

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ESTRUTURAL E VIABILIDADE DA SUBSTITUIÇÃO DE AREIA NATURAL POR AREIA ARTIFICIAL

Paula da Silva Domingues¹
Vitória de Souza Dimas²
Rita de Cássia Teixeira Assis³

ritaassis.univertix@gmail.com

ÁREA DO CONHECIMENTO: Engenharias

RESUMO

Este estudo avalia a viabilidade da substituição da areia natural por areia artificial derivada de resíduos de britagem na produção de concreto estrutural. A justificativa para a pesquisa surge da crescente demanda por areia natural, que acarreta impactos ambientais graves, como degradação de ecossistemas e escassez de recursos. A escassez futura desse recurso essencial para a construção civil e a necessidade de práticas mais sustentáveis destacam a relevância deste trabalho. O objetivo principal é analisar o impacto dessa substituição no desempenho estrutural do concreto, considerando sua viabilidade técnica e econômica. A metodologia inclui uma revisão bibliográfica para contextualizar a problemática e um estudo experimental para análise da resistência à compressão do concreto convencional e com a substituição do agregado miúdo. O estudo fundamenta-se em pesquisas que destacam os impactos ambientais da extração de areia natural e as vantagens potenciais da areia artificial, como a redução da dependência de recursos naturais e a diminuição dos resíduos de pedreiras. Os resultados parciais indicam que a substituição de areia natural por areia artificial é uma alternativa sustentável promissora. As considerações finais enfatizam a importância de avançar com as análises experimentais para confirmar a viabilidade técnica e econômica, contribuindo para práticas mais sustentáveis na construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: desempenho estrutural; areia natural; areia artificial; resíduos de britagem.

1 INTRODUÇÃO

A demanda crescente por materiais de construção, impulsionada pelo contínuo desenvolvimento urbano e industrial, tem gerado preocupações quanto à disponibilidade futura de recursos naturais essenciais, como a areia de quartzo. Como segundo recurso mais utilizado no mundo, atrás apenas da água, a areia desempenha

¹ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Vértix Trirriense - Univértix

² Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Vértix Trirriense - Univértix

³ Doutoranda em Engenharia Civil pela UFJF. Professora da Faculdade Vértix Trirriense – UNIVÉRTIX.

Anais do FAVE – Fórum Acadêmico da Faculdade Vértix Trirriense- Univértix, Três Rios, outubro, 2024.

um papel fundamental na produção de concreto estrutural, por ser um componente essencial (ONU, 2022).

Entretanto, a extração de areia natural de rios e leitos marinhos tem sido associada a impactos ambientais significativos, incluindo a degradação de ecossistemas aquáticos e a perda de habitats naturais. Além disso, a previsão de escassez futura de areia de quartzo tem motivado a busca por alternativas sustentáveis na produção de concreto estrutural (Pereira Junior; Lima, 2018).

Um estudo conduzido pela Universidade de Leiden, na Holanda, revelou que a demanda global por areia poderá aumentar em até 45% até o ano de 2060. Esse aumento significativo na demanda pode resultar em escassez desse recurso natural vital, tendo em vista que é amplamente utilizada como matéria-prima na construção civil. Um exemplo disso é a mineração de areia no Rio das Pérolas (Zhujiang), na China. Essa atividade na região baixou os lençóis freáticos, tornou mais difícil a extração de água potável e acelerou a erosão do leito do rio, danificando pontes e aterros (Pastore, 2022).

O primeiro relatório de balanço global indicou que, para atingir as metas estabelecidas no Acordo de Paris, reduções profundas, rápidas e sustentadas nas emissões de gases de efeito estufa exigirão "triplicar a capacidade de energia renovável globalmente e dobrar a taxa média anual global de melhorias de eficiência energética até 2030". O setor de edificações tem um papel fundamental a desempenhar: a intensidade energética no setor da construção teria de cair 37% em relação aos níveis de 2015 até 2030 (ONU, 2024).

Tendo em vista a possibilidade de escassez futura de areia de quartzo e a necessidade de práticas mais sustentáveis na indústria da construção civil, tem-se a seguinte questão de pesquisa: Como a substituição de areia natural por areia artificial proveniente de resíduos de britagem afeta o desempenho estrutural e a viabilidade técnica e econômica na produção de concreto estrutural?

Nesse sentido, o objetivo geral do presente trabalho é analisar o desempenho estrutural do concreto produzido com areia artificial, avaliar sua viabilidade técnica, e contribuir para práticas mais sustentáveis na indústria da construção civil.

