

POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO INDUSTRIAL AREIA DE FUNDIÇÃO NO ESTADO DO CEARÁ

Felipe Alves da Silva Freitas

Discente – Centro Universitário Fametro - Unifametro

felipe.freitas@aluno.unifametro.edu.br

Felipe Fonseca Bastos

Doutorando – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP- PT

Pesquisador GEP-NEX-Unifametro

fellipe.fbastos@gmail.com

Simone Menezes Mendes

Docente – Centro Universitário Fametro - Unifametro

simone.mendes@professor.unifametro.edu.br

Área Temática:Gestão, Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade na Construção Civil

Área de Conhecimento: Ciências Tecnológicas

Encontro Científico:IX Encontro de Iniciação à Pesquisa

RESUMO

O processo industrial de fundição além de gerar o material metálico, gera resíduos, como areia de fundição (ADF). Esse material residual, que é posteriormente descartado em aterro sanitário, é classificado na NBR 10.004 como Inerte II- B, ou seja, não tóxico contaminante, gera um grande impacto ambiental, visto que, para cada tonelada de metal fundido, são utilizadas 8 a 10 toneladas de areia virgem. Assim, o presente artigo, através do levantamento de informações e da análise de trabalhos e pesquisas sobre o assunto, apresenta estudo para a classificação destes resíduos da indústria cearense, objetivando demonstrar seu potencial de reutilização para aplicações na construção civil, buscando assim uma solução mais sustentável, reinserindo-o no ciclo produtivo.

Palavras-chave: areia de fundição; resíduos industriais; sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Segundo o relatório Brundtland (1987) da Organizações das Nações Unidas (ONU), que recebeu o epíteto de “nosso futuro comum”, a sustentabilidade é a solução para satisfazer as necessidades presentes e futuras para nosso planeta, assunto que perpassa também pela resolução de questões mundiais como a geração de resíduos industriais, o estímulo do uso de

energia limpa, a desigualdade social, o aquecimento global, as migrações e o êxodo rural, dentre outros.

No Brasil, passadas três décadas desse marco internacional da sustentabilidade, aconteceram algumas mudanças significativas na área legislativa e na gestão pública, impulsionados inclusive pela evolução dos tratados da ONU e pelas Metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para 2030 (ODS) definidas na Cúpula das Nações Unidas em 2013, que abordaram as questões de sustentabilidade nos setores públicos e em processos industriais.

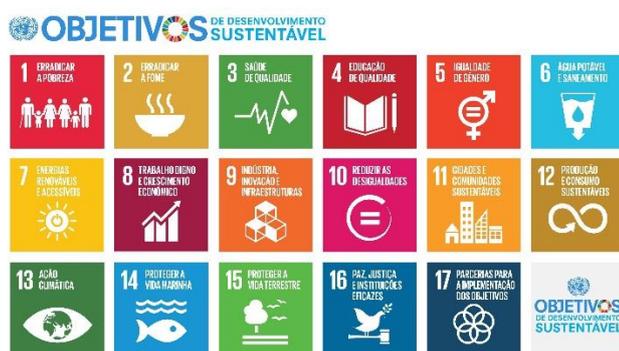


Figura 1. ODS (ONU). fonte: [ODS-UN-2015-2030 | EMGE](https://ods-un-2015-2030.emge.org.br/)

Desta maneira, o setor produtivo passou a aplicar medidas para conter o desperdício e reduzir resíduos, se contrapondo à antiga cultura de dissipação de materiais, objetivando reduzir ao máximo os custos operacionais e mesmo reaproveitar os resíduos, buscando formas de reinseri-los no ciclo produtivo, já que uma das maiores preocupações é seu destino final. Assim, aumentam os interesses empresariais pelo desenvolvimento da logística e programas de sustentabilidade no setor industrial e programas de lixo zero e de economia circular.

Dessa forma, o presente artigo concentra-se em um importante segmento da indústria, que é a metalurgia de ligas não-ferrosas e aços, que constituem parte importante da economia brasileira, setor cuja contratação de colaboradores cresceu durante o período de isolamento sanitário pela COVID-19, o que mostra sua pujança econômica.

O principal resíduo gerado no processo é a areia de fundição, também conhecida como areia de moldagem, cuja constituição é de areia de sílica limpa, de tamanho uniforme e de alto desempenho para formar moldes para a fundição de metais ferrosos e não ferrosos.

Assim, o presente estudo objetiva demonstrar o potencial, na indústria cearense, de utilização deste resíduo, atualmente é descartado em aterros industriais. Em função de esforços

de diversos pesquisadores no Brasil e no mundo que tem desenvolvido estudos com esse material, cuja composição química pode se alterar de acordo com a fonte da areia virgem e o material fundido, o artigo em pauta defende a ideia que existe potencial para a aplicação na construção civil, como substituto de agregados miúdos na produção de concreto, argamassas e artefatos cimentícios.

