

A Study on Foundry Sand as an Alternative Raw Material: Technical and Environmental Feasibility in the Production of Blocks

Um estudo sobre areia de fundição como matéria-prima alternativa: viabilidade técnica e ambiental na produção de bloquetes

Amanda Jhenifer Felipe, Geraldo Magella Obolari de Magalhães,
Wilson Machado Enes

Abstract: This study investigates the technical and environmental feasibility of reusing foundry sand as an alternative raw material in the production of concrete pavers. The increasing generation of industrial waste, particularly in the metallurgical sector, calls for sustainable solutions that reduce environmental impacts and promote circular economy practices. Concrete pavers were produced with varying proportions of foundry sand replacing natural sand and were subjected to tests for compressive strength, water absorption, and wear resistance. The results showed that, at certain substitution levels, foundry sand can be used without compromising the mechanical properties of the pavers, achieving satisfactory performance and contributing to the reduction of improper waste disposal. Therefore, the research demonstrates that the reuse of foundry sand is a viable alternative aligned with sustainable engineering principles.

Keywords: waste reuse; foundry sand; sustainability; concrete pavers; technical feasibility.

Resumo: O presente trabalho apresenta um estudo sobre a viabilidade técnica e ambiental do reaproveitamento de areia de fundição como matéria-prima alternativa na fabricação de bloquetes de concreto. A geração crescente de resíduos industriais, especialmente na indústria metalúrgica, exige soluções sustentáveis que minimizem impactos ambientais e promovam a economia circular. Foram produzidos bloquetes com diferentes proporções de areia de fundição substituindo a areia natural, e submetidos a ensaios de resistência à compressão, absorção de água e desgaste. Os resultados indicaram que, em determinadas proporções, a areia de fundição pode ser utilizada sem comprometer as propriedades mecânicas dos bloquetes, apresentando desempenho satisfatório e contribuindo para a redução do descarte inadequado de resíduos. Assim, a pesquisa demonstra que o reaproveitamento da areia de fundição é uma alternativa viável e alinhada aos princípios da engenharia sustentável.

Palavras-chave: reaproveitamento de resíduos; areia de fundição; sustentabilidade; bloquetes de concreto; viabilidade técnica.

1. Introdução:

A crescente demanda por soluções sustentáveis na engenharia de produção tem impulsionado a busca por alternativas ao uso de matérias-primas convencionais na construção civil. Nesse contexto, destaca-se o reaproveitamento de resíduos industriais, como a areia descartada em processos de fundição, que apresenta elevado volume de geração e impacto ambiental significativo quando não destinada corretamente. Estima-se que, para cada tonelada de metal fundido, sejam geradas entre 0,6 e 1 tonelada de areia de fundição residual (SOUZA; ARAÚJO, 2021), evidenciando a necessidade urgente de adoção de práticas voltadas à economia circular.

Após sua utilização na moldagem de peças metálicas, a areia de fundição perde suas propriedades de aglutinação, sendo comumente descartada, apesar de ainda apresentar características granulométricas favoráveis para aplicações secundárias. Diversos estudos apontam o potencial de reutilização desse resíduo em materiais cimentícios, como concretos e blocos de pavimentação (MATOS et al., 2018; SILVA et al., 2019). A substituição parcial da areia natural por areia de fundição pode contribuir significativamente para a redução da extração de recursos naturais, bem como para a minimização do impacto ambiental causado pelo descarte de resíduos industriais.

A produção de bloquetes intertravados com adição de areia de fundição tem se mostrado uma alternativa tecnicamente viável. Segundo Lima et al. (2020), blocos produzidos com até 30% de substituição da areia natural por areia de fundição atenderam aos critérios mínimos de resistência estabelecidos pela NBR 9781 (ABNT, 2013), demonstrando que o reaproveitamento desse resíduo não compromete a integridade estrutural do produto final. Além dos benefícios técnicos, a proposta está alinhada aos princípios da sustentabilidade e da responsabilidade socioambiental, pilares fundamentais da engenharia de produção moderna.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e ambiental do uso da areia de fundição como matéria-prima alternativa na fabricação de bloquetes. A pesquisa considera os aspectos produtivos, econômicos e ambientais envolvidos, contribuindo para a consolidação de práticas sustentáveis dentro do setor da construção civil.

