

Avaliação do desempenho da utilização de areia de fundição em argamassas por meio de ensaios de resistência à compressão

Performance evaluation of the use of foundry sand in mortars by compression resistance tests

Evaluación del rendimiento del uso de arena de fundición en morteros mediante ensayos de resistencia a la compresión

João Vitor Meneguetti Berti

Graduando em engenharia civil, UNESP, Brasil
jymb97@hotmail.com

João Pedro Bittencourt Batista

Mestrando em engenharia civil, UNESP, Brasil.
jpedrobb92@gmail.com

Jorge Luis Akasaki

Professor Doutor, UNESP, Brasil.
jorge.akasaki@gmail.com

RESUMO

A construção civil movimenta grande parte da economia brasileira. O concreto é o principal material utilizado neste setor e para produzi-lo é necessário explorar grandes quantidades de recursos naturais, prejudicando o meio ambiente. Com isso, gera-se a necessidade de desenvolver materiais alternativos para substituir materiais constituintes do concreto e argamassa, como a areia natural. A areia de fundição, resíduo gerado das caldeiras de biomassa para produção de energia, é um material que pode ser utilizado como alternativa para minimizar o consumo de areia natural. A proposta deste trabalho é analisar a substituição em massa da areia natural em argamassas com 25, 50, 75 e 100% com relação cimento/areia 1:2 e relação água/cimento de 0,5. As argamassas foram submetidas ao ensaio de resistência de compressão aos 7, 28 e 90 dias de cura, além da determinação do índice de consistência, segundo as normas vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para análise comparativa dos resultados, foram feitas amostras controles com 100% de areia natural. Para a idade de 7 dias todas as amostras com substituição em massa ficaram pouco abaixo do controle, porém para 28 e 90 dias, com substituição de 25 e 50%, as amostras obtiveram resistência igual ou superior ao controle. Portanto, o estudo mostrou que a areia de fundição é uma alternativa viável economicamente e sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil. Sustentabilidade. Areia de fundição.

Abstract

Civil construction is responsible for much of the Brazilian economy. Concrete is the main material used in this sector and to produce it is necessary to exploit large amounts of natural resources, damaging the environment. As a result, there is a need to search for alternative materials to replace concrete and mortar materials, such as natural sand. Foundry sand is a waste generated from biomass boilers for energy production, is a material that can be used as an alternative to minimize the consumption of natural sand. The aim of this work is to analyze the replacement of natural sand in mortars with 25, 50, 75 and 100% of natural sand replacement by mass with cement/sand proportion of 1: 2 and water / cement ratio of 0.5. The mortars were submitted to the compression strength test at 7, 28 and 90 curing days in addition to determining the consistency index, in accordance with the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT). For comparative analysis of the results, control samples were made with 100% natural sand. At 7 curing days all samples with replacement were slightly below the control, but for 28 and 90 days, with replacement of 25 and 50%, the samples obtained resistance equal to or greater than the control. Therefore, the study showed that foundry sand is an economically viable and sustainable alternative.

KEY-WORDS: Construction. Sustainability. Foundry Sand.

Resumen

La construcción civil mueve gran parte de la economía brasileña. El concreto es el principal material utilizado en este sector y para producirlo es necesario explotar grandes cantidades de recursos naturales, perjudicando el medio ambiente. Con ello, se genera la necesidad de desarrollar materiales alternativos para sustituir materiales constituyentes del concreto y mortero, como la arena natural. La arena de fundición, residuo generado de las calderas de biomasa para producción de energía, es un material que puede ser utilizado como alternativa para minimizar el consumo de arena natural. La propuesta de este trabajo es analizar la sustitución de la arena natural en morteros con 25, 50, 75 y 100% con relación cemento / arena 1: 2, relación agua / cemento de 0,5. Los morteros fueron sometidos al ensayo de resistencia de compresión a los 7, 28 y 90 días de curado y ensayo de consistencia, según las normas vigentes de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT). Para el análisis comparativo de los resultados, se realizaron muestras de controles con un 100% de arena natural. Para la edad de 7 días todas las muestras con sustitución quedaron poco por debajo de al control, pero para 28 y 90 días, con sustitución de 25 y 50%, las muestras obtuvieron resistencia igual o superior al control. Por lo tanto, el estudio mostró que la arena de fundición es una alternativa viable económicamente y sostenible.