METODOLOGIA

O presente estudo utilizou-se de pesquisa bibliográfica acerca do reaproveitamento resíduos industriais na construção civil, especificamente sobre a areia descartada da indústria de fundição para aplicação em concreto e argamassas.

Deste modo, realizou-se um estudo estruturado em relação à caracterização desse material, tratamento, composição e aplicação, em pesquisas nacionais e internacionais publicadas, como Carnin e Pinto (2018) e Chegatti e Soares (2022), além de ensaios laboratoriais usando a areia de fundição.

No presente estudo comparativo, foi utilizada areia de fundição do polo industrial do Maracanaú, recolhida diretamente do pátio de descarte de uma empresa cearense, submetida a análise química laboratorial seguindo as normativas da NBR 10004, obtendo-se resultados para a Massa Bruta, extrato lixiviado e lixiviado de orgânicos e Inorgânicos.

REFERENCIAL TEORICO

A Associação Brasileira de Fundição (ABIFA) estimou, no ano de 2022, que existem 850 fundições credenciadas, fazendo com que o Brasil ocupe a 10ª posição mundial de fundidos com 2,07 milhões de toneladas produzidas em 2020, sendo ao China a 1ª, com 51,95 milhões de toneladas de fundidos produzidos.

O descarte deste resíduo se dá após o resfriamento, quando os produtos de ferro são retirados dos moldes de areia e esses são quebrados. Aproximadamente 90% da areia utilizada pode ser reinserida no processo de produção, enquanto cerca de 10%, que recebem contato direto com o metal fundido (figuras 2, 3 e 4), resultando na perda das qualidades para uma boa moldagem, tem de ser descartados nos aterros industriais, uma vez que esse material não pode ser devolvido à natureza (ABIFA, 2022), gerando, além de sobrecarga nos aterros, despesas com as taxas e frete do transporte de muitas toneladas para seu destino final.

A utilização da areia do processo vem sendo estudada há algum tempo, tendo destaque as investigações feitas Chegatti (2010), que utilizou a

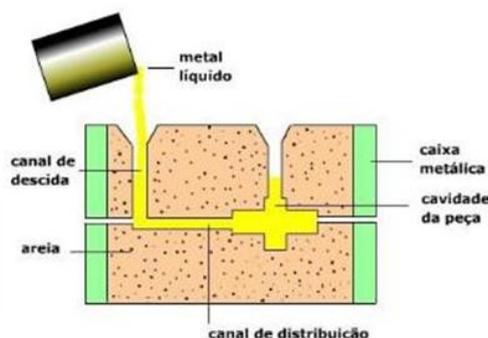
areia de fundição como agregado no processo de fabricação de asfalto, além de uso na confecção de peças em cerâmica, verificando que, conservando um percentual de substituição de até 10%, não foram observadas alteração nas propriedades.



Figura 2. Areia de fundição utilizada nos experimentos para o presente artigo. Fonte: fotografia autoral.



Figura 3 e 4. A função dos moldes de areia. Fonte: Fundição de metais: entenda melhor o processo (engenharia360.com). Consulta em 10/08/2022



Na investigação relacionada com agregados, Carnin, et.al (2018) substituíram a areia natural em traços de concreto, obtendo resultados satisfatórios com até 30% de substituição, entretanto percebeu-se que a absorção de água do material é superior ao agregado natural, dessa forma podendo ser utilizado aditivo para melhorar a trabalhabilidade da argamassa no estado fresco, não prejudicando a resistência final do concreto.

Em relação à legislação para a utilização do resíduo em pauta, o estado do Paraná, liberou a utilização da areia de fundição para a construção civil com a publicação da lei estadual nº21.023/2022, que permite as aplicações em concreto asfáltico, concreto e argamassa para artefatos de concreto, telhas, tijolos e outros artigos de barro cozido para a cerâmica, assentamento de tubulações e de artefatos para pavimentação, base, sub-base, reforço de subleito para execução de estrada, rodovias e vias urbanas, e cobertura diária em aterro sanitário. Dessa forma, a legislação paranaense evita a dispersão do material na natureza, além de gerar economia à indústria e promover novos postos de trabalho. O projeto é inspirado em práticas similares adotadas em países como Estados Unidos, Bélgica, França, Finlândia, Dinamarca, Alemanha, Japão e Austrália.

Atualmente, encontra-se em tramitação desde 2020 um projeto de lei federal que propõe a utilização do resíduo de fundição para diversas aplicações na construção civil, desde que se tenha os parâmetros estabelecidos pela Norma Brasileira 10.004 para resíduos classe II B inertes.