Para isso, tem-se como objetivos específicos: investigar o processo de produção de areia artificial a partir de resíduos de britagem, destacando suas

características e propriedades; analisar a composição e as propriedades da areia natural e da areia artificial, identificando semelhanças e diferenças relevantes para a produção do concreto estrutural; avaliar a viabilidade técnica da substituição de areia natural por areia artificial na produção do concreto estrutural considerando aspectos como resistência e acabamento superficial; discutir os resultados obtidos em relação às possíveis aplicações práticas da substituição de areia natural por areia artificial na indústria da construção civil; propor recomendações para o uso adequado de areia artificial na produção de concreto, visando a otimização do desempenho estrutural e a promoção da sustentabilidade na construção civil.

Contudo, diante desse cenário, torna-se imprescindível avaliar o desempenho estrutural e a viabilidade da substituição de areia natural por areia artificial proveniente de resíduos de britagem. Este estudo visa contribuir para a promoção de práticas mais sustentáveis na indústria da construção civil, por meio da análise detalhada do impacto dessa substituição.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A construção civil é um dos setores que mais impactam o meio ambiente, abrangendo desde a extração de matérias-primas até o descarte de resíduos. Esse impacto, conforme Souza e Pires (2022), inclui a degradação do solo, destruição de habitats naturais e a emissão de gases de efeito estufa, principalmente decorrentes da produção e operação de edificações. A extração de recursos naturais, como madeira, areia, cascalho e pedra, compromete a sustentabilidade ambiental, contribuindo para a erosão e a perda de biodiversidade. Além disso, de acordo com Besen e Silva (2017), o setor da construção é uma das principais fontes de resíduos sólidos, como concreto e madeira, que não apenas ocupam aterros sanitários, mas também contaminam o solo e a água. Para enfrentar esses desafios, a pressão por práticas mais sustentáveis tem levado o setor da construção civil a adotar tecnologias e métodos que minimizem seus impactos ambientais, promovendo a eficiência energética e a redução de desperdícios, como ressaltado por Conceição e Santos (2021).

O problema da escassez de recursos naturais, como a areia, está diretamente ligado à crescente demanda por materiais de construção. A exploração excessiva de areia natural, principalmente dos leitos dos rios e áreas costeiras, tem causado sérios

danos ambientais, incluindo a destruição de ecossistemas e a poluição dos corpos hídricos, conforme destacado por Singh et al. (2018). Além disso, Ramadon (2019) aponta que a extração ilegal de areia natural no Brasil movimentava entre 7 e 8 bilhões de reais anualmente, intensificando ainda mais o impacto ambiental. Com o aumento da demanda, conforme Quaresma (2009), as projeções indicam que o consumo de areia natural pode alcançar até 1.276 milhões de toneladas até 2030, dependendo do cenário econômico. Esse aumento da demanda, somado à escassez do material, eleva os custos e as distâncias de transporte, resultando em maiores emissões de carbono associadas ao setor, como sugerido por Ferreira e Fonseca Junior (2013).

Com a necessidade urgente de alternativas sustentáveis, surge a produção de areia artificial como uma solução promissora. A areia artificial, derivada dos resíduos de britagem de rochas, apresenta uma alternativa viável à areia natural, permitindo a reutilização de materiais que de outra forma seriam descartados. Segundo Drago et al. (2009), o processo de produção de areia artificial envolve a transformação de partículas finas resultantes da britagem de pedras em material adequado para uso na construção civil. Essa prática oferece várias vantagens, como a redução da dependência de recursos naturais esgotáveis e a diminuição dos resíduos de pedreiras. Klein (2008) ressalta que os resíduos provenientes da britagem de rochas, conhecidos como pó de pedra, são frequentemente subutilizados, representando um problema ecológico, e sua reutilização contribui para a economia de recursos.

Além disso, a produção de areia artificial reduz a necessidade de extração de areia natural de rios e praias, protegendo ecossistemas frágeis e diminuindo os impactos ambientais, conforme afirmado por Oliveira et al. (2021). A proximidade da produção de areia artificial em relação aos centros urbanos também ajuda a reduzir os custos de transporte e as emissões de gases de efeito estufa associadas ao transporte da areia natural, segundo Guimarães e Gomes (2020). Dessa forma, a produção de areia artificial não apenas contribui para a preservação dos recursos naturais, mas também promove a sustentabilidade no setor da construção civil, além de agregar valor econômico às empresas que utilizam esses resíduos de forma produtiva, como argumentam Silva e Tavares (2022).