PALABRAS CLAVE: Construcción civil. Sostenibilidad. Arena de fundición.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente tem crescido cada vez mais nas últimas décadas. A conferência de Estocolmo, em 1972, foi a primeira vez em que líderes mundiais discutiram alternativas para amenizar os problemas ambientais. Em 1983, foi criada pela Assembleia Geral da ONU, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) e em 1987, à partir dessa comissão, gerou-se um documento conhecido como Relatório Brundtland, propondo novas formas de cooperação internacional de modo a orientar as políticas e ações sustentáveis (SEYFANG, 2003). Desde então, vários países vêm discutindo acordos e soluções para um crescimento sustentável e a deterioração do meio ambiente passou a ser tratado com seriedade.

A construção civil movimenta grande parte da economia mundial. O concreto é o principal material utilizado e seu principal agregado miúdo é a areia natural, cuja extração é realizada nos leitos de rio causando diversos problemas ambientais como o abaixamento do lençol freático, afundamento dos pilares de pontes, deslizamentos etc (E.; MANJU, 2016; AGRAWAL et al., 2017).

Nesse contexto, o estudo de materiais residuais, tem sido altamente estudado por possuir capacidade de substituir parcialmente ou totalmente a areia natural, trazendo sustentabilidade na construção civil (SAHA; SARKER, 2017).

A geração de resíduos sólidos industriais no Brasil tem produção média de 2,9 milhões de toneladas por ano, sendo que somente 22% recebem tratamento adequado. Os 78% restantes são recebem o tratamento adequado (ABETRE, 2007).

Nesta pesquisa foi utilizado a areia de caldeira de força, ou areia de fundição que é um dos resíduos provenientes da geração de energia por meio do processo industrial em que há utilização da Caldeira de Biomassa, ou Caldeira de Força, que auxilia na produção de vapor para o processo de geração de energia. Para a fabricação de peças em ferro fundido, a geração média de rejeito de materiais descartáveis na fundição é de 0,9 tonelada por tonelada de peça fundida boa, e 90% desse valor equivale ao descarte de Areia de Fundição (D'ELBOUX apud TILCH, 2000).

Segundo a norma ABNT NBR 10004/2004 (ABNT, 2004) os resíduos sólidos de areia de fundição são classificados como não perigosos e não inertes e seu depósito deve ser feito em aterros industriais. Entretanto, há muitos casos nos quais as empresas geradoras não utilizam esse meio apropriado, descartando os resíduos em locais impróprios, como lixões e aterros clandestinos, o que ocasiona graves pontos de poluição (BRONDINO, SILVA, BRONDINO, 2014, p. 6, apud OKIDA, 2006).

Além das preocupações ambientais tanto para a extração da areia natural quanto para o depósito correto em aterros dos resíduos, há também a preocupação no transporte da areia natural, onde há um custo muito alto no Estado de São Paulo (CUCHIERATO, 2000).

Alguns trabalhos foram publicados utilizando este material como substituição da areia natural no concreto. Segundo KHATIB et. al. (2013), ao se substituir cerca de 55% de areia de fundição

na fabricação do concreto, é possível observar uma boa resposta quanto a forças de compressão, tração e carbonização, tornando viável esta substituição.

O uso da areia de fundição foi também empregado em pesquisas na produção de tijolos, em que Angst (2015) concluiu que o material com adição de 50% de resíduo e 10% de cimento apresentou resultados iguais ou superiores ao controle.

Fisicamente, a substituição do agregado miúdo, pode-se interferir em um dos efeitos para um possível ganho de resistência. O efeito filler, que é devido às partículas pequenas do material que preenchem os espaços vazios da matriz, tornando o material mais coeso, dificultando sua ruptura (LAWRENCE; CYR; RINGOT, 2003).

Assim, a utilização de resíduos industriais mostra-se uma alternativa benéfica, pois reduz a exploração da areia natural, diminui os custos de transporte e minimiza os impactos ambientais (TCHAMDJOU et al., 2017).

2. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é analisar a substituição em massa de areia natural por areia de fundição na produção de argamassas, nas porcentagens de 0%, 25%, 75% e 100% por meio dos ensaios de resistência à compressão aos 7, 28 e 90 dias de cura e determinação do índice de consistência.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

3.1.1 Agregados miúdos

Os agregados miúdos utilizados na pesquisa foram:

- Areia Média Natural tem origem do Porto Nossa Senhora Aparecida e Pedreira Três Irmãos, de Andradina – SP.
- Areia de Fundição, ou Areia Residual de Caldeira de Biomassa, proveniente da empresa FIBRIA localizada na cidade de Três Lagoas (MS).

3.1.2 Aglomerante

O aglomerante utilizado foi o cimento CII-Z: Cimento Portland composto com pozolana.

3.1.3 Água

Foi utilizada água potável de abastecimento público da cidade de Ilha Solteira – SP.

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Dosagem

Foi utilizado o traço com as seguintes proporções:

- Relação água/cimento de 0,5;
- Relação cimento/areia de 1:2;
- Substituição de areia natural por areia de fundição: 25, 50, 75 e 100%.

3.2.2 Mistura

Primeiramente foi adicionado água e aglomerante e a argamassadeira foi acionada na velocidade 1 (124 rpm) por 30 segundos. Após a homogeneização da mistura, a argamassadeira novamente foi ligada na velocidade 1 por 30 segundos e em seguida alterada para a velocidade 2 (220 rpm). Adicionou-se os agregados miúdos na mesma velocidade por 7 minutos, finalizando o processo.

3.2.3 Ensaio de consistência

Logo após a mistura, determinou-se os valores de Índice de Consistência determinados através do ensaio “flow table”, seguindo a norma NBR 13276/2005.

3.2.4 Adensamento

Foi utilizada a mesa vibratória na fase de adensamento da mistura, por 60 segundos para cada molde.

3.2.5 Capeamento

Para fazer a regularização dos corpos de prova, após analisar a trabalhabilidade para cada traço, afim de efetuar o ensaio de compressão axial deve-se fazer o capeamento dos corpos de prova. Para isso utiliza-se uma mistura de enxofre (60%) e pozolana (40%). Untou-se o prato do aparelho de capear com óleo mineral e também a concha utilizada para derramar a mistura.

Todos os corpos de prova foram capeados, para isso, coloca-se o corpo de prova no prato do aparelho de forma que uma de suas bases fica em contato com a mistura, em seguida, após o resfriamento, inverte a posição para que a outra base sofra o mesmo processo.

3.2.6 Ensaio de resistência à compressão axial

Após passado o tempo de cura de cada corpo de prova, foram realizados os ensaios de resistência à compressão simples utilizando uma prensa universal sob velocidade 2,5

Kgf/cm²*s. As idades de ensaios foram de 7, 28 e 90 dias para as porcentagens de 0% (controle), 25%, 50%, 75% e 100% de areia de fundição na argamassa. Os dados de resistência à compressão foram calculados conforme a NBR 7215 (ABNT, 1997).