2. Desenvolvimento:

O avanço da industrialização, embora essencial para o crescimento econômico, tem como efeito colateral a geração crescente de resíduos sólidos, muitos dos quais ainda são descartados sem o devido tratamento. Um desses resíduos é a areia proveniente de processos de fundição, cuja destinação inadequada pode acarretar sérios impactos ambientais. Considerando a atual demanda por soluções sustentáveis na construção civil, o reaproveitamento desse tipo de resíduo surge como alternativa viável e necessária (SOUZA; ARAÚJO, 2021).

A areia de fundição é amplamente utilizada para conformar peças metálicas, principalmente na indústria de ferro e aço. Com o tempo, essa areia perde suas características ideais para reutilização nos moldes e passa a ser descartada. No entanto, suas propriedades físicas, especialmente a granulometria relativamente uniforme, permitem sua aplicação como agregado em materiais cimentícios, como concretos e blocos (MATOS et al., 2018). A transformação desse resíduo em matéria-prima representa um exemplo claro de economia circular e uso racional de recursos.

Entre os produtos da construção civil que podem se beneficiar dessa substituição estão os bloquetes de concreto, muito utilizados em pavimentações urbanas. A utilização de areia de fundição em sua composição pode reduzir o consumo de areia natural — recurso cada vez mais escasso — e, ao mesmo tempo, oferecer uma destinação mais adequada ao resíduo industrial. Para Silva et al. (2019), a substituição parcial de agregados por resíduos como a areia de fundição pode manter as propriedades técnicas do material, além de agregar valor ao processo produtivo.

Sob o ponto de vista da engenharia de produção, essa iniciativa contribui para práticas de produção mais limpa, reduzindo desperdícios e otimizando o uso de insumos. Além disso, permite ganhos em eficiência e redução de custos, sem comprometer a qualidade final do produto. Lima et al. (2020) destacam que blocos de concreto com até 30% de areia de fundição apresentaram desempenho mecânico satisfatório, evidenciando que a substituição é possível sem perdas significativas.

No presente trabalho, a areia de fundição utilizada foi caracterizada previamente e apresentou módulo de finura de 42 AFS e teor de finos de 0,35%, valores que demonstram sua compatibilidade com a fabricação de blocos. Com base nesses dados, foram produzidos bloquetes com diferentes proporções do material, os quais foram submetidos a ensaios laboratoriais. O objetivo principal é avaliar a viabilidade técnica e ambiental da proposta, considerando tanto o desempenho físico-mecânico quanto o potencial de reaproveitamento do resíduo.

O presente estudo visa trazer uma forma alternativa sustentável de solução para os impactos sofridos pela grande número de resíduo gerado dentro de uma empresa, do segmento de fundição de ferro. O resíduo é gerado a partir da desmoldagem das peças, onde é realizado a moldação para recebimento do ferro em forma líquida onde irá percorrer toda caixa moldada pela areia e seus elementos para que seja formado a peça desejada. Após todo processo de resfriamento, é feita a desmoldagem onde essa areia de forma sólida é quebrada em um aparelho(.....), sofre vibração e destratoamento para retornar a sua forma fina e originária, para então após reutilizada cerca de até 6 vezes, ser transformada em ADF (Areia descartada de fundição). A areia proveniente da fundição é recuperada mecanicamente, onde ocorre a remoção de impurezas, destorroamento e retirada dos finos/particulados a fim de manter a qualidade final do resíduo gerado.

A areia descartada de fundição(ADF) pode ser utilizada em misturas asfálticas, artefatos de concreto sem função estrutural e cobertura de aterros sanitários desde que requisitos relacionados com sua toxicidade sejam atendidos.

A sua utilização não só reduz o custo no processo dessas atividades como preserva o meio ambiente, diminuindo novas extrações de areia em jazidas naturais.

3. Materiais Utilizados

Para a produção dos bloquetes, utilizou-se cimento Portland do tipo CP II-Z-32, brita 0, água potável e areia de fundição recuperada fornecida pela empresa Funfer Fundição de Ferro LTDA. A areia foi submetida a uma análise granulométrica a fim de avaliar sua adequação para o uso em artefatos cimentícios.

Segundo os resultados do ensaio realizado em 14 de março de 2025, a amostra apresentou um **módulo de finura de 42 AFS**, caracterizando-se como uma areia média-fina, adequada para aplicações em concretos. O **teor de finos foi de 0,35%**, valor considerado satisfatório para a produção de bloquetes, uma vez que teores elevados podem prejudicar a hidratação do cimento e a resistência mecânica da peça.

