

Recebido em: 07/02/09

Aprovado em: 13/02/10

Caminhos para a sustentabilidade do setor de fundição no Brasil

Alexandre B. Fagundes (UTFPR, PR, Brasil) – borges.fagundes@gmail.com

Caroline R. Vaz (UTFPR, PR, Brasil) – caroline-vaz@hotmail.com

Ivanir L. de Oliveira (UTFPR, PR, Brasil) – ivanir@utfpr.edu.br

João L. Kovaleski (UTFPR, PR, Brasil) – kovaleski@utfpr.edu.br

• Av. Monteiro Lobato, s/n, Km 04, Tania Mara, CEP 84016-210, Ponta Grossa-PR,
Caixa-Postal: 20, fone: (55) 42-3220-4805, ramal: 4805, Fax: (55) 42-3220-4810

Resumo

Este artigo tem, por objetivo, levantar as soluções atuais para a problemática das Areias Descartadas de Fundição (ADF), apontando, dessa forma, os processos de reciclagem, como o caminho para o fomento à sustentabilidade do setor de fundição no Brasil. Descreve o processo de fundição, a classificação das ADF e os processos de reciclagem, apresenta as legislações vigentes, as normalizações específicas em andamento (ABNT/CB-59), faz um comparativo com o que é praticado nos Estados Unidos e sugere soluções.

Palavras-chave: areias de fundição; reciclagem; sustentabilidade.

Abstract

This article aims to highlight the current solutions for the problem of Disposal of Foundry Sands (DFS), demonstrating therefore, the recycling processes as the way to promote the sustainability of the foundry industry in Brazil. The paper describes the foundry process, the DFS classification and the recycling processes. It also describes the current relevant laws, and specific standards being utilized (ABNT/CB-59), as well as making comparisons with working practices in the United States, and also the suggested solutions.

Keywords: foundry sands; recycling; sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O setor de fundição apresenta estreita relação com o nível de desenvolvimento industrial de um país (SIEGEL, 1978). Por ser básico à maioria das cadeias produtivas (CARMELIO *et. al*, 2009), o avanço desse setor é forte indicador do crescimento da indústria de um país como um todo.

Nesse ínterim, o Brasil ocupa a sétima posição no *ranking* dos países produtores de fundidos (AMERICAN FOUNDRY SOCIETY, 2009), indicando sua relevância no contexto mundial e consolidando o avanço de sua indústria.

Pela premissa da garantia de atendimento às necessidades das gerações futuras, o desenvolvimento econômico que vem sendo alcançado deve caminhar de mãos dadas com o desenvolvimento sustentável.

Sob esse prisma, em análise à questão ambiental, o setor de fundição pode ser considerado um grande reciclador, pois utiliza materiais descartados pela sociedade – objetos metálicos já considerados sucata – como matérias-primas para a constituição dos seus produtos finais, reintroduzindo esses materiais à cadeia produtiva e, ao mesmo tempo, trazendo benefícios ao meio ambiente, pela diminuição da extração de minérios e outros materiais diretamente da natureza, além de poupar a energia que seria empregada nos processos primários de transformação.

De maneira ambígua, esse setor, também pode ser considerado, simultaneamente, um grande poluidor, pois seus processos produtivos geram grande quantidade de resíduos. Dentre eles, as Areias Descartadas de Fundição (ADF) apresentam-se isoladamente como os de maior volume, superando a somatória dos demais (ABIFA, 2008).

Tomando-se como referência os dados coletados da Associação Brasileira de Fundição (ABIFA, 2008a), sobre a produção total de fundidos no Brasil, nos meses de novembro de 2007 a julho de 2008, e assumindo-se o valor 0,9 como da proporção metal/areia utilizada nos processos de fundição – proporção essa que, segundo Dantas (2003), pode variar de 0,8 a 1,0 – estima-se uma movimentação de 231.000 t mensais de areias de fundição, para suprir a média nacional de produção de metais.

