



Processos de fabricação

FUNDIÇÃO POR MOLDES DE AREIA VERDE E REUTILIZAÇÃO DA AREIA

Benedito Clare, Eduardo Duarte, João Vitor Vieira, Júlio Del Ducca, Michael Fernandes, Thales Gabriel Sabino, Thiago Vieira.

Junior06101994@hotmail.com, duarte919@gmail.com, joaovitorvieira4540@gmail.com,
julio_gdd@hotmail.com, michaelfernandesopenheimer@hotmail.com, thalesgabriel@gmail.com,
thiago.vfpb@gmail.com

Professor orientador: **MSc. Juliano**

Mazute

Pouso Alegre, 2023

Resumo

A fundição é um processo que consiste em verter metal ou liga metálica fundida sobre moldes de areia confeccionados na forma desejada para produção de peças. Diversos problemas ambientais são gerados a partir do descarte de areias de fundição em aterros ou em locais não adequados. Esse tema tem se tornado de grande relevância para as empresas do ramo de fundição, chegando a ser considerado até de estratégia empresarial. A partir do exposto, definiu-se como problema de pesquisa o seguinte questionamento: Qual a relevância econômica da reutilização da areia de fundição e quais melhorias podem ser realizadas neste processo? Para responder esta questão foi delimitado o seguinte objetivo geral do trabalho: compreender o método de fundição por areia e a reutilização desta areia posterior ao processo. A proposta do presente artigo pôde ser desenvolvida por meio de um delineamento de pesquisa bibliográfica, foram utilizadas as bases de dados Google Acadêmico, Scielo e acervos de instituições de ensino superior. Devido aos malefícios financeiros e socioambientais que a produção deste subproduto gera e visto que, por representar um motivador à economia nacional, não podendo cessar tal atividade industrial, são encontradas na literatura muitas formas de reutilização da ADF pela construção civil, uma vez que este material apresenta características físicas químicas semelhantes aos agregados finos amplamente utilizados em argamassas hidráulicas, argamassas betuminosas e composição solos.

Palavras-chave: Fundição. Areia de molde. Reuso de ADF.

1. INTRODUÇÃO

O setor de serviços industriais sempre precisou de materiais provenientes do aço e o principal meio de fabricação destes materiais é a fundição. Dentre os principais meios de fabricação se destaca a fundição, em especial a fundição utilizando moldes de areia o qual utiliza areia e aglomerantes para formar o molde. É um processo de simples tecnologia e tem um custo baixo, no entanto gera um considerável volume de resíduos provenientes da areia de fundição. Entender o processo de fundição e a reutilização da areia usada é importante para a indústria e para o meio ambiente reduzindo os impactos ambientais pelo descarte

(PEREIRA, 2022).

A fundição é um processo que consiste em verter metal ou liga metálica fundida sobre moldes de areia confeccionados na forma desejada para produção de peças. Junto ao molde, o metal ou liga metálica é fundido até que a mistura se torne homogênea, depois ele é vazado e solidificado. Quando pronta, a peça é retirada de seu molde e passa por um processo de acabamento onde são dados os retoques finais como cortes de canais, rebarbagem, usinagem, tratamento térmico, controle de qualidade final e expedição. Por outro lado, a areia resultante do molde aberto é um material a ser gerenciado (DE SOUZA, SANTICIOLLI, 2021).

Os mesmo autores apontam que diversos problemas ambientais são gerados a partir do descarte de areias de fundição em aterros ou em locais não adequados. Esse tema tem se tornado de grande relevância para as empresas do ramo de fundição, chegando a ser considerado até de estratégia empresarial.

A necessidade de melhoria contínua da indústria visando otimização de processos de produção, melhora no produto, redução de custos de operação além de maneiras corretas da reutilização e descarte da areia de fundição tornam assuntos essenciais para a discussão do presente artigo. Essas informações poderão ser utilizadas como fonte de conhecimento para pessoas que tenham interesse em se aprofundarem na área e para profissionais atuantes, onde poderão otimizar seus processos de fabricação já implementados e o correto reuso e descarte dos resíduos gerados pela areia de fundição (VERGANI, 2023).