A **distribuição granulométrica** revelou que a maior parte do material se encontra entre as peneiras 40, 50 e 70, totalizando **88,38% do volume analisado**. Essa distribuição favorece uma boa compactação da mistura e contribui para o desempenho mecânico do produto final, além de auxiliar na uniformidade da textura superficial dos bloquetes.

Especificação da areia nova

1. Especificação

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICAÇÕES
	<i>Areia Base Quartzosa Industrial.</i>
Módulo AFS	45 a 55
% Argila AFS	Máximo 0,20
% Concentração	Mínimo 72,00 (peneiras 40,50 e 70)
% Finos	Máximo 1,20
% Umidade	Máximo 0,2
P.H	5,00 a 7,5
% Teor de SiO ₂	Mínimo 97,00

2. Critérios de Aceitação

- ✓ Todo lote deve vir acompanhado de Certificado de Análise, é obrigatório que todas as características sejam informadas, exceto o % Umidade.
- ✓ A areia não deve estar molhada, após análise visual.

Figura 1: Gráfico original distribuição granulométrica da areia de fundição recuperada
 Fonte: FUNFER Fundição de Ferro LTDA (2025).

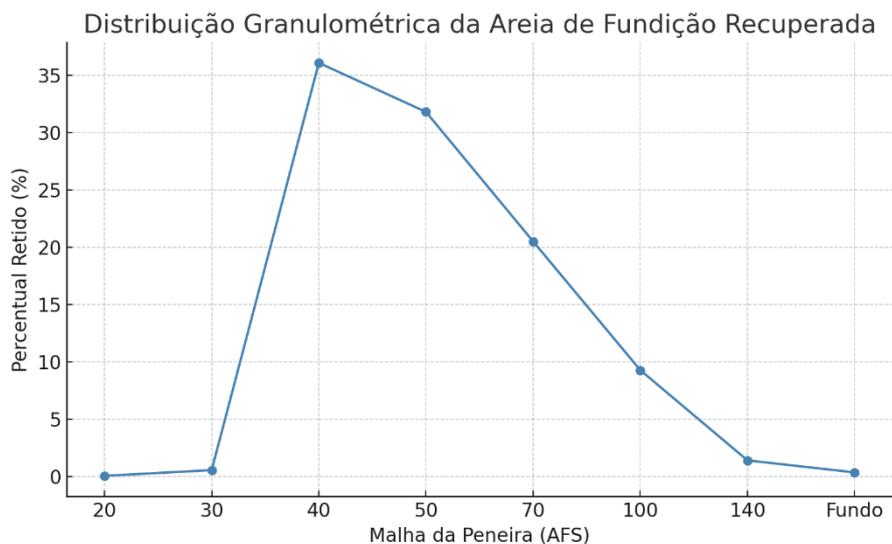


Figura 2: Distribuição granulométrica da areia de fundição recuperada (gráfico adaptado)
 Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da FUNFER Fundição de Ferro LTDA (2025).

Os gráficos apresentam a curva de distribuição granulométrica da areia de fundição recuperada, destacando a predominância de partículas médias no material utilizado.