O expressivo volume gerado, aliado à carência de legislações brasileiras específicas às ADF, no que tange sua utilização como matéria-prima, em aplicações fora da indústria de fundição (em contrapartida ao que ocorre nos Estados Unidos), contribuem para a geração e acúmulo cada vez maior desse passivo ambiental em aterros.

Concatenado às crescentes restrições ambientais e à tendência a custos cada vez maiores, com disposição em aterros, o interesse em pesquisas para o melhor aproveitamento das ADF vem aumentando, tornando esse um material com grande potencial econômico, a ser explorado e direcionando o trato desses resíduos, como um dos caminhos a serem trilhados em prol da sustentabilidade do setor de fundição no Brasil.

Em face a essa realidade, este artigo teve, por objetivo, levantar as soluções atuais para a problemática das ADF, as legislações vigentes no Brasil e as atitudes que estão sendo tomadas nesse sentido, fazendo também, um comparativo com o que é praticado nos Estados Unidos.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa teve natureza qualitativa, em relação aos temas tratados. Foram realizadas pesquisas em literaturas científicas e em normas técnicas publicadas nos últimos anos. Do ponto de vista dos objetivos, este estudo classificou-se como exploratório e em relação aos seus procedimentos técnicos, como bibliográfico. Foram utilizadas dissertações, livros técnicos, artigos, periódicos e *sites* da *internet* que abordassem o assunto (GIL, 1999 e LAKATOS e MARCONI, 2000).

A princípio, foi realizada uma revisão de literatura, envolvendo o processo de fundição em areia, areias de fundição, classificação dos excedentes, regulamentações vigentes e opções para o manejo desse material; a seguir, foram apresentadas, de forma analítica, as possíveis soluções para as areias descartadas de fundição (ADF) e as considerações finais do trabalho.

3. FUNDIÇÃO EM AREIA

O processo de fundição, em linhas gerais, consiste em derramar metal líquido na cavidade de um molde, permitindo a obtenção de peças, com o formato da referida cavidade, após a solidificação do metal (CHIAVERINI, 1986).

Genericamente, pode-se dividir o processo de fundição em areia em quatro etapas:

- a) Geração dos modelos das peças a serem fundidas: geralmente, fabricados em madeira ou alumínio, darão o formato interno dos moldes (CHIAVERINI, 1986; OLIVEIRA, 1998);
- b) Moldagem das areias nos modelos (e montagem das caixas de fundição): promove-se a compactação das areias sobre os modelos, normalmente bipartidos, cada qual numa caixa de fundição. Fazem-se os devidos canais de alimentação (para que o metal fundente possa fluir internamente) e juntam-se à caixa superior e à caixa inferior, constituindo o molde para fundição (CHIAVERINI, 1986; OLIVEIRA, 1998);
- c) Fusão e vazamento do metal: funde-se o metal em fornos próprios a essa aplicação e transfere-se este material para dentro do molde, preenchendo toda a sua cavidade (CHIAVERINI, 1986; OLIVEIRA, 1998);
- d) Desmoldagem: após o vazamento do metal, as caixas de fundição são submetidas a uma ação vibratória, para que as peças fundidas e as areias de fundição sejam separadas (CAMPOS FILHO, 1978; OLIVEIRA, 1998).

Após essa separação, o material fundido é direcionado para operações de acabamento e a areia de fundição “usada” é manejada, segundo as determinações de gerenciamento desse tipo de material, por parte da empresa de fundição.

Considerando a responsabilidade ambiental no manejo das ADF, é particularmente a partir deste ponto, que se concentram as maiores atenções do presente estudo.

Para uma melhor compreensão das opções de manejo consideradas para esses materiais, faz-se necessário o prévio conhecimento dos tipos de areias de fundição e suas composições.

3.1. Areias de fundição

As areias de fundição são materiais utilizados na confecção de moldes e machos para fundição e podem ser divididas em dois grupos genéricos: as areias a verde e as areias ligadas quimicamente.

