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.v21i1.8810

Análise da resistência mecânica em argamassas com lama residual de concreto seca como substituto parcial do Cimento Portland

Analysis of Mechanical Strength in Mortars Containing Dry Residual Concrete Slurry as a Partial Replacement for Portland Cement

Carla Stefhany de Oliveira
Universidade do Contestado | Mafra | Brasil |carlastefhany3@gmail.com
Vinícius Ruthes Schmidt
Universidade do Contestado | Mafra | Brasil | engcivil.viniciusruthes@gmail.com
Luana Cechin
Universidade do Contestado | Mafra | Brasil | luhcechin@gmail.com

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade do uso da lama residual de concreto seca como substituto parcial do cimento Portland em argamassas, analisando suas propriedades mecânicas e físicas. Foram produzidas misturas com teores de substituição de 0%, 2%, 4%, 6%, 8% e 10%, mantendo-se constante a relação água/cimento e o teor de aditivo. Ensaios de consistência, resistência à tração na flexão, compressão, absorção de água por capilaridade e aderência à tração foram realizados aos 28 dias. Os resultados indicaram redução da trabalhabilidade com o aumento do teor de resíduo, devido à maior presença de finos. Em contrapartida, observou-se incremento significativo na resistência mecânica, destacando-se o traço com 10% de substituição, que apresentou aumento de 43,48% na resistência à compressão e melhoria na aderência. Também houve redução na absorção de água, evidenciando menor porosidade. Conclui-se que a utilização da lama residual de concreto seca é tecnicamente viável e contribui para a sustentabilidade na construção civil.

Palavras-chave: Lama residual de concreto seca. Argamassa. Resistência mecânica. Sustentabilidade. Reciclagem.

Abstract

This study aimed to evaluate the feasibility of using dry residual concrete slurry as a partial replacement for Portland cement in mortars by analyzing its mechanical and physical properties. Mixtures were produced with replacement levels of 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, and 10%, while maintaining a constant water-to-cement ratio and admixture content. Consistency, flexural tensile strength, compressive strength, water absorption by capillarity, and tensile bond strength tests were performed at 28 days. The results indicated a reduction in workability with increasing residue content due to the higher proportion of fine particles. Conversely, a significant improvement in mechanical strength was observed, particularly for the mixture containing 10% replacement, which exhibited a 43.48% increase in compressive strength and enhanced bond strength. A reduction in water absorption was also observed, indicating lower porosity. It can be concluded that the use of dry residual concrete slurry is technically feasible and contributes to sustainability in the construction industry.

Keywords: Dry Residual Concrete Slurry. Mortar. Mechanical strength. Sustainability. Recycling.

Como citar:
OLIVEIRA, C. S. et al. Análise da resistência mecânica em argamassas com lama residual de concreto seca como substituto parcial do Cimento Portland. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

INTRODUÇÃO

Nas centrais dosadoras de concreto são gerados diferentes tipos de resíduos, sendo predominante o concreto em estado fresco, resultante, em grande parte, do volume devolvido pelos clientes em função do excedente produzido em relação à demanda da obra. Além disso, há a geração de resíduos provenientes dos tanques de decantação, cujo principal componente é a água utilizada na lavagem dos caminhões betoneira e demais equipamentos. Nesses tanques ocorre, ainda, a deposição da lama residual de concreto, que se separa da água e requer destinação ambientalmente adequada (1).

A lama residual de concreto beneficiada, obtida a partir da secagem e moagem do material proveniente dos processos de lavagem e tratamento de efluentes em usinas dosadoras de concreto, apresenta propriedades físicas e químicas que variam conforme a composição dos materiais utilizados no concreto original. Fisicamente, caracteriza-se por baixa densidade (entre 1,33 e 2,6 g/cm^3), elevada absorção de água (de 13% a 38%) e amplo intervalo de módulo de finura (de 1,58 a 5,3), evidenciando variabilidade granulométrica. Do ponto de vista químico, é constituída predominantemente por resíduos de pasta de cimento e agregados finos, destacando-se os teores de sílica (SiO_2), entre 19,57% e 53,54%, e de óxido de cálcio (CaO), entre 25,37% e 35,54% (2). Essas características indicam potencial para utilização do material como substituto parcial do cimento Portland, especialmente devido ao efeito filler proporcionado pelas partículas finas, que podem contribuir para o preenchimento de vazios e para o refinamento da microestrutura da matriz cimentícia.