A viabilidade técnica e econômica da substituição da areia natural pela artificial depende de análises rigorosas de suas propriedades e do desempenho em diferentes

aplicações, como em concreto e argamassa. Segundo Rodrigues et al. (2024), essa mudança pode resultar em benefícios significativos, tanto ambientais quanto econômicos, promovendo uma construção civil mais responsável e alinhada com os princípios da sustentabilidade. Além de contribuir para a preservação dos recursos naturais, o uso de areia artificial também auxilia no cumprimento de regulamentações ambientais cada vez mais rigorosas, incentivando práticas construtivas que minimizem os impactos ambientais ao longo de toda a cadeia produtiva.

3 METODOLOGIA

Inicialmente será realizada uma revisão bibliográfica para compilar informações sobre o uso da areia artificial, consultando fontes acadêmicas e documentos técnicos. Em seguida, serão levantadas as normas relacionadas, incluindo a NBR 7211 (2022), NBR 5738 (2015), NBR NM 67 (1998) e NBR 5739 (2007), que orientarão a produção e os ensaios do concreto.

O estudo experimental será realizado no laboratório da Faculdade Vértix Trirriense, onde duas dosagens de concreto serão preparadas com um traço de 1:2:3 (cimento, agregados miúdo e graúdo) e uma relação de água cimento de 0,6. A primeira mistura será com areia natural e a segunda com a substituição do agregado miúdo por areia industrial. Os agregados serão peneirados conforme a norma NBR 7211 (2022), e o concreto será moldado em corpos de prova cilíndricos, sendo três com areia natural e três com areia artificial. Após a moldagem, os corpos de prova serão desmoldados e curados em imersão em água até o momento da ruptura, conforme orientações da ABNT.

Os ensaios que serão realizados incluirão análises tanto do concreto fresco quanto do endurecido. O teste de abatimento será conduzido de acordo com a norma NBR NM 67 (1998) para avaliar a consistência do concreto fresco, enquanto o ensaio de compressão será feito segundo a norma NBR 5739 (2007) para medir a resistência à compressão dos corpos de prova. Os resultados apresentarão a caracterização detalhada dos materiais empregados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo foi realizado utilizando seis corpos de prova divididos em dois grupos, conforme o procedimento estabelecido na NBR 5739:2007, para avaliar a resistência

à compressão do concreto. Foram utilizados dois tipos de areia (areia natural e areia industrial), o que permitirá a comparação entre a performance de ambos os materiais na composição do concreto quanto a resistência à compressão.

Os materiais utilizados para a realização dos ensaios foram selecionados cuidadosamente no laboratório da Faculdade Vértix Trirriense. Sob supervisão do orientador, utilizou-se 3 kg de cimento Portland CP II, 9 kg de agregado graúdo (brita 1), 6 kg de agregado miúdo (areia industrial) e 6 kg de areia natural, atendendo ao traço estabelecido de 1:2:3, com uma relação água-cimento de 0,6. Os materiais foram misturados manualmente, e a consistência do concreto fresco foi avaliada de acordo com a norma NBR NM 67:1998.

Os moldes cilíndricos, com dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, foram preenchidos e compactados conforme as normas técnicas. Após 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e submetidos à cura em água, permanecendo imersos até o momento do ensaio de compressão.

A Figura 1 apresenta o ensaio de abatimento, ou *slump test*, do concreto com a areia industrial, apresentando um resultado de 100mm.

Figura 1: Ensaio do *slump test* com concreto com a areia industrial



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 2 apresenta o resultado do *Slump test* com concreto convencional. O abatimento observado foi 110mm.

Figura 2: Resultado do *slump test* com concreto convencional.



Fonte: autoria própria, 2024

Dessa forma, foi possível analisar que a trabalhabilidade de ambos é parecida, tendo uma variação de apenas 10mm, sendo que com areia industrial houve um pouco mais de consistência se comparado ao convencional.

Como esse trabalho trata-se de uma pesquisa em andamento, os corpos de prova estão em processo de cura. Abaixo, estão apresentados os corpos de prova preenchidos (Figura 3).

Figura 3: Corpos de prova preenchidos.



Fonte: Autoria própria, 2024

Os próximos passos da pesquisa envolvem a realização de ensaios adicionais, incluindo a análise de resistência à compressão após 28 dias de cura, o que permitirá

uma avaliação mais abrangente do desempenho dos diferentes tipos de areia no concreto. A continuidade dos experimentos será fundamental para confirmar a viabilidade técnica e econômica da substituição da areia natural por materiais alternativos como a areia industrial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo visa avaliar a viabilidade da substituição da areia natural por areia artificial na produção de concreto estrutural, com foco na sustentabilidade e eficiência dos materiais. A revisão bibliográfica inicial destacou a crescente escassez de areia natural e os impactos ambientais associados à sua extração, reforçando a necessidade urgente de alternativas sustentáveis. A análise preliminar sugere que a areia artificial, produzida a partir de resíduos de britagem, pode oferecer uma solução viável para mitigar esses impactos, apresentando potencial para reduzir a dependência de recursos naturais e minimizar a geração de resíduos.