A partir do exposto, definiu-se como problema de pesquisa o seguinte questionamento: Qual a relevância econômica da reutilização da areia de fundição e quais melhorias podem ser realizadas neste processo? Para responder esta questão foi delimitado o seguinte: A fim de alcançar o objetivo geral do trabalho e compreender o método de fundição por areia e a reutilização desta areia posterior ao processo, foram delimitados os seguintes objetivos específicos: Conhecer o processo de fundição por moldes de areia; entender as características da areia de fundição e pesquisar os principais meios de reutilização da areia de fundição.

O primeiro capítulo apresenta o conceito de fundição, suas etapas, principais produtos feitos a partir da fundição e números da produção no Brasil. O segundo capítulo aborda sobre as características da areia de fundição antes e depois do processo, trazendo informações da influência dela no processo. O terceiro e último capítulo traz os principais meios de reutilização da areia de fundição.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fundição por moldes de areia

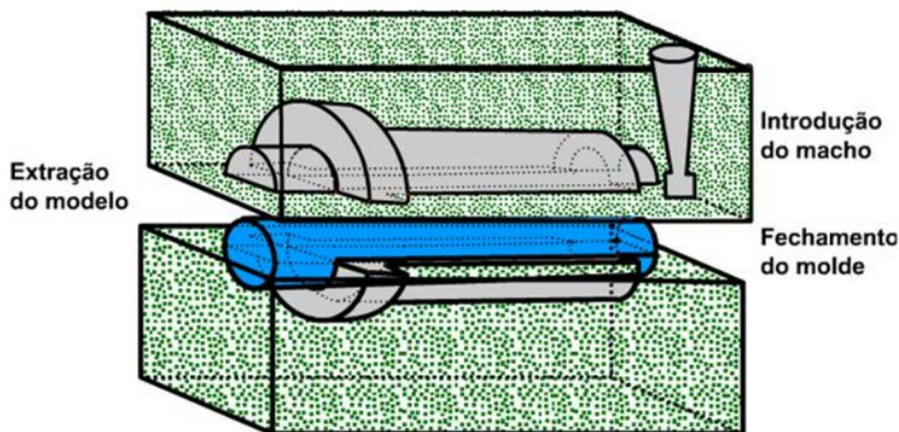
A fundição em moldes de areia é um processo tradicional e amplamente utilizado na indústria para a produção de peças metálicas complexas. Esse método envolve a criação de um molde de areia para a fundição do metal desejado (MARIA, 2022).

Primeiro, um padrão da peça desejada é criado, podendo ser feito de madeira, metal ou plástico, a fim de representar a forma final da peça fundida. Em seguida, o molde é desenvolvido utilizando areia misturada com um aglomerante para criar uma estrutura moldável. A mistura é geralmente compactada ao redor do padrão para formar as cavidades que serão preenchidas pelo metal derretido (RAHMEIER, 2022).

Dada a segunda etapa, a terceira é a confecção dos machos, massalotes, canais de respiro e vazamento. Os machos são elementos feitos de areia que são usados na fundição de peças que tenham cavidades para confecção dos machos. A areia deve ter alta resistência depois de seca, dureza, uma alta permeabilidade, e inalterabilidade. Os machos são

geralmente secados a uma temperatura entre 150° a 250° (Figura 1) (SOUZA, 2015).

Figura 1 – Exemplo de macho utilizado na construção de moldes de areia para fundição.



Fonte: (NOMUS.BLOG INDUSTRIAL, 2023)

A próxima etapa consiste em abrir o molde, remover o padrão da peça e fechá-lo novamente, finalizando a confecção do molde. Posteriormente, o metal é derretido em um forno e despejado na cavidade do molde, adquirindo a forma da peça desejada. Após o despejo, o metal derretido começa a solidificar e esfriar dentro do molde, o tempo deste processo varia dependendo do tamanho e tipo de metal (DE BRITO et al., 2015).

Após a solidificação completa, o molde é aberto, e a peça fundida é removida. A etapa de desmoldagem deve ser feita com um bom controle da temperatura, para que a peça não sofra choque térmico ocasionando o aparecimento de trincas. Após a desmoldagem retiram-se canais de vazamento e o massalote, essa retirada pode ser feita com corte por discos. Com a retirada dos canais e massalotes, as regiões necessitam de um acabamento em sua superfície através da rebarba. Nesta etapa também são retiradas incrustações de areia que possam ter ficado na peça. Em alguns casos, o metal pode precisar de processos adicionais, como usinagem ou tratamento térmico, para atingir as propriedades desejadas (BRONDINO et al., 2015).