De acordo com a Resolução n° 307 (3), a lama residual de concreto no seu estado endurecido é um material não perigoso e não inerte, portanto pertence a Classe II-A. Este resíduo, possui alto teor de água e os finos resultantes são constituídos de cimento endurecido, agregado miúdo e uma pequena parcela de agregado graúdo (4).

O uso de resíduos finos provenientes de plantas de tratamento de concreto na produção de argamassa apresenta diversas vantagens, destacando-se a sustentabilidade ambiental pela reutilização de materiais que reduz o descarte em aterros, a compatibilidade com materiais cimentícios tradicionais e o potencial de melhoria de propriedades físicas e mecânicas devido ao preenchimento de vazios promovido pelas partículas finas. Além disso, sua utilização pode contribuir para a redução do consumo de matérias-primas convencionais e para o desenvolvimento de materiais mais sustentáveis para a construção civil (5).

Nesse contexto, a viabilidade técnica da produção de argamassas e concretos a partir da reciclagem de resíduos gerados em sua própria fabricação pode representar, para a construção civil, uma estratégia eficaz de mitigação dos impactos ambientais causados pelo setor (6). Com este intuito, vêm sendo desenvolvidos estudos quanto à utilização dos resíduos de construção civil incorporados em argamassas (7).

Carvalho, Bonfim e Paula (1) avaliaram a influência da incorporação da lama residual de concreto no desempenho mecânico de argamassas de revestimento. Foram produzidos traços com substituição da cal hidratada pela lama com teores de substituição de 25, 50, 75 e 100%, além de um traço de referência sem adição do

resíduo. Os resultados obtidos a partir deste estudo mostraram que no estado fresco, a substituição pelo resíduo apresenta um efeito negativo com relação a trabalhabilidade na mistura, destacando-se os teores superiores a 75%. Já no estado endurecido, as propriedades mecânicas das argamassas produzidas apresentaram-se viáveis para teores de substituição de até 50%, apresentando resultados equivalentes ao traço de referência.

Pereira, *et al* (8) desenvolveram um estudo de dosagem para a produção de tijolos de concreto, utilizando a lama residual de concreto como substituto do cimento e o resíduo de borracha de pneu triturado como substituto do agregado miúdo. O traço com as melhores características mecânicas e físicas foi produzido com 4% de borracha e 15% de lama residual de concreto, substituindo parcialmente o agregado miúdo e o cimento, respectivamente.

Cerqueira, Farias e Leite (6) analisaram as propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com 20 e 40% de substituição do agregado miúdo por lama residual de concreto. Os resultados obtidos permitiram observar que os traços executados com substituição de 20% atribuíram ao elemento um aumento de resistência de 28% e reduziu o número de vazios em até 62%. Para as misturas com teor de substituição de 40% os resultados obtidos foram paralelos aos parâmetros obtidos no traço de referência, sem substituição do agregado.

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo analisar as propriedades mecânicas de resistência à compressão, absorção de água, trabalhabilidade e teste de arrancamento em argamassas produzidas com adição de lama residual de concreto beneficiada (seca e moída), denominada LRCS, utilizada como substituição parcial do cimento.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

Os aglomerantes utilizados compreenderam o Cimento Portland CP II F-32 e a lama residual de concreto seca (LRCS). Para assegurar a trabalhabilidade adequada das argamassas, foi utilizado aditivo plastificante incorporador de ar.

A LRCS utilizada neste estudo foi coletada em tanques de decantação de uma central dosadora de concreto localizada no município de Mafra – SC. Após a coleta, o material foi seco em estufa a 105°C por 24 horas e, em seguida, submetido ao processo de moagem com o auxílio de almofariz e mão de gral recoberta,

Após a moagem, a LRCS passou pelo ensaio de granulometria do aglomerante (9). O material passante pela peneira 75 µm foi utilizado para os traços por apresentar granulometria semelhante à do Cimento Portland

O agregado miúdo foi submetido ao ensaio de granulometria (10). O agregado miúdo natural (AMN) utilizado correspondeu à areia natural, apresentando dimensão máxima característica de 4,75 mm e módulo de finura de 2,39, enquadrando-se na zona ótima e sendo, portanto, classificada como areia média.

