

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

**EMPREGO DA AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO NA CADEIA PRODUTIVA:
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

**APPLICATION OF USED FOUNDRY SAND IN SUPPLY CHAIN: A LITERATURE
REVIEW**

Juliano Ferrari

RESUMO

A proposta deste estudo é realizar um apanhado dos resultados das pesquisas recentes sobre o emprego da areia descartada de fundição nas cadeias produtivas de diferentes setores da economia. Para isso, se utilizará o método de pesquisa bibliográfica, revisando a literatura nacional e internacional, através das bases de dados Portal de Periódicos CAPES, EBSCO Business Source Complete, Passport Euromonitor, La Referencia e JSTOR. Define-se como objetivo desta pesquisa identificar em quais setores há maior versatilidade no emprego deste resíduo em sua cadeia produtiva. Verificou-se que a produção científica acerca do tema concentra-se na reutilização do resíduo na construção civil, principalmente na substituição da areia quartzosa. A revisão conclui que as pesquisas tem maior cunho técnico, e poucas procuram incluir a questão da viabilidade econômica nos objetivos. Este trabalho limita-se à disponibilidade dos resultados desses estudos, disponíveis nas bases de dados pesquisadas.

Palavras-chave: Reutilização, Resíduo, Areia de Fundição, Cadeia de Suprimentos.

ABSTRACT

The purpose of this study is make an overview of the results of recent research on the use of discarded foundry sand in production chains of different sectors of the economy. For this, we use the method of literature research, through the bases Portal CAPES, EBSCO Business Source Complete, Euromonitor Passport, La Reference and JSTOR database. Is defined as objective of this research to identify sectors in which there is more versatility in the use of this waste in its supply chain. It was found that the scientific literature on the subject focuses on the reuse of waste in construction, mainly in replacement of quartz sand. The review concludes that research is more technical nature, and few seek to include the issue of economic viability in the objectives. Is defined as objective of this research to identify sectors in which there is more versatility in the use of this waste in its supply chain. This work is limited to the availability of the results of these studies are available in the database searched.

Keywords: Reuse, Waste, Sand Casting, Production Chain.

1. Introdução

É impossível afirmar que não existam dúvidas com relação aos problemas ambientais os quais o planeta enfrenta. Empresas interessadas em obter retorno sobre ações com foco na sustentabilidade econômica e ambiental, tem investido seus recursos em ações responsáveis, observando, em partes, os aspectos relacionados à economia nos seus processos ou o apelo de marketing. Pesquisadores são congruentes em afirmar que a preocupação ecológica pode trazer mais benefícios às organizações o que as mesmas comumente imaginam indo muito além da melhora na imagem, aliando seu nome à sustentabilidade. Alguns projetos inovadores ganharam destaque dentro do cenário econômico, por trazerem reduções significativas dentro das estruturas de custos de alguns setores, principalmente da indústria (PALMER, 2006).

A Areia Descartada de Fundição (ADF), por exemplo, é um resíduo industrial que em muito onera o processo da indústria da fundição, em todo o mundo. Seu descarte é absolutamente complexo e as áreas para onde este resíduo vem sendo direcionado são cada vez mais escassas. Há, porém, várias formas de aplicação alternativa. Estudos científicos já verificaram a viabilidade técnica na aplicação deste resíduo industrial em diversas finalidades, como em camada intermediária em aterros domésticos, aditivo ao concreto, aditivo ao asfalto e na incorporação em adubos ou compostos (HANS e VELDE, 2011).

Através do exposto, compreende-se como problema de pesquisa do presente trabalho, verificar quais são os resultados das pesquisas sobre a reutilização da areia de fundição. Já o objetivo deste estudo é constatar as diferentes conclusões que as pesquisas realizadas em todo o mundo indicam, para a reutilização da areia descartada de fundição.

Para realizar a pesquisa proposta, optou-se pela utilização do método de pesquisa bibliográfica, nas seguintes bases de dados: a) Portal de Periódicos CAPES; b) EBSCO Business Source Complete; c) Passport Euromonitor; d) La Referencia; e) JSTOR.

2. Revisão da Literatura

2.1 Areia de Fundição

O principal componente para a fabricação do molde de fundição, a areia verde para moldagem, é um agregado fino, mineralogicamente puro, ao qual são misturados ligantes ou aglomerantes, como a bentonita, que tem a finalidade de garantir a manutenção dos machos e cavidades internas dos moldes durante o processo de fundição. A extração deste minério é realizada mecanicamente, assim como a areia quartzosa convencional, com o uso de retro escavadeiras ou dragas, para a extração do solo, e navios e caminhões para transporte até o beneficiamento (PEREIRA, 2008).