A areia do molde pode ser reutilizada em vários ciclos de fundição, mas eventualmente ela se degrada e precisa ser substituída. Esse processo é eficaz para a produção de peças complexas, entretanto possui algumas limitações, como o tempo necessário para criar os moldes e a necessidade de refazer os moldes após vazamento. No entanto, a fundição em moldes de areia é amplamente utilizada devido à sua versatilidade e custo relativamente baixo em comparação com outros métodos de fundição (GARIGLIO, 2019).

2.2 Areia para o molde de fundição

As areias utilizadas na construção civil são usadas principalmente por suas propriedades físicas, por outro lado as areias industriais são usadas por suas propriedades físicas e químicas. A areia usada na fundição deve ter algumas características que façam com que ela permita uma moldagem fácil e segura. As mais importantes são a plasticidade e consistência, resistência e refratariedade. Na fundição em areia, o molde é composto de uma areia-base que pode ser (sílica, cromita, zirconita), argila e resina que funcionam como aglomerante dando maior resistência ao molde (DE SOUZA; SANTIOLLI, 2021).

Antes de criar o molde, a areia é misturada com outros materiais para formar uma mistura moldável, podendo incluir argila, água e outros aditivos para melhorar a coesão da mistura. O nome “Areia Verde” refere-se às areias que usam argila como aglomerante, não sendo passada por nenhum processo de secagem antes de receber o metal vazado dentro do molde. Já as areias que possuem material ligante e são formadas pela areia, material aglomerante e aditivos. A areia utilizada para moldes de fundição passa por diferentes fases durante o processo, incluindo a fase pré-molde e a fase pós-molde (DINIZ, 2019).

A areia é preparada inicialmente misturando os componentes secos e após dois ou três minutos, segue-se adicionando aos poucos água até completar a homogeneização completa da mistura. Possui um alto índice de reaproveitamento com cerca de 98%, que após a desmoldagem deve ser peneirada a fim de retirar impurezas (CREMONEZ et al., 2022).

A mistura de areia é então compactada ao redor do padrão da peça desejada. Esta etapa é crítica para garantir que a areia mantenha sua forma e forneça um molde preciso quando o padrão for removido. Dependendo do tipo de aglomerante utilizado, a mistura de areia pode passar por um processo de secagem ou cura para garantir que o molde seja sólido e capaz de suportar o metal derretido (MACEDO, 2021).

Após o metal derretido ter sido despejado e solidificado, o molde é aberto para revelar a peça fundida. Durante essa etapa, a areia pode sofrer desgaste ou deformação, entretanto pode ser recuperada e reciclada para uso em futuros moldes. É comum que a areia sofra alguma degradação durante o processo e parte dela precisar ser substituída por areia nova (BRONDINO et al., 2015).

À medida que a areia do molde se degrada ao longo do tempo devido à exposição ao calor e à metalurgia, eventualmente, ela atinge um ponto em que não é mais adequada para a produção de moldes. Nesse momento, ela pode ser descartada ou, em alguns casos, reciclada para outros fins. A areia usada em fundição pode conter resíduos do metal derretido e outros materiais, destacando a importância de tratamento e o descarte adequado desses resíduos a fim de evitar impactos ambientais (ROSARIO et al., 2023).

É importante destacar que o ciclo de vida da areia de fundição pode variar dependendo do tipo de metal, do aglomerante utilizado e do processo específico de fundição. O desenvolvimento de práticas sustentáveis na gestão da areia de fundição é uma preocupação crescente na indústria para minimizar o impacto ambiental (DE BRITO et al., 2015).

2.2.1 Propriedades da areia de fundição

As propriedades da areia de fundição desempenham um papel crucial na eficácia do processo de fundição. A seguir, as propriedades necessárias para o sucesso da formação dos moldes de fundição (PONCIANO et al., 2017):

- **Granulometria:** refere-se ao tamanho das partículas da areia de fundição. Uma distribuição adequada de tamanhos de grãos é essencial para formar moldes coesos e capazes de suportar o estresse térmico e mecânico durante o processo de fundição. Para um acabamento de qualidade é recomendado que a areia seja fina.