MÉTODOS

O traço de referência (TR) adotado foi 1:3 (cimento:areia) conforme apresentado na NBR 7215 (11), sendo a relação água/cimento (a/c) determinada por meio do ensaio de índice de consistência (12). A consistência de referência foi fixada em 260 mm ± 5 mm (13), resultando em uma relação a/c de 0,50 e na utilização de 0,5% de aditivo plastificante, em relação à massa de cimento.

Dessa forma, a relação a/c foi mantida constante, enquanto as substituições parciais do cimento por LRCS foram realizadas de acordo com os traços experimentais apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Proporção dos materiais utilizados

Traço	Areia	Aditivo	a/c	Cimento (%)	L.R.C.S. (%)
TR	3,00	0,5%	0,5	100	0,0
T2%				98	2,0
T4%				96	4,0
T6%				94	6,0
T8%				92	8,0
T10%				90	1,00

Onde: a/c: relação água/cimento;
L.R.C.S.: Lama residual de concreto seca
Traço em massa.

Fonte: autores.

A modelagem dos corpos de prova foi realizada em conformidade com a NBR 13279 (14). Para cada traço e idade de ensaio, foram moldados seis corpos de prova prismáticos com dimensões de 4 cm × 4 cm × 16 cm. No estado endurecido, aos 28 dias de idade, foram executados ensaios de resistência mecânica, abrangendo a resistência à tração na flexão e compressão simples (14).

Aos 28 dias foi realizado o ensaio de absorção de água por capilaridade (15). Foram utilizados três corpos de prova de cada traço para a determinação da absorção de água por capilaridade e o coeficiente de capilaridade. Para avaliar a influência do teor de substituição nas propriedades analisadas, foram realizadas regressões polinomiais de segunda ordem. A qualidade do ajuste foi avaliada por meio do coeficiente de determinação (R^2), sendo apresentadas as equações apenas para os casos com correlação representativa dos dados experimentais.

Após a realização dos ensaios das argamassas e análise dos resultados, foi executado o ensaio de resistência de aderência à tração (16), aos 28 dias de idade. Para isso, foi construída em laboratório uma parede de alvenaria com dimensões de 1,00 × 1,00 m, utilizando tijolos cerâmicos de 9 × 14 × 24 cm. Ambas as faces da parede receberam chapisco no traço 1:3. Em uma face foi aplicado o reboco com o traço de referência (TR) e, na outra, o reboco contendo 10% de substituição por resíduo (T10%), escolhido por apresentar o melhor desempenho nos ensaios anteriores. Os painéis foram previamente taliscados para garantir espessura de revestimento de 1,5 cm, sendo o reboco aplicado manualmente, sarrafeado e desempenado para obtenção de superfície lisa. Após a cura de 28 dias, foram realizados, em cada face, 12 cortes com serra-copo diamantada e diâmetro de 50 mm, utilizando refrigeração a água.

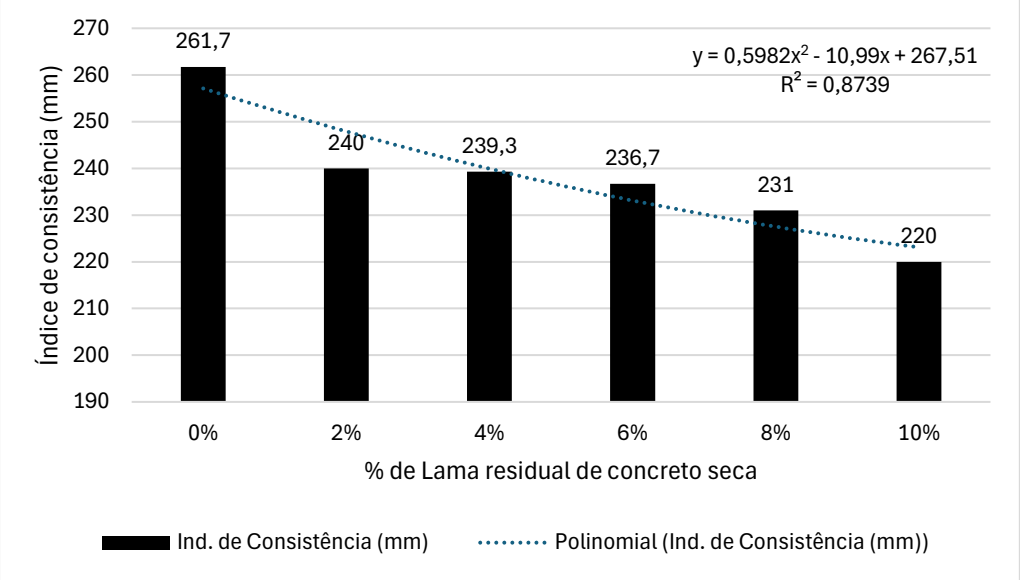
Decorridas 24 horas dos cortes, procedeu-se ao ensaio de arrancamento para determinação da resistência de aderência à tração dos revestimentos.