“Areia a verde” é o nome dado às areias que utilizam argila como aglomerante, não recebendo nenhum processo de secagem antes do metal ser vazado para dentro do molde. Constituem-se basicamente em quatro componentes: material refratário (areia), material aglomerante (argila), aditivos e água (SENAI, 1987).

Já as areias ligadas quimicamente compõem-se de material refratário (areia), material aglomerante (orgânico, inorgânico ou misto) e aditivos (COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE DA ABIFA, 1999 e SCHEUNEMANN, 2005).

3.2. Constituintes básicos das areias

Areias-base: presentes em maior quantidade nas areias de fundição, são constituídas por granulados de origem mineral, formados pela fragmentação de rochas, devido às intempéries da natureza. A Sílica é a areia-base mais utilizada nos processos de fundição, (seguida da Cromita, Zirconita, Olivina e Chamote). Em maior ou menor proporção, o Dióxido de Silício (SiO_2) é elemento comum à constituição de todas as areias (SENAI, 1987).

Aglomerante: no caso das areias para fundição aglomeradas com argila, a argila é o agente responsável por ligar entre si, os grãos de areia-base, perfazendo um total, que gira em torno de 10% da mistura, apresentando suas propriedades coesivas na presença de água (SENAI, 1987).

Nas areias ligadas quimicamente, os aglomerantes utilizados são:

- a) Orgânicos: resinas furânicas, fenólicas e uretânicas (SCHEUNEMANN, 2005). Constituem-se de moléculas complexas de alto peso molecular, formadas por reação, por um número de moléculas simples de mesmo ou diferente tipo, sob condições controladas de pressão e temperatura (PEIXOTO, 2003).

- b) Inorgânicos: sílica de sódio e cimento *portland*, são constituídos por água e minerais, formados por um átomo que se combina com um ou mais elementos (SCHEUNEMANN,2005).
- c) Misto: união dos compostos orgânicos e inorgânicos. São utilizadas misturas químicas, como resinas alcalinas e fenólicas (SCHEUNEMANN, 2005).

Aditivos: são produtos adicionados à mistura das areias, com o propósito de lhes conferir melhores propriedades. Podem ser orgânicos ou inorgânicos. Dentre os orgânicos, destacam-se os carbonáceos (pó de carvão mineral, piche e produtos afins), celulósicos (pó de madeira) e amiláceos e dextrinas (produtos à base de amido). Os aditivos inorgânicos constituem-se de pós de materiais naturais ou sintéticos, sendo os mais comuns o óxido de ferro e o pó de sílica (SENAI, 1987).

4. CLASSIFICAÇÃO DOS EXCEDENTES DE AREIAS DE FUNDIÇÃO E REGULAMENTAÇÕES VIGENTES

Dependendo dos materiais envolvidos no processo de fundição, os excedentes de areias podem ser, geralmente, enquadrados, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como resíduos sólidos das classes I e II-A. A presença de ligantes químicos e metais são fatores de grande influência nessa classificação (COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE DA ABIFA, 1999).

A ABNT (2004) define resíduos sólidos como sendo os resíduos que se encontram no estado sólido ou semi-sólido, resultantes de atividades de cunho industrial, doméstico, hospitalar, comercial e agrícola, bem como de serviços e de varrição. Esses resíduos são classificados como perigosos, quando suas características proporcionam riscos à saúde dos seres humanos ou acarretam riscos ao meio ambiente, quando gerenciados de forma imprópria.

No Brasil, seguem-se as seguintes normas, procedimentos e métodos de ensaios:

- a) NBR 10.004 - Resíduos Sólidos – Classificação: Classe I (perigosos), Classe II-A (não inertes) e Classe II-B (inertes);
- b) NBR 10.005 - Lixiviação de Resíduos – Procedimentos;
- c) NBR 10.006 - Solubilização de Resíduos Sólidos – Métodos de ensaios;\
- d) NBR 10.007 - Amostragem de Resíduos – Procedimentos.