- **Permeabilidade:** A areia é importante para permitir que os gases gerados durante o vazamento de metal escapem do molde. Uma boa permeabilidade ajuda a evitar defeitos na peça fundida, como porosidade.

- **Resistência à compressão:** é crucial a fim de garantir que o molde suporte a pressão exercida pelo metal líquido durante o processo de fundição.

- **Teor de umidade:** o teor de umidade da areia de fundição é uma consideração importante, pois a umidade excessiva pode levar à formação de vapor durante

o vazamento de metal, resultando em defeitos na peça fundida.

- **Plasticidade:** refere-se à sua capacidade de se compactar e manter a forma do molde. Uma areia com boa plasticidade facilita a formação de moldes complexos.

- **Ponto de fusão:** o ponto de fusão da areia é importante, pois o metal líquido quente pode causar a fusão parcial da areia, levando à formação de uma camada superficial dura no molde, conhecida como "crosta", que pode prejudicar a qualidade da peça fundida.

- **Estabilidade térmica:** a areia de fundição deve ser capaz de resistir a variações extremas de temperatura sem perder suas propriedades físicas, característica essencial devido às condições de aquecimento e resfriamento envolvidas no processo de fundição.

Essas propriedades variam de acordo com o tipo de areia de fundição utilizada e os aditivos incorporados para melhorar determinadas características. O controle cuidadoso dessas propriedades é essencial para garantir a qualidade das peças fundidas produzidas (MARTINS et al., 2021).

De acordo com Pereira et al. (2010), existem algumas opções para o manejo da areia de fundição no mercado, podendo ser descritas seguindo uma ordem de prioridade como sendo recuperação, regeneração mecânica ou térmica, reutilização como matéria prima na construção civil, destinar à áreas de triagem, reciclagem e disposição e, por fim, destinar para aterros definitivos

O processo de recuperação consiste em fazer a máxima reutilização da areia dentro do próprio sistema de produção, fazendo-a circular até seu limite e realizando a substituição de parte da areia do sistema, por uma areia nova. A regeneração mecânica ou térmica deixa a areia novamente pronta para utilização, em condições próximas a areia base nova. Este processo se dá pela eliminação ou redução dos materiais depositados na superfície durante o processo de fundição. A regeneração mecânica consiste em remover o material que se adere aos grãos pelo atrito entre os próprios grãos da areia. Já a térmica se dá pela queima da matéria orgânica presente nos grãos. A reutilização da areia de fundição como matéria prima na construção civil, é um processo que evita a extração de novas areias da natureza. Já na destinação para áreas de triagem, reciclagem e disposição o material levado a essas áreas deve estar de acordo com as especificações para ser reutilizado, podendo ser retirado pelas empresas que forem fazer o uso. Por último, a destinação da areia de fundição para aterros definitivos é mais indicada para para empresas que não possuem demanda de material reciclado em sua região (PREIRA et al, 2010).

A areia de fundição é considerada pela ABNT NBR 10004 (ABNT, 2004) como um resíduo industrial não perigoso, produzido em larga escala. Cujo descarte, em aterros sanitários, acarreta na redução da vida útil destes. Da mesma forma, esta cadeia de geração e descarte onera significativamente as fundições devido as taxas de aterramento (ESSENCIS, 2018). Com isso, o reuso da areia de fundição promove a sustentabilidade na construção civil e beneficia os atores envolvidos nesta cadeia, além do meio ambiente quando indevidamente descartada (BINA, 2002).

Conforme Bhardwaj e Kumar (2017) e Dyer et al. (2021), esta oportunidade se torna plausível pela estreita semelhança físico-química da areia de fundição com o agregado mineral, amplamente utilizado na construção civil. Com isso, seu reuso em blocos de concreto torna-se uma possibilidade em termos de redução de consumo de recursos, melhor destinação do resíduo e geração de economia financeira direta.

A Figura 2 apresenta as possibilidades de reuso da areia de fundição (ADF), em diferentes componentes da construção civil, de acordo com o aglutinante, ou seja, o tipo de ADF.