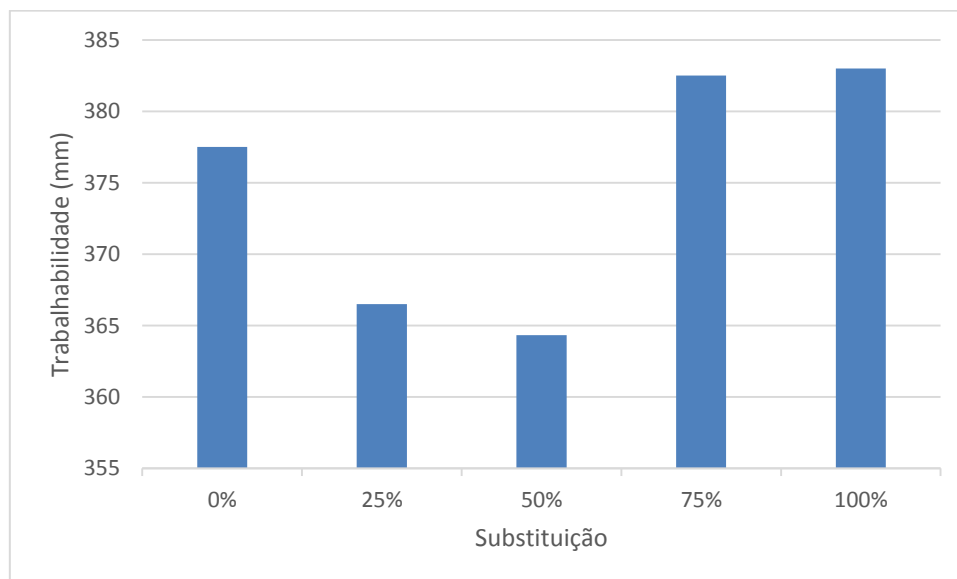
4. RESULTADOS

Os resultados de resistência à compressão e índice de consistência com a substituição de areia natural por areia de fundição em diferentes porcentagens serão apresentados a seguir.

4.1 Resultados do ensaio de consistência

O resultado do ensaio está representado na Figura 1. O gráfico apresenta relação entre o diâmetro do espalhamento da argamassa (mm) com a porcentagem de substituição da areia natural pela areia de fundição, sendo o controle a porcentagem de 0%.

Figura 1- Índice de consistência das argamassas



Fonte: Próprio Autor

Em relação aos resultados do ensaio de trabalhabilidade pode-se concluir que não houve uma mudança significativa com o acréscimo de areia de fundição na argamassa. A substituição com 50% apresenta a maior diferença em relação ao controle, porém com uma diferença apenas de aproximadamente de 13 mm.

4.2 Resultados de resistência à compressão

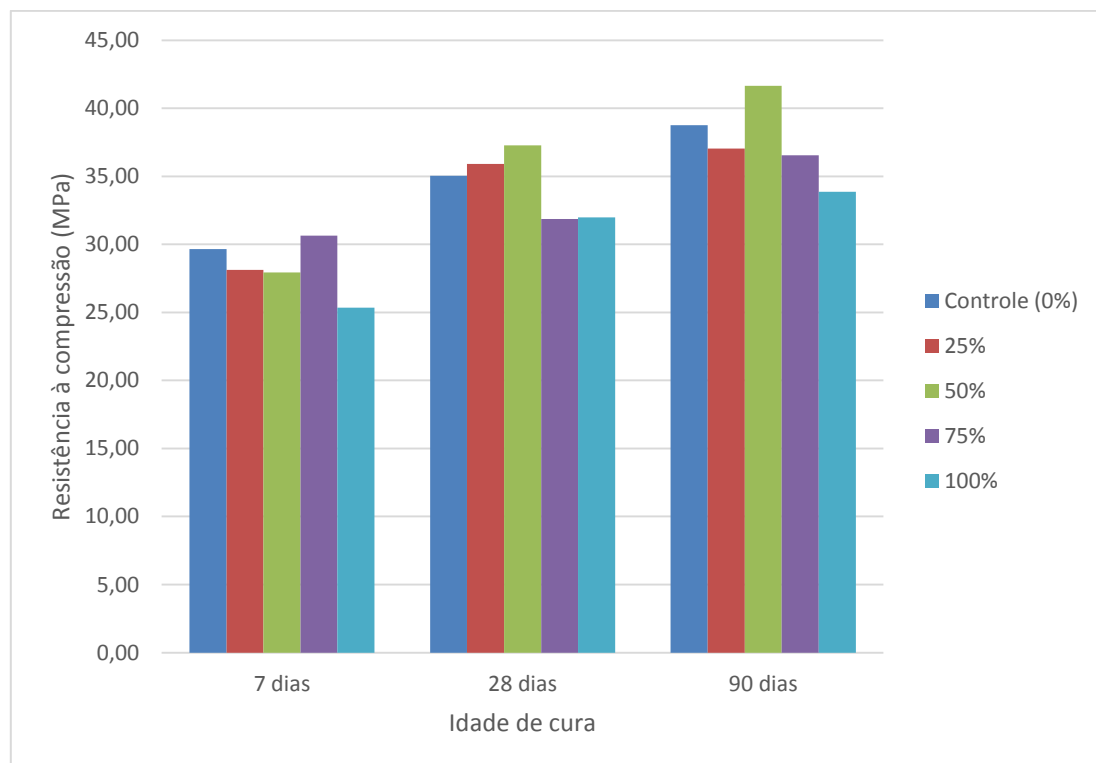
Os resultados de resistência à compressão das substituições em função do tempo são mostrados na Tabela 1 e na Figura 2. Pode-se observar que as argamassas com idade de 7 dias, as resistências ficaram abaixo do controle, apenas a substituição de 75% apresentou resultado acima. Para a idade de 28 dias, as substituições de 25 e 50% ultrapassaram o controle e as de 75 e 100% ficaram ligeiramente abaixo. Com 90 dias, a argamassa com 50% de substituição apresentou resistência maior que o controle; para as porcentagens de 25 e 75% os resultados se mantiveram muito próximos e para 100%, a resistência ficou abaixo da argamassa controle.