RESULTADOS

ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

O aumento do teor de LRCS reduziu o índice de consistência de 261,7 mm (TR) para 220 mm (T10%), indicando menor trabalhabilidade em decorrência da maior incorporação de finos. A inclusão de materiais finos na formulação de pastas de cimento resulta na redução do espalhamento, assim como na diminuição do teor de ar incorporado (17). No presente estudo, entretanto, o teor de ar incorporado não foi determinado experimentalmente.

Figura 1: Índice de consistência das argamassas (mm)



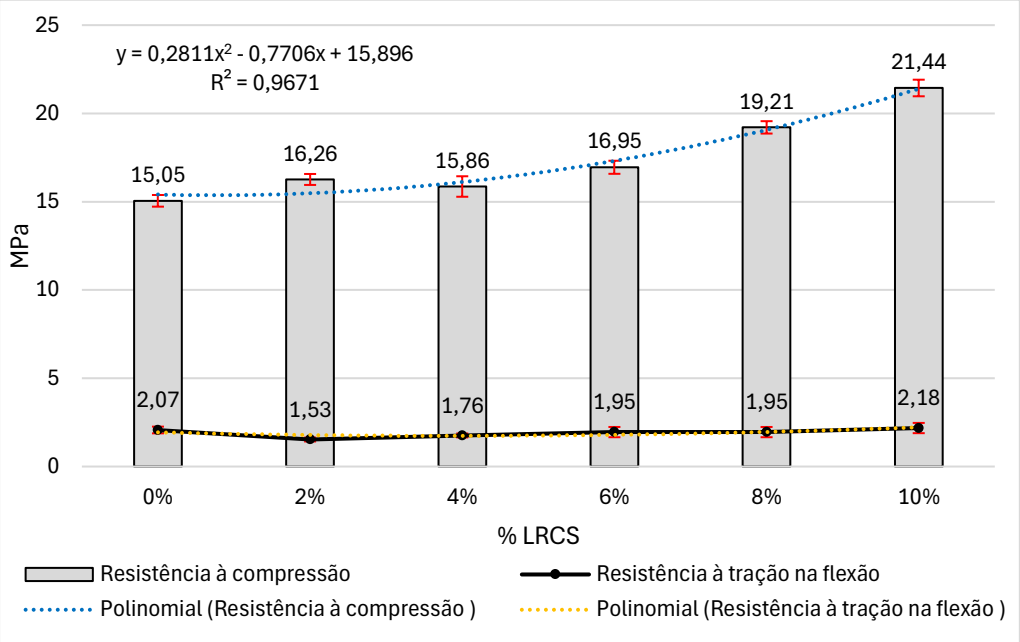
Fonte: autores.

Observa-se que o ajuste polinomial apresentou boa correlação com os dados experimentais ($R^2 = 0,8739$).

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO E À COMPRESSÃO SIMPLES

A incorporação de LRCS promoveu aumento da resistência à compressão, atingindo 21,44 MPa no teor de 10% ($R^2 = 0,9664$). A resistência à tração na flexão apresentou redução inicial seguida de recuperação, também alcançando seu maior valor no T10%. Esse comportamento pode ser atribuído ao efeito filler das partículas finas, que reduzem a porosidade da matriz cimentícia.