No sentido de se buscar o embasamento para a criação de legislações mais específicas para a área de fundição, cabe salientar o trabalho do Comitê Brasileiro de Fundição, junto à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/CB-59), tendo como objetivo a “normalização no campo da fundição, compreendendo fundição de ferro, de aço e de não ferrosos, insumos, matéria-prima, resíduos, no que concerne à terminologia, requisitos, métodos de ensaio e generalidades” (ABNT, 2008).

No âmbito dos Resíduos de Fundição, foi instalada a Comissão de Estudos de Areia de Fundição, que tem como escopo, a “normalização referente aos resíduos de fundição, no que concerne a tratamento, utilização, reaproveitamento e armazenamento” (ABIFA, 2008b), com dois projetos iniciais sobre as areias descartadas de fundição.

O primeiro deles veio a tornar-se norma, em junho de 2009, sob a denominação ABNT NBR 15702:2009, tendo como escopo, o estabelecimento de “diretrizes para aplicação de areias descartadas de fundição, como matéria-prima em concreto asfáltico e cobertura diária em aterro sanitário” (ABNT, 2009).

O segundo projeto, intitulado “Areia descartada de fundição – Central de processamento, armazenamento e destinação – CPAD”, encontra-se em andamento (ABIFA, 2009), buscando “estabelecer as diretrizes para a construção e operação de áreas destinadas ao processamento das areias descartadas de fundição” (ABIFA, 2009a).

Quanto às legislações em vigor, nota-se que as empresas de fundição têm aumentado o interesse pelo seu cumprimento, também devido à crescente competitividade do mercado, em que se faz necessário o esclarecimento do atendimento das responsabilidades ambientais perante clientes, fornecedores, órgãos ambientais, sociedade, investidores e ONGs (CASTRO, 2001).

Na esfera federal, podem ser citadas as seguintes leis e projetos de lei envolvendo a temática ambiental:

Lei Federal nº 6.938/81 (regulamentada pelo decreto 99.274/90): “dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências” (BRASIL, 1981). Essa lei serviu como base para a exigência do EIA/RIMA (instrumentos para avaliação do impacto ambiental) pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (Resolução nº 1/1986), como parte integrante do processo de licenciamento ambiental para determinadas atividades (CONAMA, 2006).

Lei Federal nº 9.605/98: “dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências” (BRASIL, 1998). Conhecida como Lei de Crimes Ambientais, através dessa lei, pode-se responsabilizar administrativa, civil e penalmente pessoas físicas ou jurídicas, autoras ou co-autoras de prejuízos causados à qualidade do meio ambiente.

Subemenda Substitutiva Global de Plenário ao Projeto de Lei nº 203, de 1991, e seus apensos (engloba os projetos de Lei nº 203/91 e nº 1991/07): “esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do Poder Público e aos instrumentos econômicos aplicáveis” (PNRS, 2009).

Frente ao exposto, pode-se observar, na legislação brasileira, a crescente preocupação com a melhoria da qualidade ambiental. A continuidade de esforços nesse sentido deve contribuir para uma abordagem cada vez mais abrangente do tema, vindo a preencher a atual lacuna, quanto a legislações que considerem características mais específicas relativas a cada tipo de resíduo.

5. OPÇÕES PARA O MANEJO DAS AREIAS DE FUNDIÇÃO

Considerando ações de menor agressão ao meio ambiente como norteadoras para o manejo das areias de fundição, as opções, hoje existentes, podem ser apresentadas na seguinte ordem de prioridade:

