

contendo as características físico-químicas da areia de desmoldagem e qual processo de produção está areia sofreu, para que assim possa-se realizar a disposição final do resíduo.

A FATMA – Fundação Estadual de Meio Ambiente de Santa Catarina mostrou-se favorável ao reuso de areia de moldagem para a fabricação de pisos intertravados e o seu uso na rede de esgotamento sanitário, desde que sejam atendidas integralmente as orientações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e também à Resolução CONSEMA 011/2008.

Deste modo, estudos que busquem a valorização dos componentes presentes na areia de moldagem descartada pela Indústria da Fundição, especialmente para o universo regional, ganha destaque e justifica-se pela iniciativa de se atenuar passivos ambientais decorrentes desta atividade industrial, transformando resíduos em matéria-prima. Esta valorização não se restringe apenas à sua utilização em misturas asfálticas e/ou artefatos de concreto sem função estrutural, mas se amplia quando impurezas e outros constituintes são separados da areia de moldagem e valorizados em outros processos industriais.

Assim, destaca-se como objetivo principal do trabalho, efetuar um levantamento, através de uma breve revisão da literatura com estudos que busquem a valorização dos componentes presentes na areia de desmoldagem descartada, e formação do cenário dessa atividade industrial em Santa Catarina.

## **2. Metodologia**

O estudo se caracteriza como uma pesquisa descritiva e exploratória, com investigação na literatura e legislações vigentes. Para isso, efetuou-se um rastreamento de artigos científicos, trabalhos técnicos, teses e dissertações, em bases de dados e bibliotecas eletrônicas como o *Portal de Periódicos CAPES* e *SciELO*. As palavras-chave utilizadas na busca, quer isoladas, quer combinadas, foram: indústria de fundição, areia de desmoldagem, geração de resíduos, areia verde, areia fenólica. Os critérios de inclusão foram os trabalhos que apresentassem uma abordagem mais recente do problema com aspectos da legislação nas diferentes esferas, bem como aqueles que apresentassem estudos de caso com técnicas de valorização e aproveitamento dos resíduos da indústria de fundição. Foram excluídos aqueles que fugiam da proposta do trabalho ou que apenas traduzissem propostas comerciais.

## **3. Resultados e Discussões**

A partir do levantamento efetuado, foi possível montar o cenário da indústria de fundição na atualidade. Nesse sentido, no mês de setembro de 2015, a Associação Brasileira de Fundição (ABIFA) registrou que, no país foram produzidas cerca de 181.300 toneladas de material fundido como: ferro, aço e metais não ferrosos (magnésio, alumínio, zinco e cobre); sendo a Região Sul responsável por 54.804 toneladas dos mesmos materiais fundidos. Com base nos números de 2013, a ABIFA destacou que este segmento industrial faturou 11,6 bilhões de dólares em cerca de 1.300 empresas. Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2010), apenas o município de Blumenau obteve

como renda, no ramo de fundição, uma alíquota de R\$ 102.318,1. Neste relatório, é possível identificar, um total de 17 indústrias de fundição, com portes variando de micros a grandes empresas com grande representatividade no desenvolvimento socioeconômico da região (FIESC, 2015).

Apenas para citar um exemplo, no município de Blumenau onde está instalada uma das grandes empresas do ramo, presente em diversos setores com os seus produtos (automotivo, máquinas e equipamentos para construção e mineração, transporte pesado, geração de energia, entre outros), apenas no ano de 2013, foram utilizadas 10,8 mil toneladas de areia base, 500 toneladas de resinas e 300 toneladas de areia de cromita para produzir cerca de 12 mil (t) de peças fundidas naquele ano. O volume total de resíduos gerado foi de aproximadamente 15,8 mil toneladas, sendo que, 10,6 mil toneladas desses resíduos são areia de fundição e foram destinadas ao aterro industrial. É importante destacar que, a referida empresa, apresenta estratégias e ações de sustentabilidade ambiental, onde 81,4% da areia descartada no aterro industrial foi recuperada para a utilização em misturas de fabricação de novos moldes.