O estudo da reutilização da areia de fundição como matéria-prima total ou parcial dentro da construção civil leva inicialmente ao conhecimento das normas brasileiras relativas à caracterização deste resíduo sólido industrial. Nascimento (2006) apresenta estas normas, que servem essencialmente em determinar as características químicas e algumas características físicas destes resíduos, através da avaliação dos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, gerando manuseio e destinos adequados aos mesmos. Desta forma, são previstas as seguintes normas:

a) NBR 10.004 - Resíduos Sólidos: Esta norma procura classificar os resíduos, quanto a sua potencialidade de agressão ao meio ambiente e à saúde pública. Todo resíduo é classificado de acordo com as suas características físicas, químicas e infectocontagiosas. São definidos três grupos de resíduos: Classe I (Perigosos), Classe II (Não Inertes) e Classe III (Inertes). Os resíduos compreendidos nas Classes II e III podem ser incinerados ou dispostos

em aterros sanitários, desde que preparados para tal fim e que estejam submetidos aos controles e monitoramento ambientais. Os resíduos compreendidos na Classe I somente podem ser dispostos em aterros construídos especialmente para tais fins, ou devem ser queimados em incineradores especiais.

b) NBR 10.005 - Lixiviação de Resíduos: O ensaio de lixiviação referente à norma é utilizado para a classificação de resíduos industriais, pela simulação das condições encontradas em aterros. A lixiviação classifica um resíduo como tóxico ou não, seja classe I ou não.

c) NBR 10.006 - Solubilização de Resíduos: O ensaio de solubilização previsto na norma é um parâmetro complementar ao ensaio de lixiviação, na classificação de resíduos industriais. Este ensaio tem por objetivo, a classificação dos resíduos como inerte ou não, isto é, classe III ou não.

d) NBR 10.007 - Amostragem de Resíduos: Esta norma refere-se à coleta de resíduos e estabelece as linhas básicas que devem ser observadas, antes de se retirar qualquer amostra, com o objetivo de definir o plano de amostragem (objetivo de amostragem, número e tipo de amostras, local de amostragem, frascos e preservação da amostra).

A areia descartada de fundição é classificada, como um resíduo não inerte classe II-A, constituída por areia, agentes ligantes, carbono orgânico e partículas de ferro residual. Geralmente esse material apresenta umidade muito baixa e ausência de compostos orgânicos em função das altas temperaturas do processo produtivo (QUISSINI, 2009).

2.2 O reaproveitamento de resíduos industriais

Valdes-Vasquez (2013), garante que a contínua geração de grandes volumes de resíduos sólidos traz a preocupação de empresários de diversos setores, devido principalmente às leis de responsabilidade ambiental e ao custo relativamente elevado para a gestão e destinação dos resíduos.

Embora nenhum tipo de produto de consumo proporcione impacto zero sobre o meio-ambiente, o produto sustentável, verde ou ambientalmente correto, utiliza o mínimo possível de recursos não renováveis, reduz a geração de resíduos ou agentes tóxicos (OTTMAN *et al*, 2006).

No caso da areia descartada de fundição, o teor de metais, prossegue Quissini (2009), é uma característica importante, e tem sido alvo de muitos trabalhos, em especial nos Estados Unidos, onde alguns estados tem regulamentação própria para o reaproveitamento de resíduos. Um ensaio que tem sido solicitado pelos órgãos ambientais daquele país é o TCLP (*Toxicity Characteristic Leachins Procedure*) para definir a periculosidade do resíduo. Se o extrato apresentar contaminantes acima do regulamentado, então o resíduo é considerado tóxico para o meio ambiente, e impróprio para o uso em qualquer aplicação.

3. Resultados Encontrados

A tabela a seguir, resume os resultados encontrados na pesquisa bibliográfica. As pesquisas com resultados semelhantes foram agrupadas, sendo consideradas as mais recentes para constar na presente discussão. A classificação dos resultados, do primeiro listado até o último, segue o critério de semelhança dos resultados, definido pelo autor.