- a) Recuperação: processo de reciclagem, onde promove-se a máxima utilização das areias de fundição, dentro do sistema produtivo, recirculando-as até o limite e, devido às perdas inerentes ao processo, recondicionando-as ao uso pela substituição de parte da areia de sistema por areia nova (COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE DA ABIFA, 1999; ABIFA, 2008c);
- b) Regeneração (mecânica e/ou térmica): processo de reciclagem que torna a areia novamente pronta para uso, em condições muito próximas às da areia-base nova, pela eliminação/redução dos materiais incrustados à sua superfície, durante o processo de fundição. O processo de regeneração mecânica consiste em remover o material aderido aos grãos, através da atrição entre os próprios grãos de areia; já na regeneração térmica, promove-se a calcinação (volatilização, queima e inertização) da matéria orgânica presente na areia usada (COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE DA ABIFA, 1999; MARIOTTO, 2000; ABIFA, 2008c);
- c) Reutilização como matéria-prima, em aplicações da construção civil e cobertura de aterros sanitários: processo de reciclagem que tem sua viabilidade técnica comprovada, através de diversos estudos científicos, desenvolvidos no Brasil e no mundo, tornando-se, também, ambientalmente viável, por evitar a extração de areias diretamente da natureza (ABIFA, 2008c);
- d) Destinação para áreas que viabilizem a triagem, disposição e reciclagem: o material contido nessas áreas deve estar dentro das especificações para reutilização, podendo ser retirado pelas empresas usuárias, tanto de forma imediata como a médio ou longo prazo, podendo ser feito em pequena escala, dentro das próprias empresas geradoras ou em grande escala, em local adequado à recepção de material de maior número de empresas (ABIFA, 2008c).
- e) Destinar para aterros definitivos, exclusivos de ADF: podendo ser utilizado em conjunto com as áreas citadas no tópico anterior ou não, funcionando como um depósito de ADF. É mais indicado para as empresas que não têm demanda de material reutilizado em sua região. A exigência de licenciamento, para esse tipo de aterro, é a mesma dos aterros classe IIA, com vantagem nos custos de construção e operação, devido às características únicas das ADF (ABIFA, 2008c).

Devido ao fato de ainda não haver legislações específicas para as ADF, esta última pode ser considerada a opção mais viável para a destinação dos resíduos inevitáveis de areias de fundição, no momento (ABIFA, 2008c). É prática que já vem sendo utilizada no Brasil.

6. SOLUÇÕES PARA AS AREIAS DESCARTADAS DE FUNDIÇÃO (ADF): DESCRIÇÃO E COMENTÁRIOS

O motivo dos aterros ainda estar sendo amplamente utilizados, é estritamente de cunho legal, haja vista que ainda hoje, segundo ABIFA (2008d), o encaminhamento desses resíduos a aterros industriais constitui-se a única opção legalmente validada no país.

Considerando aspectos ambientais, a existência de aterros gera o acúmulo de passivos, nos quais acaba havendo a mistura das areias descartadas de fundição, com outros tipos de resíduos, geralmente com maior potencial contaminante, criando, assim, uma situação de risco às fundidoras que, via de regra, são responsabilizadas por todo o dano ambiental que venha a ser causado (ABIFA, 2008d).

Quanto às áreas para triagem, disposição e reciclagem, por ser algo que ainda não foi feito no Brasil, esta prática pode enfrentar, inicialmente, algumas dificuldades (ABIFA, 2008c). Entretanto, pode-se considerar esta como uma opção promissora de solução para as ADF, num futuro próximo, haja vista as ações que vem sendo tomadas nesse sentido, a exemplo da normalização em andamento na ABNT/CB-59, que trata das Centrais de Processamento, Armazenamento e Destinação (CPAD) de areias descartadas de fundição e do projeto de lei, que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2009), incorporando, além de responsabilidades e penalizações cabíveis, incentivos fiscais e tributários, para estimular a criação de empresas exclusivamente recicladoras.

Em se tratando de areias de fundição, os processos de reciclagem podem ser classificados em internos (recuperação e regeneração) e externos (reutilização em aplicação fora do processo produtivo original).

Considerando os processos de reciclagem interna, a recuperação posiciona-se como o mais empregado pelas empresas de fundição, devido ao fato de já ser encarada como parte do processo produtivo, visando à maximização da utilização das areias e trazendo benefícios econômicos e ambientais ao empreendimento. A regeneração, por sua vez, apesar do ganho ambiental gerado pela transformação das ADF, novamente em areia-base, não possui a mesma difusão entre as empresas de fundição, a isso podendo se atribuir a suposta inviabilidade econômica, decorrente do valor de investimento nos equipamentos.