Figura 2 – Viabilidade de reutilização da areia de fundição em outros setores.

POSSÍVEIS USOS	TIPOS DE ADF (AGLUTINANTE)					
	AREIA VERDE (ÁGUA)	FENÓLICA	FENÓLICA URETÂNICA	FURÂNICA	TERMOFIXA (SHELL)	SILICATO DE SÓDIO
ASFALTO	X	X	*	*	*	0
ARTEFATOS	*	*	*	*	X	*
TIJOLOS	X	X	*	*	*	
CIMENTO	X	X	*		X	X
AGREGADOS	X	X	*	*	*	*
CONCRETO	X	X	*			
ARGAMASSA						*
SUBLEITOS		X	*		*	X
TALUDES	X	*	*	X	*	
ATERROS	X	X	*			
SOLOS	*	*	*	*	*	*
LEGENDA						
X	PROJETOS IMPLANTADOS					
*	APLICAÇÃO TEÓRICA					
0	INADEQUADO PARA REUSO					

Fonte: (GHISLENI&DOS SANTOS LIMA, 2020)

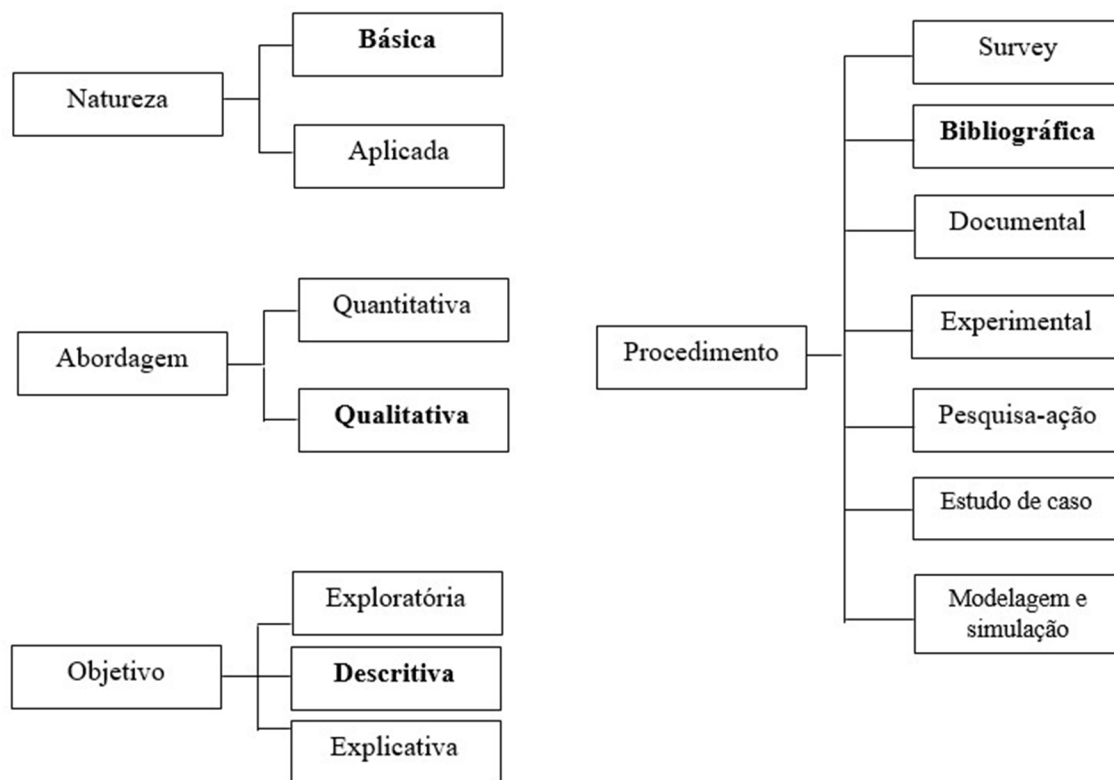
3. METODOLOGIA

A proposta do presente artigo pôde ser desenvolvida por meio de um delineamento de pesquisa bibliográfica, ou seja, desenvolvida com base em materiais já elaborados, como livros, artigos científicos, monografias e dissertações (CARDOSO et al., 2021).