Autor(es)	Local/Ano	Finalidade
-----------	-----------	------------

Pathariya Saraswati Rana Jaykrushna Shah Palas Mehta Jay Patel Ankit	Índia, 2013.	Verificou a viabilidade técnica do emprego da ADF na elaboração de um concreto de baixo custo, adicionando-se na proporção de 60% em relação à areia quartzosa.
Tarun R. Naik Viral M. Patel Dhaval M. Parikh Mathew P. Tharaniyil	EUA, 1994.	Identificou a viabilidade técnica do emprego da ADF na elaboração de concreto comum, utilizando-se a proporção de 33% em relação à areia quartzosa.
Billie J. Lindsay Terry J. Logan	EUA, 2005.	Avaliou a aplicação da ADF como ingrediente em misturas de solo superficial ou recuperação de zonas de enraizamento para aplicações de relva.
Smit M. Kacha Abhay Nakum Ankur Bhogayata	Índia, 2014.	Revisão bibliográfica, que identificou que todas as pesquisas evidenciaram que o concreto feito com areia de fundição pode ser usado adequadamente na elaboração de concreto estrutural, mas, poucas pesquisas sugerem a substituição total da areia quartzosa pela ADF, em que critérios de resistência e durabilidade necessárias para ser estudado mais eficaz no futuro.
Rafat Siddique Geert de Schutter Albert Noumowe	Índia, 2009.	Realizou testes das propriedades mecânicas de corpos de amostras tipo betão fresco, feitos a partir da mistura da ADF com areia comum. Os resultados dos testes indicaram um aumento marginal nas propriedades de resistência do concreto simples pela inclusão da ADF como substituição parcial do agregado tradicional.
Denis Lucas Cláudia Telles Benatti	Brasil, 2008.	Revisão bibliográfica focada na utilização de resíduos na produção de blocos e tijolos de cimento e argilosos, além de considerações sobre a importância da construção civil como receptora de resíduos sólidos industriais.

<p>Luis M. G.Klinsky Glauco T. P. Fabbri</p>	<p>Brasil, 2006.</p>	<p>Verificou a viabilidade técnica do reaproveitamento de ADF em bases de pavimentos flexíveis, através da incorporação a solos argilosos.</p>
<p>Simone M. Biolo Ivo A. Schneider Carlos P. Bergamann</p>	<p>Brasil, 2005.</p>	<p>Analisou, com base em estudos de laboratório, os aspectos tecnológicos e ambientais do reuso da ADF na produção de blocos cerâmicos. Concluiu-se que a reciclagem do resíduo de fundição mostrou-se perfeitamente possível para fabricação de produtos de cerâmica vermelha para construção civil.</p>
<p>Marcio Rogério do Nascimento</p>	<p>Brasil, 2006.</p>	<p>Investigar a influência da bentonita e do pó de carvão, presentes na composição da areia de fundição, no processo de hidratação do cimento Portland.</p>
<p>Milena Gedoz, Taísa F.Maffazzioli Jeane da Paz Vara Talita Dallegrave Rosane Maria Lanzer</p>	<p>Brasil, 2011.</p>	<p>Verificar a toxicidade crônica da água da chuva coletada após escoamento por material construtivo obtido do reaproveitamento de areias descartadas de fundição.</p>
<p>Benedito C. Neto Glauco T. Fabbri</p>	<p>Brasil, 2009.</p>	<p>Concluiu que é viável a reutilização de areia de fundição na composição do agregado para misturas asfálticas densas do tipo concreto asfáltico.</p>

<p>Barbara Samartini Queiroz Alves</p>	<p>Brasil, 2012.</p>	<p>Chegou a conclusão que a ADF é ambientalmente segura para ser reutilizada, tanto em aplicações de construção civil como agrícolas. Entretanto, defende que mais estudos precisam ser realizados, como bioensaios de toxicidade crônica. Quanto à pesquisa exploratória, entendeu-se que barreiras como o baixo valor unitário da areia virgem; a falta de acesso às informações por parte da opinião pública; a falta de mercado organizado que conecte as fontes produtoras aos usuários e de políticas públicas eficazes foram diagnosticadas como as principais causas do baixo percentual de areias reutilizadas e não por questões de viabilidade técnica ou ambiental.</p>
<p>Tarek Abichou, Craig H. Benson, Tuncer B. Edil.</p>	<p>EUA, 2000.</p>	<p>Identificou a viabilidade técnica da aplicação da areia descartada de fundição na base de barreiras hidráulicas, atestando a potabilidade da água represada, através da verificação dos níveis de toxidade.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Após o levantamento, os resultados encontrados demonstraram que as pesquisas tem como foco principal o cunho técnico, sendo seus resultados voltados a identificar características como resistência ou níveis toxicológicos. A figura a seguir ilustra as unidades protótipos erguidas na Universidade de Caxias do Sul, que foram utilizadas como forma de controle para comprovação dos resultados da pesquisa de Gedoz *et al.* (2011), que buscou verificar a probabilidade de contaminação da água da chuva, através do contato com artefatos produzidos através da substituição da areia quartzosa pela areia descartada de fundição.