Já a reutilização, entre os processos de reciclagem apresentados, é a que concentra maior atenção na área de pesquisas, haja vista o grande número de trabalhos acadêmicos publicados sob essa temática. Via de regra, para que se possa praticar a reciclagem externa, além da viabilidade técnica e ambiental comprovadas, torna-se necessário que as fundidoras garantam a constância da qualidade das ADF fornecidas, mantendo dentro de determinados limites as características exigidas, especificamente, para cada tipo de aplicação (fator que deve agregar maior conhecimento das características dos resíduos produzidos, refletindo na possibilidade de maiores estudos e consequente aumento da gama de aplicações possíveis).

Sob essa temática, o país mais desenvolvido é, sem dúvida, os EUA. De acordo com Silva (2007), no Brasil, a classificação dos resíduos divide-se em perigosos, não-inertes e inertes, ao passo que a legislação norte-americana apenas classifica-os em perigosos e não perigosos, permitindo a aplicação em processos e atividade, tais como: fabricação de artefatos de concreto, tijolos e telhas cerâmicas; em pavimentação asfáltica; na fabricação de cimento; em obras de terraplanagem; como cobertura final de aterros ou nas camadas internas, como material drenante e nos processos de compostagem.

Segundo Gibbs (2007), nos EUA, os estudos em reutilização continuam crescendo e a atual tendência de interesse aponta para as aplicações no solo, mais especificamente referindo-se ao desenvolvimento de solos especiais e plantação em vasos.

Os processos de reciclagem, portanto, apresentam-se como solução para a problemática das ADF, em prol do aumento da sustentabilidade do setor de fundição no Brasil. Há de se salientar, porém, que para se obter resultados mais efetivos, devem-se utilizar os processos de reciclagem de maneira conjunta e numa sequência coerente.

Nessa linha de raciocínio, em análise às opções para manejo de areias de fundição apresentadas no tópico 5, do presente trabalho e também, tomando como base o estudo feito pela Comissão de Meio Ambiente da ABIFA (1999), pôde-se quantificar em cinco, as diferentes alternativas para o trato das areias de fundição, considerando as possíveis interações entre as opções de manejo, a partir da operação de desmoldagem (fase do processo de fundição, em que os moldes em areia são separados dos produtos fundidos).

O fluxograma dessas interações é apresentado na figura 1 (as letras a, b, c, d, e, no fluxograma, indicam as interações citadas a seguir, em ordem de prioridade crescente, ou seja, a letra “e” é a alternativa considerada mais viável ambientalmente).

