Propriedades mecânicas das argamassas estabilizadas: evolução com a idade e o grau de hidratação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 263–283, jul./set. 2020.

[2] FROTA, J. R. **Análise comparativa entre argamassa estabilizada e argamassa convencional preparada em obra para revestimento**. Ariquemes, RO: Faculdade de Educação e Meio Ambiente (FAEMA), 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil).

[3] JANTSCH, A. C. A.; MOHAMAD, G.; SCHMIDT, R. P. B.; ANTONIAZZI, J. P.; LÜBECK, A. Avaliação do comportamento de revestimentos em argamassas estabilizadas submetidas a tratamento superficial com aditivos cristalizantes. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 81–99, jan./mar. 2021.

[4] FAPESPA. **Estudo da Fapespa revela que Pará detém 93,8% do valor da produção nacional de açaí**. Belém, 17 mar. 2026. Disponível em: https://www.fapespa.pa.gov.br/2026/03/17/estudo-da-fapespa-revela-que-para-detem-938-do-valor-da-producao-nacional-de-acai/.

[5] SANTOS, M. M.; PASOLINI, F. S.; COSTA, A. P. O. Caracterização físico-química do caroço e da fibra do açaí (Euterpe oleracea Mart.) via métodos clássicos e instrumentais. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, v. 9, n. 2, p. 144–160, 2023.

[6] LIMA, M. C. **Uso do caroço do açaizeiro como alternativa do substrato para a produção massal de Trichoderma spp**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia).

[7] TAHARE, F. e S. **Caroço de açaí: uma alternativa bioenergética**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília. Brasília. 66p. 2021.

[8] CARNEIRO, J. da S.; CAVALCANTE, B. da S.; SILVA, M.D. de B.; SILVA, R. de S. Estudo de viabilidade do aproveitamento energético da queima de caroços de açaí produzidos no município de Castanhal-Pará. **Amazônia em Foco**, Castanhal, v. 2, n.2, p. 47-63, jan./jun., 2013.

[9] QUEIROZ, L. S., de SOUZA, L. K. C., THOMAZ, K. T. C., LEITE LIMA, E. T., da ROCHA Filho, G. N., do Nascimento, L. A. S., … da Costa, C. E. F. (2020). Activated carbon obtained from amazonian biomass tailings (acai seed): Modification, characterization, and use for removal of metal ions from water. **Journal of Environmental Management**, 2020.

[10] CORDEIRO, L. de CORDEIRO, T.R.; PAULA, C. C. de A.; de SOUZA, D. R.; AMORIM, M.S. **Aproveitamento do caroço do açaí como fonte de energia térmica para as olarias do município de Bragança Pará**. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Anais. Campo Grande. Mato Grosso do Sul. 2017.

[11] ALMEIDA, B. L. de; PAES, I. N. L.; CORDEIRO, L. De N. P. Performance of Coating Mortars with Partial Replacement of Natural Aggregate by Açai Seed Residual Ash from the Amazon Region. **ACS Omega**, [s. l.], v. 11, 2026.

[12] BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. ABNT NBR 16972**: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021.

[14] _____. **NBR 16916**: Agregado miúdo reciclado de resíduos da construção civil para uso em argamassas e concretos sem função estrutural — Requisitos. Rio de Janeiro, 2021.

[15] _____. **NBR 17054**: Agregados — Determinação da composição granulométrica — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

[16] _____.**NBR 6467**: Agregados — Determinação do inchamento de agregado miúdo — Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

[17] _____. **ABNT NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

[18] _____**. ABNT NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

[19] RILEM. II.4 **– Water absorption under low pressure (pipe method)**. In: RILEM RECOMMENDATIONS FOR THE TESTING AND USE OF CONSTRUCTION MATERIALS. London: E & FN Spon, 1987.

[20] LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL (LNEC)**. NIT 140: Revestimentos de paredes — Ensaio de absorção de água sob baixa pressão (método do cachimbo)**. Lisboa: LNEC, 1982.

[21] JUNIOR, A. M. O.; BORTOLETTO, M.; BASSAN DE MORAES, J. C.; AKASAKI, J. L.; TASHIMA, M. M.; DA SILVA, M. J.; *et al.* Eucalyptus ash from biomass combustion for energy as a partial replacement for sand in mortars: a sustainable alternative. **Environmental Technology**, v. 46, n. 26, p. 5280–5296, 2025. DOI:https://doi.org/10.1080/09593330.2025.2534198.

[22] ZHAO, Xiaoze; LI, Xiaoli; XIE, Weidong. Prediction of the rheological properties of mortar compounded with desert sand and Pisha sandstone ceramic sand based on density-form coupling. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 14, art. 30382, p. 1-15, 2024.

[23] HE, Xiaobing et al. Mortar's rheological property and workability investigation based on morphology impact factor for graded sand particles. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 325, art. 126987, 2022.

[24] **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

[25] SANTOS, C. Q. **Avaliação da hidratação de pastas e argamassas formuladas com Aditivo Estabilizador de Hidratação**. São Paulo, 2023. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

[26] CORDEIRO, L. de N. P. C.; PAES, I. de N. L.; SOUZA, P. S. L.; AZEVEDO, C. M. Caracterização da cinza de caroço de açaí residual para adição ao concreto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 45-55, jan./mar. 2019. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

[27] ANTONIAZZI, J. P.; MOHAMAD, G.; CASALI, J. M.; SCHMIDT, R. P. B.; TRINDADE, B. Ação dos aditivos Estabilizador de hidratação e incorporador de ar em pastas de cimento Portland. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 249-262, jul./set. 2020. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

[28] MELLO, Talles Teylor dos Santos**. Verificação da permeabilidade em revestimentos argamassados pelo método do cachimbo em obras no município de Campo Grande/MS**. In: CONGRESSO INTEGRADO UNIGRAN CAPITAL (CONIGRAN), 2020, Campo Grande. Anais *[...]*. Campo Grande: UNIGRAN Capital, 2020. Disponível em: https://www.even3.com.br/anais/conigran2020/268251-VERIFICACAO-DA-PERMEABILIDADE-EM-REVESTIMENTOS-ARGAMASSADOS-PELO-METODO-DO-CACHIMBO-EM-OBRAS-NO-MUNICIPIO-DE-CAMP.