Figura 2: Resistência à tração na flexão e resistência à compressão das argamassas (MPa)



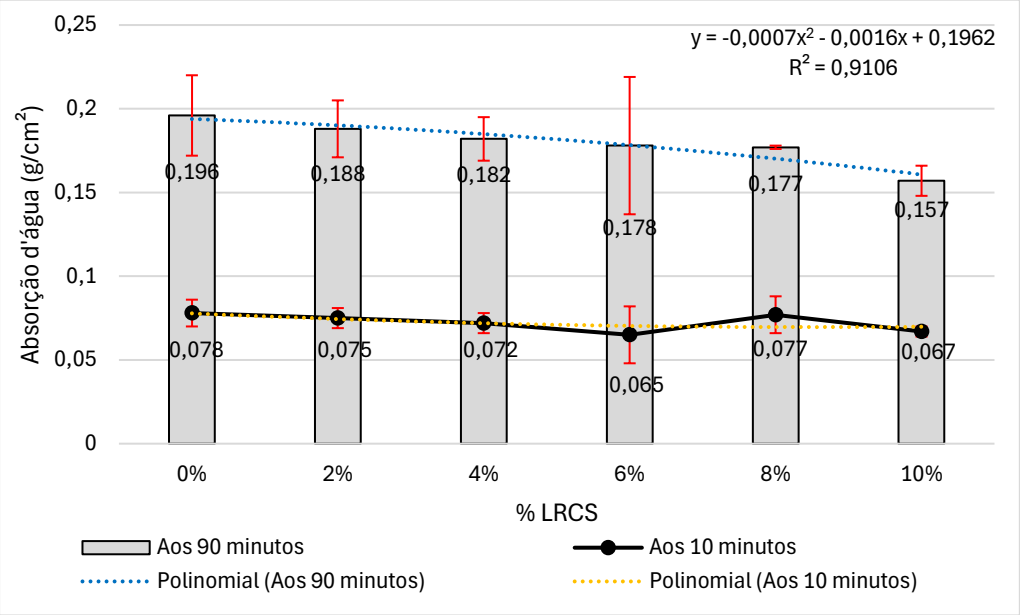
Fonte: autores.

De acordo com a NBR 13281 (18), os valores de resistência à tração na flexão, para as argamassas executadas se enquadram na classificação R3 com intervalo de resistência de 1,5 a 3,0 MPa.

ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

A absorção de água (Figura 3) diminuiu com o aumento do teor de LRCS, atingindo o menor valor na substituição de 10%. Os resultados apresentaram baixa variabilidade, e, apesar da maior dispersão no teor de 6% aos 90 minutos, a tendência de redução foi mantida (R^2 = 0,9106). Em relação ao concreto de referência, o concreto com 10% de substituição apresentou redução de 23,73% no coeficiente de absorção de água (Figura 4).

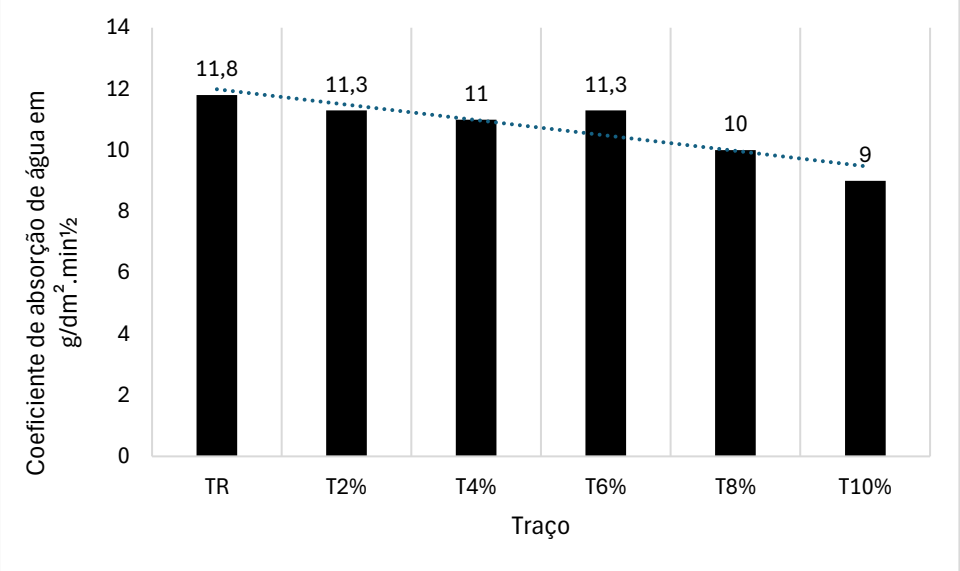
Figura 3: Absorção de água por capilaridade nas argamassas



Fonte: autores.