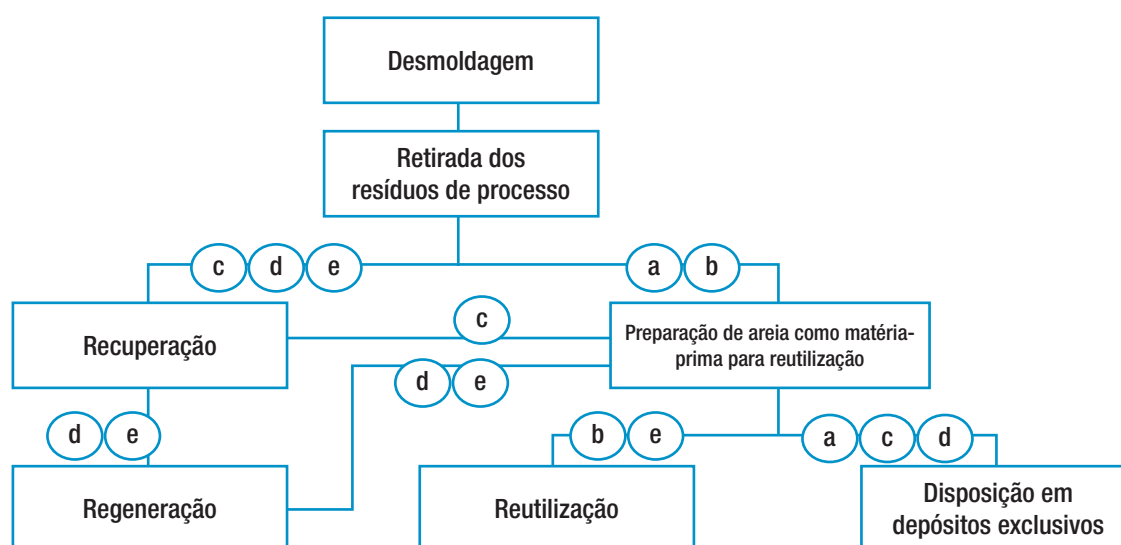


Figura 1 – Fluxograma das interações entre as opções de manejo para ADF

Fonte: Autores.

- a) Total disposição dos excedentes de areias em depósitos exclusivos: após a desmoldagem, destina-se toda a ADF a depósitos exclusivos, evitando a contaminação dessa areia por outros tipos de resíduos e, portanto, dando melhores condições para que o material possa ser futuramente aproveitado em reutilização externa (ou seja, gera um passivo ambiental provisório);
- b) Total direcionamento dos excedentes de areias de fundição à reutilização externa: após desmoldar, destorroar e livrar as areias dos resíduos de metal remanescentes da vazagem e outros resíduos de processo, destina-se toda esta areia à reutilização externa, ou seja, é dado à areia um tratamento que muda sua condição de resíduo para a condição de matéria-prima, para outra aplicação fora da indústria de fundição, podendo até gerar receitas, através de sua venda ao usuário externo (evitando a geração de passivos ambientais, mas não impedindo a contínua extração da natureza dos componentes para fabrico de areia nova, para continuar abastecendo o processo produtivo);
- c) Recuperação dos excedentes de areias de fundição, com a disposição da parcela retirada em depósitos exclusivos: após a máxima utilização das areias dentro do sistema produtivo, a parcela de areia retirada é destinada a depósitos exclusivos (aproveita-se melhor a areia pela máxima recirculação dentro do sistema produtivo, mas, ainda assim, gera um passivo ambiental provisório);

- d) Recuperação dos excedentes de areias de fundição, com regeneração da parcela retirada e descarte do material remanescente da regeneração em depósitos exclusivos: a esta opção de manejo, acrescenta-se como vantagem em relação à alternativa “c”, a obtenção, através do processo de regeneração, de areias com características muito semelhantes às areias-base, extraídas da natureza, possibilitando seu retorno ao processo original como matéria-prima, poupando, assim, a natureza de novas extrações, e também, pode-se apontar como vantagem, o fato de se reduzir mais efetivamente a quantidade disposta dessas areias de fundição em depósitos exclusivos, mas ainda, não erradicando totalmente o problema da geração de passivos ambientais;
- e) Recuperação dos excedentes de areia de fundição, com regeneração da parcela retirada e direcionamento do material remanescente da regeneração à reutilização externa: a esta última opção, acrescenta-se como vantagem, em relação à alternativa “d”, a eliminação total da geração de passivos ambientais.

Frente ao exposto, a alternativa “e” reúne a sequência de processos de reciclagem mais indicada no sentido de mitigar os impactos ambientais das ADF, pois além de utilizar ao máximo esse material, no processo produtivo, traz os excedentes de volta à cadeia produtiva, através da regeneração e reutilização, eliminando a geração de passivos ambientais e reduzindo a extração de matérias-primas diretamente da natureza.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A minimização do volume gerado de areias descartadas de fundição (ADF) constitui-se atualmente, num grande desafio às empresas que possuem fundição em seus processos produtivos, haja vista as crescentes restrições ambientais que vêm sendo observadas, trazendo reflexos negativos à sustentabilidade dessas empresas.

Em face dessa realidade, este artigo teve por objetivo, levantar as soluções atuais para a problemática das ADF, abordando, para isso, as normas e legislações brasileiras pertinentes à temática e os processos de reciclagem cabíveis, fazendo também, um comparativo com o que é praticado nos Estados Unidos.