Tabela 1 - Resultados de resistência à compressão para as substituições estudadas (em MPa)

| Substituição/Idade | 7 dias | 28 dias | 90 dias |
|--------------------|--------|---------|---------|
| Controle (0%) | 29,66 | 35,04 | 38,77 |
| 25% | 28,13 | 35,91 | 37,04 |
| 50% | 27,94 | 37,28 | 41,66 |
| 75% | 30,65 | 31,87 | 36,55 |
| 100% | 25,35 | 31,98 | 33,86 |

Fonte: Próprio Autor

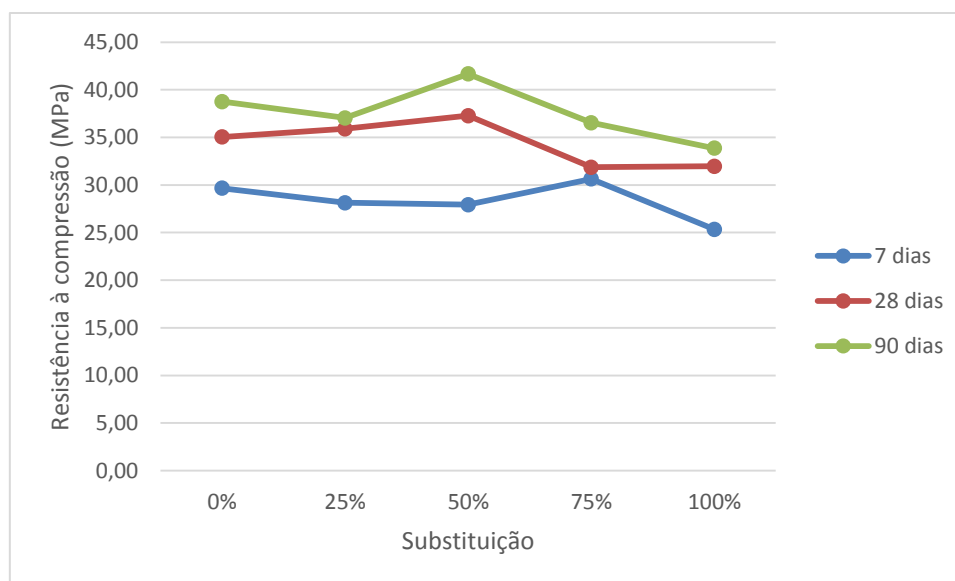
Figura 2- Resultados de resistência à compressão para as substituições em função do tempo



Fonte: Próprio Autor

A Figura 3 mostra o valor de resistência à compressão em função da porcentagem de substituição. Pelo gráfico, pode-se identificar que há um ponto ótimo para as idades de 28 e 90 dias, que é a porcentagem de 50% de substituição de areia natural pela areia de fundição.