Conforme a Tabela 1, observa-se que outros resíduos significativos também gerados no processo, também sucatas metálicas de outras atividades industriais, foram reaproveitadas na forma de matéria-prima para a produção das peças.

**Tabela 1 – Características quantitativa de alguns resíduos gerados pela empresa de grande porte em Blumenau, SC.**

<b>RESÍDUO</b>	<b>MIL TONELADAS/ ANO 2013</b>	<b>DESTINO FINAL</b>
Areia de Fundição	10,6	Aterro Industrial
Escória de Fundição	2,07	Aterro Industrial
Pó de ferro	1,16	Reciclagem
Resíduo de Jateamento	1,12	Aterro Industrial
Madeira	0,2	Aterro Industrial/Reciclagem
Entulho	0,16	Aterro Industrial
Lodo de Exaustão	0,018	Aterro Industrial
Metais	0,012	Reciclagem
Lodo de ETA	0,002	Aterro Industrial
<b>TOTAL</b>	<b>15,342</b>	

Fonte: Adaptado da empresa de grande porte (2014).

Durante a pesquisa, verificou-se que, o processo de fabricação de peças fundidas utiliza grande quantidade de areia na confecção dos moldes e machos. O índice de consumo de areia, dependendo do tipo de peça, variando de 800 a 1.000 kg para cada peça de 1.000 kg (CETESB, 2002). Essa areia, normalmente, é extraída de jazidas de cava ou rios, sendo considerada um bem não renovável, cujo beneficiamento geralmente causa impactos ambientais. No preparo dos moldes, a areia é misturada com um ligante que pode ser bentonita e outros aditivos para o preparo da areia verde, utilizada na produção de peças de menor peso e tamanho.

Para a fabricação de peças maiores, geralmente são utilizados moldes e machos, constituídos por areia misturada com resina e catalisador, que conferirão maior resistência

às peças. A areia de moldagem misturada com a resina dificulta a sua recuperação e reutilização, gerando assim, um grande volume a ser descartado em aterros industriais, e consequentemente, onerando ainda mais o custo de produção (SANTOS; DE LUCCA, 2011).

A areia contaminada resultante do processo de fundição, deve ser regenerada porque, com isto, poderão ser minimizados tanto o custo do produto, bem como os problemas ambientais na extração da areia. Há ainda, determinações legais, que forcem a uma diminuição das quantidades a serem descartadas e dispostas em aterros industriais, cujos custos para a disposição aumentam continuamente. Portanto, é evidente que a regeneração da areia e/ou processos de recuperação das mesmas serão inevitáveis no futuro, pois os custos de deposição do material descartável aumentam continuamente e as determinações legais são cada vez mais restritivas (SCHEUNEMMAN, 2005).

Os resíduos sólidos gerados durante o processo de desmoldagem na Indústria de Fundição, isto é, areia de desmoldagem mais fragmentos, podem ser caracterizados e classificados segundo as normas:

- ABNT NBR 10.004:2004 – Resíduos Sólidos – Classificação;
- ABNT NBR 10.005:2004 – Lixiviação de Resíduos – Procedimentos;
- ABNT NBR 10.006:2004 – Solubilização de Resíduos Sólidos – Métodos de Ensaio;
- ABNT NBR 10.007:2004 – Amostragem de Resíduos – Procedimentos.

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 10.004 (ABNT, 2004), existem três classificações para resíduos sólidos:

Resíduos classe I: Perigosos - aqueles que apresentam periculosidade, ou uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade.

Resíduos classe IIA: Não perigosos / Não-inerte - estes resíduos podem ter propriedades, tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

Resíduos classe IIB: Não perigoso / Inerte - são quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

Ainda de acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004) dependendo dos materiais envolvidos no processo de fundição, os resíduos das areias de desmoldagem poderão ser enquadrados como resíduos sólidos da classe II, pois a presença de ligantes químicos e metais são fatores de muita influência nessa classificação.