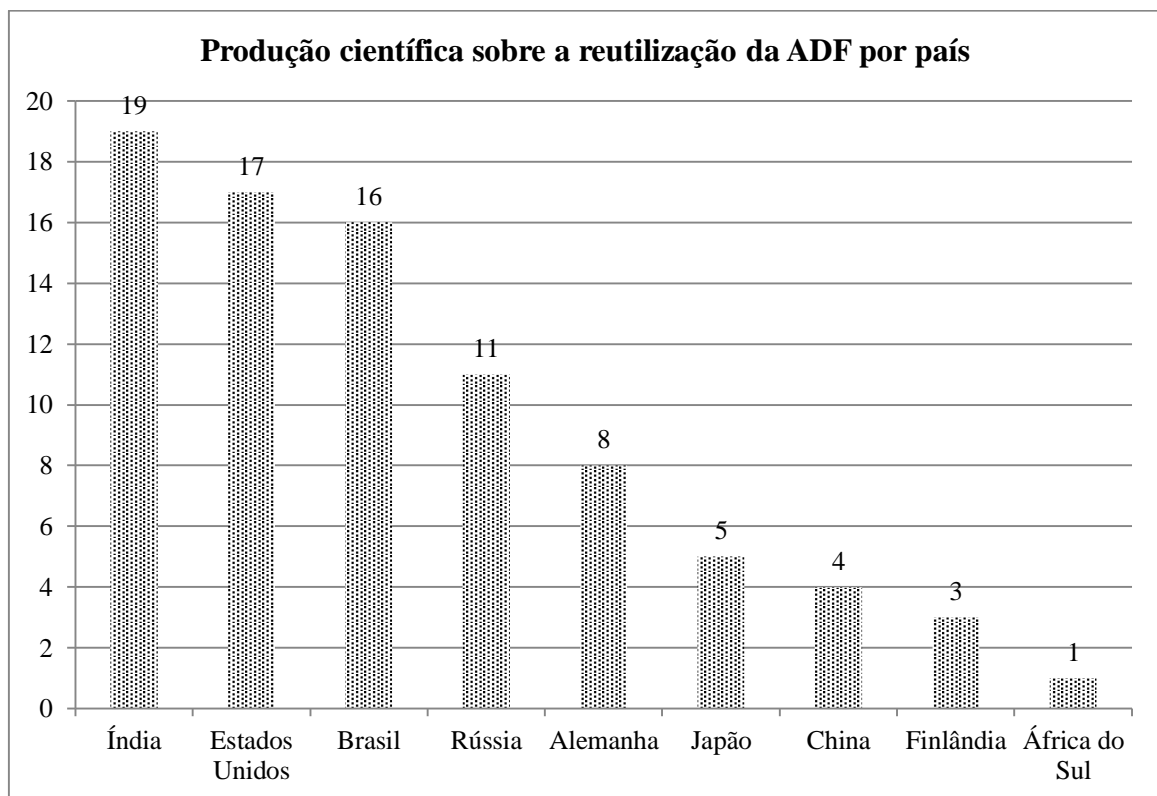
Unidades protótipas, construídas em Caxias do Sul - RS



Fotografia: Jonas Ramos

Fonte: Disponível em <<http://pioneiro.com/>>. Acesso em 11 Jun. 2014

Avaliou-se o nível da produção científica categorizado por país, a partir do número total de pesquisas consideradas pelo levantamento. A imagem a seguir ilustra o total de resultados levantados, não sendo agrupados os resultados semelhantes e utilizando-se do método de mensuração absoluta. Realiza-se a divisão geográfica da localização da universidade a qual o primeiro autor está vinculado, como forma de identificar a frequência da realização deste tipo de pesquisa por país.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Saraswati et al (2013), Naik et al. (1994), Siddique (2009) e Kacha et al. (2014) procuraram verificar, em diversas combinações, os resultados da mistura da areia descartada de fundição na elaboração de diferentes tipos de concretos. Esta aplicação é mais comum na Índia, e embora seja citado um estudo de uma universidade americana, a origem dos autores deste estudo é indiana.