Embora os resultados parciais sejam promissores, a conclusão definitiva sobre a viabilidade técnica e econômica da areia artificial ainda depende da realização de testes experimentais adicionais. Esses testes são importantes para avaliar o desempenho estrutural do concreto produzido com areia artificial em comparação com o concreto convencional, bem como para verificar a viabilidade econômica da substituição em larga escala.

O avanço do estudo requer a continuidade das investigações experimentais e a análise detalhada dos dados obtidos. Recomenda-se que futuros pesquisadores explorem diferentes proporções e tipos de areia artificial, bem como avaliem o impacto ambiental e econômico da substituição em contextos variados. A adoção de práticas mais sustentáveis na construção civil é fundamental para atender à demanda crescente por materiais de construção, garantindo a preservação dos recursos naturais e a proteção ambiental.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Requisitos. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739:** Concreto – ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738:** Concreto – procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

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

BESEN, D. W.; DA SILVA, R. L. M. **Tecnologias inovadoras e sustentabilidade na construção civil:** um estudo de caso em Santa Catarina, SC. Engenharia Civil-Pedra Branca, 2017.

CONCEIÇÃO, J. F. da; SANTOS, M. P. dos . Construção Sustentável. **Epitaya E-Books**, 1(6), 2021, 426-458.

DRAGO, C., DE VERNEY, J. C. K., & PEREIRA, F. M. Efeito da utilização de areia de britagem em concretos de cimento Portland. **Rem: Revista Escola de Minas**, 62 (3), 2009, 399-408.

FERREIRA, G. E.; FONSECA JUNIOR, C. A. F. **Mercado de agregados no Brasil.** XXV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa & VIII Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology, Goiânia, GO, 2013.

GUIMARÃES, Cleidson; GOMES, Mário Vinicius Aguiar. Areia de britagem como alternativa à areia natural na confecção de concreto: um panorama sobre o estado da arte. **Labor & Eng.**, v. 14, p. 1-8, e020005, 2020.

KLEIN, N. S. **Influência da substituição da areia natural pela areia de britagem no comportamento do concreto auto-adensável.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento), Universidade Estadual de Londrina. Londrina, PR, 2008.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Emissões globais do setor de construção ainda são altas.** 2024. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/emissoes-globais-do-setor-de-construcao-ainda-sao>. Acesso em: 18 abr. 2024.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Nosso uso da areia está nos colocando contra a parede.** 2022. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/nosso-uso-da-areia-esta-nos-colocando-contra-parede>. Acesso em: 18 abr. 2024.

PASTORE, M. **Demanda global de areia pode aumentar em 45% e levar à escassez do material.** Cimento Itambé. 2024. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/demanda-global-de-areia-pode-aumentar-em-45-e-levar-a-escassez-do-material/>. Acesso em: 01 jun. 2024.

PEREIRA JUNIOR, Antonio; LIMA, Natalia Caroline Alves de. Avaliação qualitativa dos impactos ambientais durante o processo produtivo da mineração de areia no Rio Xingu, Altamira-PA. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 230-259, abr./jun. 2018.

QUARESMA, Luiz Felipe. **Perfil de areia para construção civil**. Relatório Técnico 31. Brasília: Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, agosto de 2009.

RAMADON, Luís Fernando. **A Extração Ilegal de Areia no Brasil e no Mundo**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://apublica.org/wp-content/uploads/2020/05/areia-luis-fernando-ramadon.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2024.

RODRIGUES, Valentina Teichmann; FOLCHINI, Laiz Azambuja; SILVA, Rodrigo de Almeida; BONSEMBIANTE, Francieli Tiecher; LERMEN, Richard Thomas. Aproveitamento de resíduos da construção civil na composição da argamassa como substituto do agregado miúdo. **Revista Foco**, Curitiba, v. 17, n. 3, p. 01-15, 2024.

SILVA, Rodrigo Rogerio Cerqueira da; TAVARES, Maeli S. Análise da viabilidade técnica-financeira e econômica de argamassa produzida com areia artificial para estaca raiz. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 43, p. 1-14, 2022.

SINGH, P.; KANSAL, A. Energy and GHG accounting for wastewater infrastructure. **Resources, Conservation and Recycling**, v.128, p.499–507, 2018.

SOUZA, N. S.; PIRES, R. **Gestão de resíduos**. CREA-RJ. 2022. Disponível em: <https://angulos.crea-rj.org.br/gestaoderesiduos/>. Acesso em: 18 mai. 2024.