A pesquisa possui caráter descritivo e qualitativo, pois a pesquisa descritiva inclui um estudo observacional, onde se compara dois grupos similares, sendo assim, o processo descritivo visa à identificação, registro e análise das características, fatores ou variáveis que se relacionam com o fenômeno ou processo. A grande contribuição da pesquisa descritiva é proporcionar novas visões sobre uma realidade já conhecida. Já a pesquisa qualitativa, de acordo com De Lunetta e Guerra (2023), dá profundidade aos dados, a dispersão, a riqueza interpretativa, a contextualização do ambiente, os detalhes e as experiências únicas.

Para o desenvolvimento do presente estudo foram utilizadas as bases de dados Google Acadêmico, Scielo e acervos de instituições de ensino superior. Utilizou-se as seguintes palavras-chave: fundição; areia de molde e reuso de ADF. Inicialmente selecionou-se artigos pertinentes ao tema a fim de constituir uma base de conhecimento acerca do assunto e ser possível elaborar um problema de pesquisa a ser trabalhado, em seguida, para a construção da pesquisa bibliográfica, selecionou-se os artigos com data de publicação nos últimos dez anos com foco na reutilização dos moldes de areia e reflexo econômico desta atividade.

Figura 3 - Descrição da metodologia.



Fonte: (Elaborado pelos autores)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a revista Modern Casting (2019) o Brasil ocupa, em termos de produção mundial de fundidos (em 2018), o nono lugar (2,28 milhões de toneladas (MT)) , perdendo a sétima posição, em consequência da crise econômica que o país sofreu nos últimos anos.

O Brasil apresenta uma estimativa, onde uma tonelada de material fundido produzido gera uma tonelada de areia de fundição (ABIFA, 2009). Em contrapartida, uma pesquisa realizada por Dyer et al. (2021) estabeleceu que, a cada tonelada de peças de metal produzida mundialmente, gera 600 kg de areia de fundição. Através destas estimativas, em 2018, o Brasil descartou por volta de 1,37 a 2,28 milhões de toneladas desta areia.

Para Bonet (2002) as aplicações fora das fundições incluem o emprego da areia usada proveniente de fundições para: fonte de sílica na produção do clinker ou de lãs minerais; substituto parcial do agregado fino em concreto de baixo custo para aplicações não estruturais e artefatos de concreto; agregado fino para concreto asfáltico na pavimentação flexível; fonte de minerais para ajuste de solos na agricultura; e misturas de solos em subleitos e aterros.

Ainda de acordo com o mesmo autor, quanto à aplicação na produção de clinker o processo é viável tecnicamente, porém as fontes geradoras e consumidoras deverão estar próximas devido ao custo de transporte, sendo que, nas demais aplicações o autor considera que existem resultados tecnologicamente aceitáveis em todas elas, embora haja ainda muito trabalho de desenvolvimento a ser feito, inclusive no que diz respeito à avaliação do comportamento desses materiais em longo prazo, em particular, para que a areia de fundição venha a ser admitida como substituto parcial de agregado miúdo haverá necessidade de mais estudos sistemáticos que poderão levar a adaptações nas normas vigentes em construção

civil.

De acordo com Singh e Siddique (2012), os concretos de cimento Portland contendo 15% de ADF, em relação aos agregados convencionais, obtiveram ganhos de resistência mecânica, em relação à concretos convencionais na ordem de 20%, porém em quantidades maiores, como 20%, foram observadas perdas de qualidade; mas, como o autor observou, tais concretos poderiam ser utilizados na produção de materiais de construção sem função estrutural, como calçadas para pedestres, tijolos para construção de canteiros, entre outros. Este resultado foi corroborado por Mynuddin et. al. (2018) e Andrade et al. (2018) que observaram poucas alterações do concreto contendo 10 a 30% de ADF, em relação à areia mineral, considerando a resistência à compressão.