A pesquisa de Lindsay e Logan (2005) é uma das poucas que procura verificar a viabilidade da reutilização da areia descartada de fundição em outro setor da economia que não a construção civil. A pesquisa atestou a viabilidade na aplicação da ADF na recuperação de zonas agrícolas. Há, porém, neste caso, que ressaltar a necessidade da separação e processamento da ADF, que não pode ser aplicada diretamente no solo após o uso na indústria, como a maioria dos estudos propõe.

Além desta pesquisa, o estudo de Abichou *et al.* (2000), buscou identificar se a aplicação da ADF na construção de barreiras hidráulicas através da realização de estudos sobre a toxicidade da água represada. Verificou que os índices de materiais contaminados dentro do resíduo de fundição, não foram transmitidos para a água, atestando a potabilidade da mesma e a viabilidade da proposta.

No Brasil, são claras duas dimensões nas pesquisas de reutilização da ADF. A primeira é a aplicação na elaboração de misturas asfálticas densas, através do asfalto comum ou do concreto armado, como é o caso dos resultados encontrados por Klinsky e Fabbri (2006), Neto e Fabbri (2009). A segunda é a aplicação da fabricação de artefatos de concreto ou cerâmicos, como nas pesquisas de Biolo et al. (2005), Lucas e Benatti (2008) e Gedoz et al. (2011). Todas as pesquisas realizadas no país são essencialmente destinadas a verificar a viabilidade da aplicação da ADF dentro do setor da construção civil.

Ainda são registrados resultados que remetem a verificação dos níveis de toxicidade das aplicações da ADF no processo de hidratação do cimento Portland (NASCIMENTO, 2006). As conclusões de Samartini e Alvez (2012) são mais amplas na análise dos aspectos técnicos e econômicos. Embora tenha identificado que a reutilização da ADF é ambientalmente segura, defende que mais estudos precisam ser realizados, como bioensaios de toxicidade crônica. Além disso, assegura que barreiras como o baixo valor unitário da areia virgem, a falta de acesso às informações por parte da opinião pública, a falta de mercado organizado que conecte as fontes produtoras aos usuários e de políticas públicas eficazes, são as principais causas do baixo índice de areias reutilizadas e não por questões de viabilidade técnica ou ambiental.

Observa-se o grande número de pesquisas com objetivos e resultados semelhantes, principalmente no campo do emprego da ADF como substituta a areia quartzosa na elaboração de concretos e argamassas. A única diferença observada na comparação destes estudos é o grau de mistura da areia descartada e da areia convencional. Absolutamente todos os estudos, inclusive os que experimentam a substituição total da areia comum, tem resultados positivos quanto à níveis de toxicidade e resistência.

Julga-se que, quando comparados os resultados e verificada sua origem, a produção científica acerca do tema, é mais explorada em países em desenvolvimento do que em países desenvolvidos, quando observados os números absolutos. A hipótese criada sobre esta conclusão é de que há maior concentração de fundições neste grupo de países, que incluem Brasil, China e Índia. Por consequência, é maior geração deste tipo específico de resíduo, o que gera uma natural inclinação da comunidade científica local em criar esforços para encontrar uma solução ao problema de descarte da areia de fundição já utilizada. Há, porém, a alternativa de tratar-se de um posicionamento científico cultural local.

4. Considerações Finais

As pesquisas que foram levantadas neste breve estudo, são consoantes na preocupação em identificar se os índices de toxidade e resistência estão de acordo com o exigido por lei ou normas técnicas. Esta preocupação é aceitável, do ponto de vista técnico, uma vez que estes resultados são determinantes para a aprovação dos produtos ou das aplicações sugeridas, diante de agências regulamentadoras ou órgãos de proteção ambiental.

Não verifica-se, porém, a mesma preocupação em identificar se as propostas possuem viabilidade econômica. Este ponto sugere que as aplicações não tem validade assegurada, uma vez que podem ser rejeitadas pelo consumidor final, no momento em que forem levadas a comercialização ou quando for incentivada sua prática no mercado.

Entende-se este, um erro comum dentro do “marketing verde”, sendo estudado sob o termo miopia em marketing verde. Sob esta luz do pensamento, estudos sugerem (PEATTIE, 1999; YOUNG, 2010; GLEIM, 2012) que o grande erro das organizações é focar o desenvolvimento dos seus produtos ecológicos, essencialmente de acordo com suas características inovadoras e ambientalmente responsáveis, e não nas expectativas do consumidor, isto é, ignorar os anseios do mercado e não proporcionar a antecipação do futuro (OTTMAN *et al*, 2006).