Figura 3- Resultados de resistência à compressão em função da porcentagem de substituição da areia natural pela areia de fundição



Fonte: Próprio Autor

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios de compressão axial simples mostraram que a substituição pode ser benéfica se for empregada em uma proporção particular de material alternativo. As argamassas a partir dos 28 dias de cura com 50% de substituição de areia natural por areia de fundição obtiveram resultados melhores até do que as argamassas de comparação, com apenas areia natural. Porém com porcentagens acima de 50% da areia de fundição em relação à areia natural os resultados não foram tão satisfatórios, havendo um decréscimo na tensão máxima média suportada pela argamassa. Isto é mais evidente quando analisados as porcentagens extremas, ou seja, total substituição da areia natural por areia de fundição e a total utilização de areia natural, onde o decréscimo de resistência pelo total emprego do material alternativo é evidente e significativo. Na trabalhabilidade houve uma diferença menor, com porcentagens mais altas na substituição a trabalhabilidade se manteve quase a mesma.

Com a existência de alguns países já utilizando esse material, areia de fundição, em alguns setores há uma importância na continuidade da pesquisa para encontrar a melhor maneira de se empregar esse material, evitando custos desnecessários e desperdício de material com potencial a ser utilizado na construção civil.

6. AGRADECIMENTO

Agradeço ao CNPq e as empresas FIBRIA e PAVESUL ENGENHARIA pelo financiamento e fornecimento de materiais para a pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABETRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais Brasil trata apenas 22% dos resíduos industriais perigosos. 2007. Disponível em: <http://www.abetre.org.br/noticia_completa.asp?NOT_COD=373> acessado em 20 de setembro de 2017.

AGRAWAL, U.s. et al. Characteristic study of geopolymer fly ash sand as a replacement to natural river sand. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 150, p.681-688, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.029>.

ANGST, M; VENDRUSCOLO, M. A. **Aproveitamento da Areia de Fundição na Produção de Tijolos**. In: II Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 2. 2015, Itajaí, SC. **Anais Eletrônicos...** Itajaí: ENSUS, 2015. p. 1-11. Disponível em: <http://ensus2008.paginas.ufsc.br/files/2015/09/Aproveitamento-da-areia-de-fundi%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS — ABNT. **NBR 13276**: Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5739**: concreto - ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos concreto. Rio de Janeiro, 2007. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733**: cimento portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: cimento portland – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRNM 65**: cimento portland – determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003. 4 p.

BRONDINO, O. C.; GALDINO, J. P.; BRONDINO, N. C. M. **O problema do Descarte da Areia de Fundição**. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 42., 2014, Juiz de Fora, Mg. **Anais Eletrônicos...** Juiz de Fora: Abenge, 2014. p. 1-12. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge-2014/Artigos/129851.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

CUCHIERATO, G. **Caracterização tecnológica de resíduos da mineração de agregados da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), visando seu aproveitamento econômico**. São Paulo, 2000. 201 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

D'ELBOUX, F. A. **Minimização de descarte de areias de fundição**. 2000. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção; Área de Concentração em Sistemas de Gestão).

E., Rahmathulla Noufal; MANJU, Unnikrishnan. I-sand: An environment friendly alternative to river sand in Reinforced Cement Concrete constructions. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 125, p.1152-1157, out. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.130>.

LAWRENCE, P., CYR, M., RINGOT, E. Mineral admixtures in mortars: Effect of inert materials on short term hydration. **Cement and Concrete Research**, Kidlington, v. 33, . 1939- 1947, 2003.

SEYFANG, G. Environmental mega – conferences — from Stockholm to Johannesburg and beyond. **Global Environmental Change**, v.13, p. 223–228, 2003.

SAHA, Ashish Kumer; SARKER, Prabir Kumar. Compressive Strength of Mortar Containing Ferronickel Slag as Replacement of Natural Sand. **Procedia Engineering**, [s.l.], v. 171, p.689-694, 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.410>.

TCHAMDJOU, Willy Hermann Juimo et al. An investigation on the use of coarse volcanic scoria as sand in Portland cement mortar. **Case Studies In Construction Materials**, [s.l.], v. 7, p.191-206, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cscm.2017.07.005>.

KHATIB, J.M.; HERKI, B.A.; KENAI, S. Capillarity of concrete incorporating waste foundry sand. **Construction and building materials** 47 (2013). Páginas 867-871.