A absorção de água e o coeficiente de capilaridade diminuíram com o aumento do teor de LRCS, sendo os menores valores observados no traço T10%. Esse comportamento pode ser atribuído ao efeito filler promovido pelas partículas finas, que reduzem a porosidade e tornam a matriz cimentícia mais densa (19).

Figura 4: Coeficiente de absorção de água das argamassas



Fonte: autores.

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DA ARGAMASSA

De acordo com a NBR 13528-2 (16), o ensaio de resistência de aderência à tração em sistemas de revestimento com camada de chapisco pode apresentar formas distintas de ruptura: ruptura no substrato, ruptura na interface substrato/chapisco, ruptura no chapisco, ruptura na interface chapisco/argamassa, ruptura na argamassa, ruptura na interface argamassa/cola e ruptura na interface cola/pastilha.

Foram observadas rupturas nas interfaces substrato/chapisco, chapisco/argamassa e cola/pastilha. Conforme a NBR 13528-2 (16), os resultados associados à ruptura na interface cola/pastilha foram desconsiderados.

O traço com 10% de substituição por LRCS apresentou resistência de aderência à tração de 0,52 MPa, 8,33% superior ao traço de referência (0,48 MPa). Ambos os traços atenderam aos requisitos da NBR 13528-1 (18), que estabelece resistência mínima de 0,20 MPa para revestimentos internos e 0,30 MPa para revestimentos externos. O aumento da resistência é atribuído ao elevado teor de finos da LRCS, que reduz a porosidade e melhora a aderência da argamassa.

Conforme a ABNT NBR 13281-1 (18), as argamassas de revestimento são classificadas de acordo com propriedades no estado fresco e endurecido, incluindo resistência de aderência à tração, resistência à compressão, absorção de água por capilaridade, densidade de massa aparente, retenção de água, teor de ar incorporado, entre outras. No presente estudo, foi possível realizar os ensaios de resistência de aderência à tração e de resistência à tração na flexão. Os demais ensaios previstos para a classificação completa da argamassa não foram realizados em razão das limitações experimentais.

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que a incorporação da LRCS como substituição parcial do cimento Portland é uma alternativa tecnicamente viável e ambientalmente promissora. O aumento do teor de LRCS reduziu a trabalhabilidade das argamassas devido à maior presença de partículas finas, mas promoveu melhorias nas propriedades mecânicas e redução da absorção de água por capilaridade, indicando uma matriz cimentícia mais densa e menos porosa.

O teor de substituição de 10% apresentou o melhor desempenho global, com maiores resistências à compressão, à tração na flexão e à aderência, além dos menores índices de absorção de água, evidenciando o efeito filler proporcionado pelo resíduo.

Dessa forma, o uso da LRCS não apenas melhora o desempenho das argamassas em determinados teores, como também representa uma solução sustentável para o reaproveitamento de resíduos da construção civil, reduzindo impactos ambientais e promovendo a economia circular no setor. Recomenda-se a continuidade de estudos com teores superiores e análise de durabilidade a longo prazo para ampliação da aplicabilidade do material.

Declaração sobre IA generativa no processo de preparação do manuscrito

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram as ferramentas: Consensus, IA do Google Acadêmico e ChatPDF para fundamentação teórica e revisão da literatura, especialmente na busca por artigos científicos e na localização de informações específicas nos textos analisados. Para a coleta e interpretação de dados,

foram utilizados o ChatGPT e o ChatPDF, com a finalidade de buscar dados para compor o banco de dados da pesquisa. Além disso, o ChatGPT foi utilizado ao longo de todo o trabalho para melhoria da linguagem, organização dos parágrafos, aprimoramento da escrita e revisão textual. Após a utilização das ferramentas/serviços, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] BONFIM, W. B.; CARVALHO, I. M.; DE PAULA, H. M. Uso de lama residual de concreto como substituto da cal hidratada para produção de argamassas de revestimento. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 15, n. 2, p. 75–87, 20 set. 2019. DOI: https://doi.org/10.5216/reec.v15i2.59249.

[2] MARTINS DE PAULA, H.; BATISTA BONFIM, W.; BALDIN, V.; RODRIGUES PEREIRA, R. Lama Residual De Usinas De Concreto: Características E Aplicações Na Confecção De Blocos. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 2, 2017. DOI: https://doi.org/10.5216/reec.v13i2.45077

[3] BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Dispõe sobre a gestão de resíduos da construção civil e define diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão desses resíduos. Diário Oficial da União:**Brasília, 17 jul. 2002.