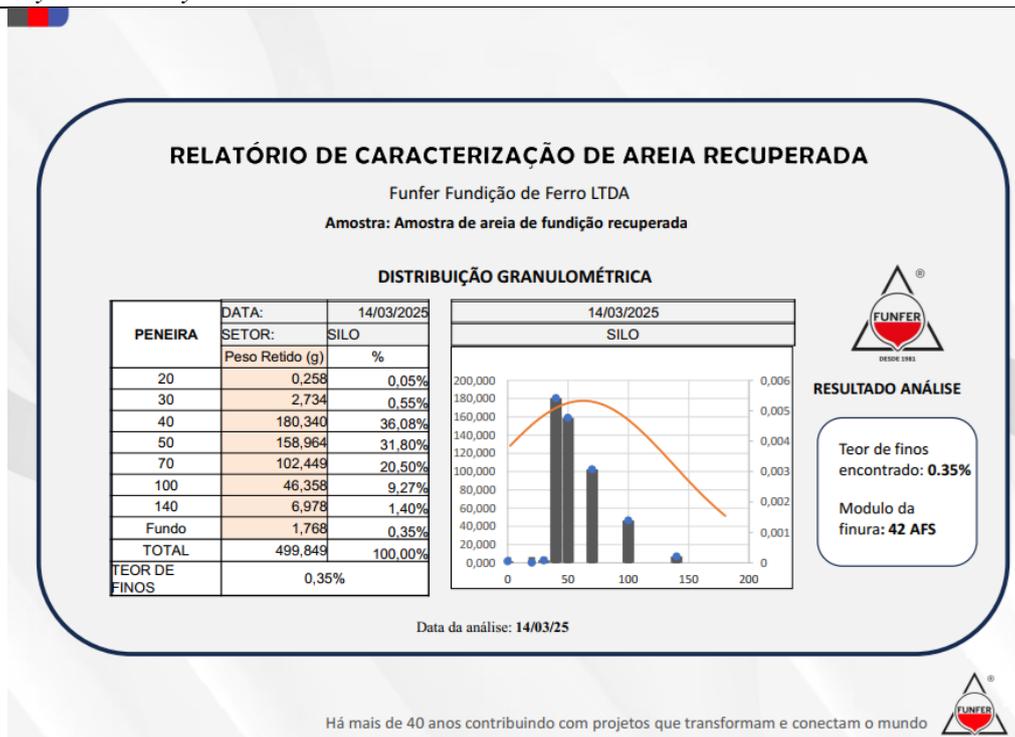


Figura 3: Gráfico original do percentual de massa retida por peneira na análise da areia de fundição
 Fonte: FUNFER Fundação de Ferro LTDA (2025).

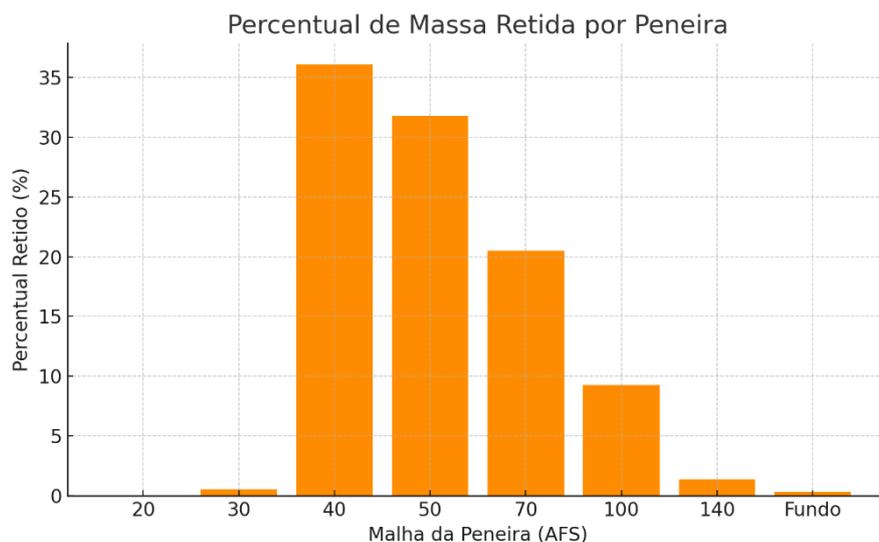


Figura 4: Percentual de massa retida por peneira na análise da areia de fundição
 Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da FUNFER Fundação de Ferro LTDA (2025).

Nós gráficos 3 e 4 exibem a porcentagem de massa retida em cada peneira durante o ensaio, evidenciando o perfil granulométrico detalhado da amostra analisada.

A escolha da areia de fundição como matéria-prima alternativa justifica-se tanto pelo seu descarte frequente em processos industriais quanto pelas propriedades físicas compatíveis com a areia natural tradicionalmente utilizada em artefatos de concreto. Dessa forma, a adoção deste resíduo visa não apenas a **substituição parcial de agregados naturais**, mas também a promoção de práticas sustentáveis no setor da construção civil e da engenharia de produção.

3.1 Procedimentos Experimentais

A fase experimental do trabalho foi conduzida com o objetivo de avaliar o comportamento de bloquetes de concreto produzidos a partir de dois tipos distintos de areia: a areia natural convencional, comumente empregada em artefatos cimentícios, e a areia de fundição recuperada, proveniente da empresa Funfer Fundação de Ferro LTDA. A

comparação entre os materiais buscou identificar possíveis diferenças no desempenho físico e mecânico dos bloquetes, considerando aspectos como resistência, absorção e qualidade superficial.