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens da utilização de areia verde no processo de fundição.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
A moldagem por areia verde é mais barata dentro todos os métodos de produção de moldes.	O controle da areia é mais crítico do que nos outros processos que também usam areia.
Há menor distorção de formato do que nos métodos que usam areia seca, porque não há necessidade de aquecimento.	Maior erosão quando as peças fundidas são de maior tamanho.
As caixas de moldagem estão prontas para a reutilização em um espaço mínimo de tempo.	O acabamento na superfície piora nas peças de maior peso.
Boa estabilidade dimensional.	A estabilidade dimensional é menor nas peças de maior tamanho.
Menor possibilidade de surgimento de trincas.	-

Fonte: (ASM, s/d).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve por objetivo levantar dados bibliográficos acerca da utilização da areia de fundição e, principalmente, de seu reúso em outros setores. Considerando as informações obtidas para elaboração deste trabalho, conclui-se que a fundição utilizando moldes de areia, apesar de ser um processo relativamente simples, é muito eficaz na produção de peças fundidas para diversos setores da indústria.

Devido aos malefícios financeiros e socioambientais que a produção deste subproduto gera é visto que, por representar um motivador à economia nacional, não podendo cessar tal aditividade industrial, encontra-se na literatura muitas formas de reutilização da ADF pela construção civil, uma vez que este material apresenta características físicas químicas semelhantes aos agregados finos amplamente utilizados em argamassas hidráulicas, argamassas betuminosas e composição solos.

Observou-se que os resíduos de areias de fundição apresentam grande potencial de reuso como agregado em construção civil, tal procedimento poderia gerar materiais de

construção com custos inferiores aos encontrados no mercado, em especial na pavimentação asfáltica, uma vez que tais empreendimentos são grandes consumidores de agregados minerais gerando uma sustentabilidade maior à obra.

Portanto o reuso de ADF como agregado gera benefícios como a redução do custo de construção de rodovias, redução da utilização de recursos minerais esgotáveis, redução dos gastos por parte de indústrias siderúrgicas para aterrar seus principais resíduos, redução de impactos socioambientais quando este resíduo é descartado de forma ilegal, aumento da geração de recursos financeiros por parte das empresas administradoras de aterros sanitários.

Entretanto, são poucos os estudos que apontam para os dados econômicos decorrentes do reuso da areia de fundição. Desta forma, o presente estudo é de importância para pesquisadores a fim de que sejam desenvolvidos mais estudos que visem uma análise econômica decorrente dos benefícios do reuso da ADF em outros setores. Para as universidades e outras instituições de ensino, sugere-se que sejam desenvolvidas aplicações voltados à reutilização da ADF em setores que ainda não possuem resultados práticos. Por fim, para os estudantes de engenharia o presente trabalho valida a necessidade de buscar constantemente melhorias para os processos envolvidos na área.

2. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Deus, aos familiares e a todos os professores que contribuíram de alguma forma com nossa trajetória acadêmica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIFA - Associação Brasileira de Fundição. **ÍNDICES SETORIAIS DE 2018.**

ANDRADE, Leonardo de Brito; CARNIN, Raquel Luiza Pereira; PINTO, Roberto Caldas de Andrade. **Areia descartada de fundição para uso em concreto de cimento Portland: análise do agregado.** Matéria (Rio de Janeiro), v. 23, 2018.

BINA, Paulo. **Metodologia de utilização de rejeitos industriais na pavimentação: estudo de caso de uso de areia de fundição.** Mestrado Profissional em Habitação (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). São Paulo-SP, 2002.

BHARDWAJ, Bavita; KUMAR, Pardeep. **Waste foundry sand in concrete: A review.** Construction and building materials, v. 156, p. 661-674, 2017.

BONET, Ivan Ideraldo et al. **Valorização do resíduo areia de fundição (RAF): incorporação nas massas asfálticas do tipo CBUQ.** 2002.

BRONDINO, Odney Carlos; SILVA, J. P. G.; BRONDINO, Nair Cristina Margarido. **O problema do descarte da areia de fundição: ensino para o desenvolvimento sustentável.** Acesso em, v. 16, 2015.

CARDOSO, Márcia Regina Gonçalves; DE OLIVEIRA, Guilherme Saramago; GHELLI, Kelma Gomes Mendonça. **Análise de conteúdo: uma metodologia de pesquisa qualitativa.** Cadernos da FUCAMP, v. 20, n. 43, 2021.