[4] LIMA ARAÚJO, D.; PIRES FELIX, L.; COSTA SILVA, L.; MARTINS SANTOS, T. Influência de agregados reciclados de resíduos de construção em propriedades mecânicas do concreto. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 11, n. 1, 8 fev. 2016. DOI: https://doi.org/10.5216/reec.v11i1.35467

[5] HERNANDEZ-GARCÍA, J. R.; ARANDA-JIMÉNEZ, Y.; SÁNCHEZ-MEDRANO, M. T.; LOZANO-NAVARRO, J. Analysis and Reuse of the Fine Waste of a Residual Solid Treatment Plant of a Concrete Company to Prepare a Mortar with Hydraulic Cement. **Civil Engineering and Architecture**, v. 9, n. 6, p. 1938–1954, out. 2021. DOI: https://doi.org/10.13189/cea.2021.090624

[6] FARIAS, U. M. DA S. M.; LEITE, M. B.; DE CERQUEIRA, L. B. Uso de lama residual de concreto como agregado miúdo para produção de novos concretos. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 70612–70629, 22 nov. 2022. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv8n11-003g.

[7] SCHILLER, A. P. S.; PALIGA, C. M.; TORRES, A. DA S. Estudo da potencialidade da substituição parcial do cimento por resíduos da construção civil em argamassa de revestimento. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e31410817342, 13 jul. 2021. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17342.

[8] PEREIRA, R. R.; PAULA, H. M.; BONFIM, W. B.; SILVA, I. de A.; PINTO, H. S. D. Reciclagem de borracha de pneu e resíduo de concreteira na produção de tijolos de concreto: dosagem e otimização. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 26, n. 3, 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/s1517-707620210003.13027.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT). **NBR 11579: Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200),** Rio de Janeiro. Disponível em <https://www.normas.com.br/produto/normas-brasileiras-e-mercosul/pesquisar/11579>.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). **NBR 17054: Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.normas.com.br/autorizar/visualizacao-nbr/13425/identificar/visitante>. Acesso em: 4 fev. 2026.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7215: Cimento Portland — Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.normas.com.br/produto/normas-brasileiras-e-mercosul/pesquisar/nbr-7215>. Acesso em: 30 abr. 2026.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.normas.com.br/produto/normas-brasileiras-e-mercosul/pesquisar/13276>. Acesso em: 20 set. 2025.

[13] 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. Disponível em: <https://www.normas.com.br/produto/normas-brasileiras-e-mercosul/pesquisar/16541>. Acesso em: 20 set. 2025.

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.normas.com.br/produto/normas-brasileiras-e-mercosul/pesquisar/13279>. Acesso em: 20 set. 2025.

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). **NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.normas.com.br/produto/normas-brasileiras-e-mercosul/pesquisar/nbr-15259>. Acesso em: 30 abr. 2026.

[16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13528-2: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas — Determinação da resistência de aderência à tração. Parte 2: Aderência ao substrato**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.normas.com.br/produto/normas-brasileiras-e-mercosul/pesquisar/nbr-13528-2>. Acesso em: 30 abr. 2025.

[17] RIBEIRO, A. V. S.; DA SILVA, J. M.; GLEIZE, P. J. P. Análise da dispersão de nanotubos de carbono de paredes múltiplas com diferentes aditivos dispersantes. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 27, n. 3, 2022. DOI: https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0063

[18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13281-1: Argamassas inorgânicas — Requisitos e métodos de ensaios. Parte 1: Argamassas para revestimento de paredes e tetos**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.normas.com.br/produto/normas-brasileiras-e-mercosul/pesquisar/nbr-13281-1>. Acesso em: 30 abr. 2026.

[19] CASTAÑO-CARDOZA, T.; LINSEL, S.; ALUJAS-DIAZ, A.; OROZCO-MORALES, R.; MARTIRENA-HERNÁNDEZ, J. F. Influence of very fine fraction of mixed recycled aggregates on the mechanical properties and durability of mortars and concretes. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**, n. 81, p. 81–92, dez. 2016. DOI: 10.17533/udea.redin.n81a08