Dois traços distintos foram definidos para o estudo. O primeiro, considerado o traço de referência, foi composto exclusivamente por areia natural como agregado miúdo. Já o segundo utilizou, em substituição integral, areia de fundição recuperada. Ambos os traços seguiram uma proporção padrão de fabricação de blocos intertravados, utilizando cimento, brita 0, e o respectivo tipo de areia. A relação água/cimento foi mantida constante nos dois traços, com ajustes apenas para garantir a trabalhabilidade adequada da massa.

A mistura dos materiais foi realizada em betoneira, garantindo homogeneidade antes da moldagem. Os bloquetes foram moldados manualmente com o auxílio de formas metálicas e submetidos à vibração para favorecer a compactação. Na imagem a seguir, é possível visualizar os dois tipos de bloquetes obtidos durante o processo:



Figura 5: Bloquetes produzidos com areia de fundição (à esquerda) e com areia convencional (à direita)
Fonte: Acervo do autor (2025).

Após a moldagem, os corpos de prova permaneceram em cura submersa por um período de sete dias, sendo posteriormente armazenados em ambiente interno até a data dos ensaios. A adoção da cura em água visou garantir condições favoráveis à hidratação do cimento, favorecendo o ganho de resistência ao longo do tempo.

Os bloquetes foram submetidos a ensaios de resistência à compressão simples, realizados aos 7 e 28 dias, além de testes de absorção de água por capilaridade. Todos os procedimentos seguiram as diretrizes estabelecidas na norma NBR 9781 (ABNT, 2013), que trata dos requisitos e métodos de ensaio para blocos de concreto utilizados em pavimentação.

Durante a produção, notou-se que a mistura contendo areia de fundição apresentava uma textura mais uniforme, além de maior fluidez, o que facilitou o preenchimento das formas e o adensamento. Por outro lado, a mistura convencional exigiu maior esforço na compactação e apresentou superfície ligeiramente mais porosa após a desmoldagem.

4. Metodologia De Pesquisa

A seleção da abordagem varia conforme os propósitos estabelecidos da investigação e o desafio que está sendo analisado. A abordagem apropriada para uma pesquisa deve ser determinada considerando a formulação do desafio, as suposições propostas e a definição do conjunto de dados ou da amostra. Isso ocorre porque, de maneira geral, são utilizados múltiplos métodos e técnicas durante a condução da pesquisa. Nessa etapa, o pesquisador deve tomar certos cuidados, pois o uso dos métodos e técnicas pode ser complexo e é crucial para o sucesso da pesquisa. A metodologia está relacionada aos objetivos e propósitos do projeto, e deve descrever os passos tomados para alcançar esses objetivos (SILVA, 2017).

De acordo com as observações de Minayo (2012), são identificados os principais elementos da metodologia:

a) Estabelecimento da delimitação da área estudada. A pesquisa qualitativa não se apoia em uma abordagem numérica para assegurar a representatividade. Uma abordagem eficaz é aquela que engloba todas as diversas dimensões do problema investigado.

b) Aquisição de informações. É necessário definir as técnicas a serem empregadas tanto para a pesquisa de campo (entrevistas, observações, questionários, histórias de vida) quanto para a pesquisa complementar de dados, como pesquisa documental, consulta a registros, e estatísticas.

c) Estruturação e análise dos dados.

Neste estudo, será realizado um recorte seletivo entre os diferentes tipos de pesquisas disponíveis, a fim de permitir que o pesquisador, com base em seus objetivos, defina a abordagem de pesquisa que pretende realizar e aquela que melhor se adequa às suas necessidades para alcançar os objetivos previamente estabelecidos. Essa seleção cuidadosa permitirá uma escolha consciente e direcionada do tipo de pesquisa mais apropriado para a investigação em questão.

Será conduzido um estudo de caso em uma empresa localizada em Divinópolis, no qual será empregada a metodologia de análise documental e de dados. O estudo de caso se caracteriza por uma investigação que analisa de forma abrangente um ou poucos eventos específicos.