CREMONEZ, Claiton et al. **Estudo da substituição parcial de areia natural por areia descartada de fundição para produção de concreto convencional.** 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

DE BRITO EL-KANTAR, Wanessa F.; BRANDÃO, Sergio Mateus; WOBETO, Ricardo. **PROJETO DE FUNDIÇÃO EM MOLDE DE AREIA VERDE.** CIPEEX, v. 1, 2015.

DE LUNETTA, Avaetê; GUERRA, Rodrigues. Metodologia da pesquisa científica e acadêmica. **Revista OWL (OWL Journal)-REVISTA INTERDISCIPLINAR DE ENSINO E EDUCAÇÃO**, v. 1, n. 2, p. 149-159, 2023.

DE SOUZA, Bruno Miranda; SANTICIOLLI, Fabio Mazzariol. **Comparação entre diferentes métodos de regeneração de areias de fundição**. Revista Brasileira de Processos Químicos, v. 2, n. 2, p. 46-54, 2021.

PEREIRA, Simone de Fátima Afonso. Análise do desempenho de concretos com cinza de casca de arroz, areia de descarte de fundição e efluente tratado de aterro sanitário. 2022.

DINIZ, Joaquim Manuel Trindade. **Desenho e construção de modelos para a produção de moldes de fundição em areia seca e verde**. 2019. Tese de Doutorado.

DYER, Paulo Paiva Oliveira Leite et al. **Macro and microstructural characterisation of waste foundry sand reused as aggregate**. Road Materials and Pavement Design, v. 22, n. 2, p. 464-477, 2021.

ESSENCIS. **Administração e Manejo de Aterro Sanitário na Cidade de São José dos Campos/SP**. São José dos Campos: Relatório de circulação interna, 2018.

GARIGLIO, Matheus Brozovic. **Otimização de moldes de areia à base de ligantes inorgânicos para fundição de peças automotivas em alumínio**. 2019.

MACEDO, André Felipe Falsarella Lima. **Uso da manufatura aditiva em ferramentais de fundição em areia**. 2021.

MARIA, Francisco Henry Silva de. **Análise da influência dos parâmetros do processo de fundição em areia verde na produção de placas de zinco**. 2022.

MARTINS, Maria Auxiliadora de Barros et al. **Propriedades reológicas e durabilidade do concreto autoadensável de alta resistência com resíduo de corte mármore e granito e areia de exaustão de fundição**. 2021.

MYNUDDIN, S. A. et al. **Strength behavior of concrete produced with foundry sand as fine aggregate replacement**. International Journal of Modern Trends in Engineering and Science, v. 5, n. 8, p. 3476-3480, 2018.

PEREIRA, Diogo Fernando; ZIMMER, Gregory Viegas; DA SILVA, Joel Dias. **REAPROVEITAMENTO DA AREIA DE DESMOLDAGEM COMO SUBSTITUTO PARCIAL DE AREIA EM ARTEFATOS DE CONCRETO**. Mix Sustentável, v. 4, n. 1, p. 66-72, 2018.

PONCIANO, Alessandra; LAUTHARTE, Alessandra Caroline Moellmann; BOCK, André Luiz. **ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS ASFÁLTICOS COM INCORPORAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO**. CRICTE, 2017.

RAHMEIER, Pedro Henrique Nizer. **Prototipagem rápida na fabricação de modelos aplicados no processo de fundição em areia verde**. 2022.

ROSARIO, Luiz Ângelo de Paula; FERREIRA, Ludimilla da Silveira; OLIVEIRA, Ivanir Luiz de. **Propriedades em areias a verde com caulim para moldes de fundição**. Matéria (Rio de Janeiro), v. 26, p. e13065, 2022.

SINGH, Gurpreet; SIDDIQUE, Rafat. **Effect of waste foundry sand (WFS) as partial replacement of sand on the strength, ultrasonic pulse velocity and permeability of concrete**. Construction and building materials, v. 26, n. 1, p. 416-422, 2012.

SOUZA, Ricardo Pires de. **Otimização de parâmetros mecânicos e microestruturais dos moldes em areia de sílica ligados quimicamente pelo processo de cura a frio em fundição de aço**.

2015.

VERGANI, Alexandre Bertolaccini. **Levantamento e avaliação de aspectos e impactos ambientais em uma indústria de fundição-LAIA**. 2023.