Portanto, tendo em vista os constantes debates a respeito dos problemas ambientais, e

com as pesquisas sobre a ciência dos materiais de construção relacionadas ao tema sustentabilidade, a presente pesquisa busca fazer uma revisão bibliográfica sobre o resíduo da areia do processo de fundição, com fins de aplicabilidade na construção civil, comparando parâmetros de caracterização de ensaios e pesquisas de diversos autores nacionais e internacionais que utilizaram o resíduo em substituição da areia natural na aplicação em argamassas e concretos. O estudo aponta o potencial de utilização da areia de fundição do estado do Ceará, visto que essa areia é classificada como resíduo CLASSE II B pela NBR 10.004, entretanto que devido às questões de legislação ambiental, está areia é classificada como resíduo e atualmente é descartada em aterro industrial controlado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A areia de fundição da indústria cearense foi submetida aos ensaios conforme a NBR10.004 e NBR10.005 para análise laboratorial, classificação de resíduos solúveis ou não solúveis nos índices apresentados de Massa Bruta, extrato lixiviado e lixiviado de orgânicos e Inorgânicos, apresentando os seguintes parâmetros de enquadramento¹:

⇒ Resíduo - Massa Bruta (NBR 10004)

NBR 10004:2004 - Massa Bruta				
Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos	VMP - NBR 10004:2004
pH (Suspensão 1:1)		2 a 13	9,04	2,0 - 12,5 (b)
Sulfeto (como H ₂ S)	mg/kg	21	< 21	500 (c)
Porcentagem de Sólidos	% p/p	0,05	92,9	
Cianeto (como HCN)	mg/kg	1,1	< 1,1	250 (c)

⇒ Resíduo - Extrato Lixiviado (NBR 10005)

NBR 10005:2004 - Lixiviado - (Anexo F) Inorgânicos				
Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos	VMP NBR 10004:2004
Arsênio	mg/L	0,01	< 0,01	1,0
Bário	mg/L	0,01	0,246	70,0
Cádmio	mg/L	0,001	< 0,001	0,5
Chumbo	mg/L	0,01	0,0150	1,0
Cromo	mg/L	0,01	0,0789	5,0
Fluoreto	mg/L	0,1	< 0,1	150
Mercurio	mg/L	0,00008	< 0,00008	0,1
Prata	mg/L	0,01	< 0,01	5,0
Selênio	mg/L	0,008	< 0,008	1,0

NBR 10005:2004 - Lixiviado - (Anexo F) Orgânicos

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos	VMP NBR 10004:2004
Lindano (g-HCH)	mg/L	0,00003	< 0,00003	0,2
Metiltilcetona	mg/L	2,5	< 2,5	200

NBR 10005:2004 - Lixiviado - (Anexo F)

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos	VMP NBR 10004:2004
Tempo de Lixiviação	horas	---	18	16 - 20
Solução de Extração		---	1	
pH Final do Lixiviado		---	5,36	

¹ Observações: LQ* - Limite de quantificação da Amostra (LQ= LQM x fator de preparo da amostra correção base seca, quando aplicável); LQM= Limite de quantificação do Método; VMP**: Valores máximos permitidos pela Norma ABNT: 10004: 2004.

NBR 10005:2004 - Lixiviado - (Anexo F) Orgânicos				
Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos	VMP NBR 10004:2004
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	3,0
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	1,0
1,4-Diclorobenzeno	mg/L	0,001	< 0,001	7,5
2,4,5-T	mg/L	0,00005	< 0,00005	0,2
2,4,5-TP	mg/L	0,00005	< 0,00005	1,0
2,4,5-Triclorofenol	mg/L	0,0001	< 0,0001	400
2,4,6-Triclorofenol	mg/L	0,0001	< 0,0001	20,0
2,4-D	mg/L	0,00005	< 0,00005	3,0
2,4-Dinitrotolueno	mg/L	0,00005	< 0,00005	0,13
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	< 0,00003	0,003
Benzeno	mg/L	0,001	< 0,001	0,5
Benzo(a)pireno	mg/L	0,00005	< 0,00005	0,07
Clordano (isômeros)	mg/L	0,00003	< 0,00003	0,02
Cloreto de Vinila	mg/L	0,001	< 0,001	0,5
Clorobenzeno	mg/L	0,001	< 0,001	100
Clorofórmio	mg/L	0,001	< 0,001	6,0
DDT (isômeros)	mg/L	0,00001	< 0,00001	0,2
Endrin	mg/L	0,00003	< 0,00003	0,06
Hexaclorobenzeno	mg/L	0,00005	< 0,00005	0,1
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,00001	< 0,00001	0,5
Hexacloroetano	mg/L	0,00005	< 0,00005	3,0
3+4-Metilfenol (m+p-Cresol)	mg/L	0,0001	< 0,0001	200
Metoxicloro	mg/L	0,00003	< 0,00003	2,0
Nitrobenzeno	mg/L	0,00005	< 0,00005	2,0
2-Metilfenol (o-Cresol)	mg/L	0,00005	< 0,00005	200
Pentaclorofenol	mg/L	0,00005	< 0,00005	0,9
Piridina	mg/L	2,5	< 2,5	5,0
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	0,001	< 0,001	0,2
Tetracloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	4,0
Toxafeno	mg/L	0,0001	< 0,0001	0,5
Tricloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	7,0
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00002	< 0,00002	0,003