O presente estudo limita-se a disponibilidade das bases de dados utilizadas. Optou-se, por conveniência, utilizar-se das bases cujo acesso era liberado ao autor, devido ao seu vínculo com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Acredita-se na existência de mais resultados não catalogados, principalmente de origem chinesa. A limitação, porém, pelas bases de dados foi determinante ao não acesso dos resultados destas pesquisas.

Sugere-se, para a realização de estudos futuros, novos esforços dentro do campo que busca estudar a viabilidade econômica da utilização da areia descartada de fundição nas mais diversas aplicações. Através destes resultados, será possível compreender se o motivo pelo qual a produção científica sobre o tema é mais comum em países em desenvolvimento deve-se pela concentração de fundições nestes países, e por consequência maior geração deste resíduo, maior rigor quanto a legislação sobre resíduos sólidos, ou apenas trata-se de um posicionamento científico cultural local.

Referências Bibliográficas

ABICHOU, Tarek; BENSON, Craig H.; EDIL, Tuncer B. **Foundry green sands as hydraulic barriers: laboratory study**. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. Dezembro de 2000.

ALVES, Bárbara Samartini Queiroz. **Estudo da viabilidade ambiental da reutilização das areias descartadas de fundição**. Dissertação. Florianópolis, 2012.

HANS, Erwin; VAN DE VELDE, Steef. **The lot sizing and scheduling of sand casting operations**. International Journal of Production Research, volume 49, 2011.

KACHA, Smit M.; NAKUM, Abhay V.; BHOGAYATA, Ankur C. **Use of used foundry sand in concrete: a state of art review**. International Journal of Research in Engineering and Technology. volume 3, 2014.

KAJANDER, Juho-Kusti; SIVUNEN, Matti; VIMPARI, Jussi; PULKKA, Lauri; JUNNILA, Seppo. **Market value of sustainability business innovations in the construction sector**. Building Research & Information. Nov/Dec 2012.

KLINSKY, Luis Miguel Gutiérrez; FABBRI, Glauco Tulio Pessa. **Proposta de reaproveitamento de areia de fundição em sub-bases e bases de pavimentos flexíveis, através de sua incorporação a solos lateríticos argilosos.** Escola de Engenharia de São Carlos (STT-EESC-USP), 2006.

LINDSAY, Billie J.; LOGAN, Terry J. **Agricultural Reuse of Foundry Sand.** Journal of Residuals Science & Technology, Janeiro, 2005.

LUCAS, Denis; BENATTI, Cláudia Telles. **Utilização de resíduos industriais para a produção de artefatos cimentícios e argilosos empregados na construção civil.** Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, volume 1, 2008.

NASCIMENTO, Marcio Rogério do. **Estudo da Influência da Bentonita e pó de carvão na hidratação do cimento portland.** Joinville, SC, 2006. Dissertação, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2006.

SARASWATI, Pathariya; JAYKRUSHNA, Rana; PALAS, Shah; JAY, Mehta Jay, ANKIT, Patel. **Application of Waste Foundry Sand for Evolution of Low-Cost Concrete.** International Journal of Engineering Trends and Technology. Volume 4. Outubro, 2013.

SIDDIQUE, Rafat; DE SCHUTTER, Geert; NOUMOWE, Albert. **Effect of used-foundry sand on the mechanical properties of concrete.** Construction and Building Materials, 2009.

VALDES-VASQUES, Rodolfo; KLOTZ, Leidy E. **Social sustainability considerations during planning and design: Framework of processes for construction projects.** Journal of Construction Engineering & Management. Janeiro, 2013.

SRIVASTA, Mukesh, FRANKLIN, Andy, MARTINETTE, Louis. **Building a Sustainable Competitive Advantage.** Journal of Technology Management & Innovation. Volume 8, 2013.

YOUNG, CW; HWANG, K; MCDONALD, S; OATES, C. **Sustainable consumption: green consumer behaviour when purchasing products.** Sustainable Development, volume 18, 2010.

ZHAO, Yi; ZHAO, Ying; HELSEN, Kristiaan. **Consumer learning in a turbulent Market environment: Modeling Consumer Choice Dynamics after a Product-harm Crisis.** Journal of Marketing Research. Vol. 28, Abril, 2011.