No presente estudo de caso, serão adotadas diversas abordagens metodológicas, incluindo análises de dados e principalmente documental, interações com os participantes, observações dos documentos mais relevante na questão correlata a sustentabilidade. Preparar-se para conduzir um estudo de caso requer que o pesquisador possua habilidades prévias, treinamento e uma preparação específica para o estudo em questão, incluindo o desenvolvimento de um protocolo adequado e a realização de um estudo piloto. A apresentação de um estudo de caso pode ocorrer tanto por escrito quanto oralmente. Gil (2010) destaca algumas vantagens do estudo de caso, como o estímulo à descoberta de novos aspectos, à ênfase na compreensão do todo e a simplicidade dos procedimentos aplicados.

Para complementar a realização do presente estudo, será empregada também a metodologia de pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica oferece uma abordagem sistemática para a coleta e análise de informações relevantes e atualizadas sobre o assunto em estudo (SILVA, 2017).

A Investigação bibliográfica é um método altamente benéfico para a formação científica, seja conduzida de forma independente ou como parte de uma pesquisa empírica.

Como parte complementar do presente estudo, será realizada uma investigação de natureza documental, seguindo uma perspectiva apresentada por Kripka et al., (2015), a pesquisa documental se distingue da pesquisa bibliográfica ao se utilizar de materiais que ainda não foram aceitos a um tratamento analítico ou que podem ser reinterpretados, apresentando fontes mais diversificadas e dispersos.

No contexto da pesquisa documental, é fundamental realizar uma análise tanto interna quanto externa dos documentos selecionados. A análise interna busca abordar de maneira racional e objetiva o conteúdo apresentado nos documentos, enquanto a análise externa busca avaliar o grau de veracidade e confiabilidade desses documentos. Essa abordagem metodológica visa garantir um nível de imparcialidade na interpretação dos dados, evitando a influência de influência pessoal do aluno (KRIPKA et al., 2015).

Para definição de amostragem, será utilizado o método qualitativo, que segundo Minayo (2012), é importante ressaltar que a pesquisa qualitativa não se apoia em critérios numéricos para garantir a representatividade. Em vez disso, uma amostragem eficaz é aquela capaz de abranger integralmente o problema investigado em suas diversas dimensões. É preciso considerar a amplitude do tema em estudo, de forma a contemplar todas as suas facetas relevantes.

Por fim, o processamento dos dados será realizado por meio de uma abordagem de análise de dados e documental. Essa metodologia consiste em examinar minuciosamente os dados dos documentos observados, identificando temas, padrões, significados e relações relevantes, desta forma interpretando o conteúdo, com o objetivo de extrair informações valiosas e responder às questões de pesquisa de forma rigorosa e coerente.

Referências Bibliográficas:

- [1]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781: Blocos de concreto para pavimentação – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- [2]. GIL, Antonio Carlos. Como elaborar Projetos de Pesquisa. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010
- [3]. KRIPKA, Rosana Maria Luvezute; SCHELLER, Morgana; BONOTTO, Danusa de Lara. Pesquisa documental na pesquisa qualitativa: conceitos e caracterização. Revista de investigaciones UNAD, v. 14, n. 2, p. 55-73, 2015
- [4]. LIMA, R. P.; OLIVEIRA, G. F.; BARBOSA, A. B. Utilização de areia de fundição residual na produção de blocos intertravados. *Revista de Engenharia e Sustentabilidade*, v. 7, n. 2, p. 45-52, 2020.
- [5]. MATOS, L. R.; NASCIMENTO, A. C.; TAVARES, M. E. Avaliação da substituição de areia natural por areia de fundição em concretos. *Revista Matéria*, v. 23, n. 4, p. 1-10, 2018.
- [6]. MINAYO MCS. Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. *Ciênc Saúde Coletiva* 2012; 17:621-6.
- [7]. SILVA, Antonio Carlos Ribeiro da. Metodologia da pesquisa aplicada à contabilidade. Salvador, BA: UFBA, Faculdade de Ciências Contábeis, Superintendência de Educação a distância, 2017.
- [8]. SILVA, M. T.; FERREIRA, C. J.; GOMES, L. R. Gestão de resíduos industriais: estudo de caso com areia de fundição. *Revista Brasileira de Engenharia Civil*, v. 13, n. 3, p. 220-228, 2019.
- [10]. SOUZA, V. F.; ARAÚJO, D. M. Impactos ambientais e alternativas para o descarte da areia de fundição: uma revisão. *Cadernos de Engenharia*, v. 11, n. 1, p. 88-95, 2021.