Os resultados da amostra fazem o enquadramento da areia de fundição coletada do setor industrial de Maracanaú como um resíduo classe IIB-Inerte não perigoso, isto é Classe II B, material que, quando em contato com água, não sofre transformações físicas, químicas ou biológicas, mantendo-se inalterados por um longo período de tempo. Os resíduos inertes mantêm suas características durante o processo de decomposição. Alguns exemplos de resíduos classificados nessa categoria: entulhos de demolição, pedras, areia, sucatas de ferro, madeiras, isopor, borrachas, latas de alumínio e vidros. Esses resíduos podem ser dispostos em aterros sanitários e podem também ser reciclados, não causam poluição devido ao fato de não alterarem as características do solo e nem das águas, não liberando substâncias que prejudicam o meio ambiente.

As conclusões da análise da amostra feita com a areia de fundição, considerando os parâmetros da NBR 10.004 e NBR10005 foram as seguintes:

Massa Bruta: Comparando-se os resultados obtidos com os valores máximos permitidos pela NBR 10004:2004 podemos afirmar que os parâmetros satisfazem os limites permitidos.

Solubilizado: Comparando-se os resultados obtidos com os valores máximos permitidos pelo Anexo G da NBR 10004:2004, pode-se afirmar que os parâmetros satisfazem os limites permitidos pela normativa.

Lixiviado: Comparando-se os resultados obtidos com os valores máximos permitidos pelo Anexo F da NBR 10004:2004, pode-se afirmar que os parâmetros satisfazem os limites

permitidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com isso, sendo classificada a areia de fundição da coleta da empresa cearense como resíduo não inerte CLASSE II B resíduo não perigoso, de acordo com pesquisas de diversos autores em outras amostras coletadas relacionadas com esse material, pode se determinar que a areia de fundição utilizada no processo de fabricação de peças de aço no setor industrial do Maracanaú pode ser reutilizada para fins substituição de areia natural para a construção civil, demonstrando que há viabilidade e potencial econômico e ambiental, pois, ao invés de ser descartado em aterro industrial, pode ser destinado a processos de fabricação de artefatos de concreto ou aplicações correlatas de substituição da areia convencional.

Entretanto para isso, a legislação estadual deverá ser mudada, de forma a, não apenas permitir, como incentivar o uso desse material na construção civil, como ocorre no estado do Paraná, prática sustentável de reinserir o resíduo industrial no ciclo produtivo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO – ABIFA. Guia ABIFA de Fundição Anuário 2018, São Paulo. ADF – Soluções para areias descartadas com o trabalho da ABIFA. **Revista Fundição & Matérias-primas**, 97ºed., São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.abifa.org.br/revista-abifa/>
- ABNT- Associação brasileira de Normas técnicas- NBR 10.004:2004 - estabelece os critérios para classificação dos resíduos sólidos, São Paulo, 2004.
- ABNT- Associação brasileira de Normas técnicas- NBR 10.005:2004 – Procedimento para obtenção de extratos de lixiviados de resíduos sólidos, São Paulo, 2004.
- Carnin, R.; Pinto. R.C Areia descartada de fundição para uso em concreto de cimento Portland: análise do agregado. Revista Matéria. ISSN 1517-7076 artigo e-12160, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/bqNRCNc5mmbrgkjK6jJ6zb/?lang=pt>
- CHEGATTI. S; SOARES, S. R. Valorização de resíduos de fundição – ensaios de aplicabilidade em massa asfáltica e cerâmica vermelha. Disponível em: <http://docplayer.com.br/57145143-Valorizacao-de-residuos-de-fundicao-ensaios-de-aplicabilidade-em-massa-asfaltica-e-ceramica-vermelha.html> . Acesso em: 24-04-2022
- PARANÁ. Lei nº 21.023. Dispõe sobre uso de Areia Descartada de Fundição. Assembleia Legislativa do Estado do Paraná.