As areias de fundição para moldagem que utilizarem o termofixo denominado de resina fenólica, terão como constituição, um material refratário, composto por grãos de areia de silício ( $\text{SiO}_2$ ), seguidos de materiais ligantes como, por exemplo, as resinas derivadas de benzenos ou fenóis, os catalisadores e alguns aditivos (óxido de ferro). A denominação de resina fenólica é empregada para se referir a uma variedade de produtos resultantes das reações de fenóis com aldeídos. Muitos derivados fenólicos poderão ser utilizados para a preparação dessas resinas, contudo, o fenol ainda é o mais usado. E perante os aldeídos, os acetaldeído, benzaldeído ou também furfuraldeído, poderão ser utilizados, porém o formol é usufruído na maioria das vezes por ser de fácil obtenção e barato (SCHEUNEMANN 2005).

Em comparação com os moldes de areia verde, a areia fenólica apresenta uma coloração mais clara depois de ser moldada, por conta da utilização de resinas. Tais moldes, apresentarão segundo Nunes (2013), uma quantidade de resina fenólica que oscilará entre 3 a 10%. O grande problema para a utilização destas areias reside em sua reutilização, pois diferente da areia verde, ela necessitará de equipamentos mais complexos para reciclagem por conta do fenol que envolve os grãos da areia base como se fosse uma capa.

Desta forma, através de tratamentos físico-químicos e térmicos, empregados na areia de desmoldagem, é possível remover a capa de resina fenólica presente nos grãos de areia, tornando-a com características parecidas com as da areia base original. Conforme Borges (2004), a decomposição da resina pelo tratamento térmico na primeira etapa, terá início quando a temperatura se aproximar de 300 °C, podendo alcançar 600 °C e liberando boa parte dos gases. Posteriormente a temperatura se eleva e ultrapassa os 600 °C liberando o restante dos gases como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, benzeno, tolueno, outros.

Conforme a Resolução do CONSEMA N° 011 (SANTA CATARINA, 2008), as indústrias geradoras de areia de desmoldagem deverão fornecer à FATMA os dados de caracterização do processo industrial, que contenham a vindicação do processo de moldagem, as matérias-primas principais (material a ser fundido e tipo de aglomerante), o fluxograma com a indicação das operações unitárias e da quantidade de areia de desmoldagem gerada.

A Indústria de Fundição também terá a responsabilidade de apresentar à FATMA os seguintes dados: os laudos de caracterização e de classificação da areia de desmoldagem, segundo a norma NBR 10.004; os resultados de análises químicas do extrato lixiviado, obtido em pelo menos três amostras da areia de desmoldagem; os resultados das análises químicas do extrato aquoso, obtido em pelo menos três amostras de resíduo; realizar de forma adequada a segregação da areia de desmoldagem; estabelecer planos de gerenciamento de resíduos, dentro da própria área da indústria, para o armazenamento temporário da areia de desmoldagem; apresentar resultados de testes de toxicidade; encaminhar a areia de desmoldagem não recuperada ou não recuperável para a destinação final adequada; manter atualizado um cadastro dos destinatários da areia de desmoldagem.

Tais diretrizes e recomendações encontram apoio na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), a Lei N.º 12.305 que, em seu art. 7º, incentivada pela Política Nacional do Meio Ambiente, PNMA, Lei N.º 6.938, em seu art. 9º, inciso V, busca promover o desenvolvimento de tecnologias para a melhoria da qualidade ambiental.

#### **4. Considerações Finais**

Verificou-se que, um dos fatores que dificultam a caracterização da areia de desmoldagem é a identificação do tipo de moldagem não permanente que foi aplicada ao resíduo, uma vez que, a usabilidade da areia com resina fenólica no processo de fundição apresenta uma complicação maior em relação a areia verde, em virtude de possuir radicais que solubilizam em água. Por conta disso é necessário um tratamento especial para que ela receba um destino correto.

Mesmo a areia de desmoldagem sendo classificada como resíduo Classe II B (resíduos não perigosos e inertes), estudos comprovam que, a sua utilização como matéria-prima é viável, reduzindo a extração de areia base das jazidas. Além do mais, a remoção e a valorização dos compostos presentes nos resíduos da areia de fundição tornam esse material sustentável.

## Referências

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.006: procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ABIFA (Brasil). **Desempenho do setor de fundição setembro/2015**. 2015. Disponível em: <[http://abifa.org.br/wp-content/uploads/2015/07/desempenho\\_setembro\\_2015.pdf](http://abifa.org.br/wp-content/uploads/2015/07/desempenho_setembro_2015.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2015.

ADEGA, Roseana Gonçalves. **Perfil ambiental dos processos de fundição ferrosa que utilizam areias**. 2007. 120 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2007.

ALTONA S\A. **Relatório de Sustentabilidade**. Disponível em: <<http://mundieditora.uberflip.com/i/400789-relat%C3%B3rio-altona>, 2014>. Acesso em: 03 set. 2015.

BNDS. **Indústria de fundição: situação atual e perspectivas**. 2010. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3304.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3304.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2015.

BORGES, Sandro Gasparetto. **Síntese e caracterização de resinas fenólicas líquidas do tipo novolaca aplicáveis no processo de pultrusão**. 2004. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais-Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2004.

BRASIL. Constituição (2010). Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010. **Institui A Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília.

CARNIN, R. L. P. et al. **Desenvolvimento de peças de concreto (pavers) contendo areia descartada de fundição para pavimento intertravado**. Revista Pavimentação. Ano V, Out/Nov/Dez de 2010. Disponível em: <[http://www.tupy.com.br/downloads/guesser/Desen\\_Artefatos\\_Pavers\\_AreiaDesc\\_Fund.pdf](http://www.tupy.com.br/downloads/guesser/Desen_Artefatos_Pavers_AreiaDesc_Fund.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2015

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Produção Mais Limpa: Casos de Sucesso, Redução do Descarte de Areia de Fundição e do Consumo de Areia Nova na Indústria de Fundição**. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao\\_limpa/casos/caso01.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/casos/caso01.pdf)>. Acesso em: 20 Abr 2015.

CONTI, Marcelo Antônio de. **Gestão dos resíduos sólidos: estudo de caso em santa rosa – RIO GRANDE DO SUL**. 2014. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unijuí, Santa Rosa, 2014.



DANTAS, J. M. **Montagem, comissionamento e operação de um sistema de recuperação de areia de fundição: regenerador térmico** - Plano de Trabalho da Fase II. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – São Paulo. Nov. 2003

MOREIRA, Maria Teresa Pereira de Oliva Teles. **Contaminação ambiental associada às areias residuais de fundição**. 2004. 235 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2004

NUNES, Suzete Schneider. **Impactos ambientais associados ao resíduo areia fenólica usada em uma fundição de pequeno porte**. 2013. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo, 2013.

SANTA CATARINA. **Resolução CONSEMA 011/08: Critérios para a utilização de ADF de materiais ferrosos na produção de concreto asfáltico e artefatos de concreto não estrutural**. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA. Estado de Santa Catarina, 2008, 14p.

SANTOS, S. A.; DE LUCCA, A. G. **Caracterização Físico-Química das Areias da Região de Pouso Redondo para Analisar a Possibilidade de Utilização em Moldes para Fundição**.

SCHEUNEMANN, R. **Regeneração de Areia de Fundição Através de Tratamento Químico via Processo Fenton**. 2005. 85 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SILVA, André Carlos. **Concentração física de minerais**: Catalão: Ufg, 2012. 75 slides, color. Disponível em: <[https://cetm\\_engminas.catalao.ufg.br/up/596/o/cfm\\_06.pdf](https://cetm_engminas.catalao.ufg.br/up/596/o/cfm_06.pdf)>. Acesso em: 29 out. 2015.