Sob a ótica ambiental, visando mitigar os impactos das ADF, o procedimento considerado mais indicado para a redução dos passivos ambientais já existentes (que vem sendo dispostos em aterros industriais há décadas), foi o de reutilização.

Concomitantemente a isso e, de forma complementar, visando eliminar a geração de novos passivos ambientais, foram apontadas as interações entre os processos de reciclagem (recuperação, regeneração e reutilização - nessa ordem), como os procedimentos mais indicados.

Como fatores adversos às soluções apontadas, constataram-se a carência de legislações brasileiras específicas ao que tange a reutilização das ADF (em contrapartida ao que ocorre nos Estados Unidos) e, também, a necessidade de uma análise por parte das empresas, do melhor custo-benefício, para avaliar quais interações, entre as soluções propostas, são mais viáveis para a realidade da região em que estão localizadas (considerando fatores, como a proximidade de compradores desse material para reutilização; se há escassez de recursos naturais nas proximidades – assim, podendo favorecer os processos de regeneração; ou até mesmo, a implementação de um empreendimento conjunto entre empresas próximas para a reciclagem de suas ADF).

Como consequência desse cenário, o interesse em pesquisas para o melhor aproveitamento das ADF, vem aumentando, tornando esse um material com grande potencial econômico a ser explorado. Normas estão sendo criadas, no sentido de embasar futuras leis, direcionadas mais especificamente a esses resíduos e o projeto de lei referente à Política Nacional de Resíduos Sólidos, pelos incentivos econômicos preconizados, direcionam a reciclagem das ADF como um caminho viável a ser trilhado, em prol da sustentabilidade do setor de fundição no Brasil, aumentando sua competitividade frente aos mercados externos, pelo melhor aproveitamento das ADF.

Ao alcançar o objetivo proposto, a presente pesquisa contribuiu para o estabelecimento do atual cenário das ADF, no Brasil, fomentando o desenvolvimento sustentável do setor de fundição, por enfatizar a relevância da busca de soluções para o manejo desses resíduos que, através da ação conjunta entre empresas, governo e órgãos ambientais, poderá simultaneamente potencializar ganhos econômicos e favorecer a preservação do meio ambiente.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. ABNT/CB-59 Comitê Brasileiro de Fundição. **Revista Fundição & Matérias-primas**, 99ª ed., São Paulo, agosto, 2008(b).

ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. **Areias Descartadas de Fundição (ADF)**. Disponível em: www.solucoesadf.com.br. Acesso em 08 de abril de 2008(d).

ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. Atividades das comissões de estudo instaladas. **Revista Fundição & Matérias-primas**, 113ª ed., São Paulo, outubro, 2009(a).

ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. **Estrutura do ABNT / CB 59**. Disponível em: <<http://www.abifa.org.br/abnt.php>>. Acessado em 17 dez. 2009.

- ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. **Índices de Mercado**. Disponível em: <<http://www.abifa.com.br>>. Acessado em 18 set. 2008(a).
- ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. Resíduos de fundição: solução a caminho. **Revista Fundição & Matérias-primas**. 95ª ed. São Paulo, março, 2008.
- ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. Soluções para as Areias descartadas de Fundição - ADF. **Revista Fundição & Matérias-primas**, 98ªed., São Paulo, julho, 2008(c).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Comitês Brasileiros – Nome e Âmbito de Atuação**. Disponível em www.abnt.org.br/default.asp?resolucao=1024X768 . Acesso em 08 de abril de 2008.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Classificação dos Resíduos Sólidos**. ABNT, 2004.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15702: Areia descartada de fundição – Diretrizes para aplicação em asfalto e em aterro sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 8p., 2009.
- AMERICAN FOUNDRY SOCIETY. **43rd Census of World Casting Production** – 2008. Modern Casting, Illinois, , pp.17-21, dec 2009.
- BRASIL. Lei Federal nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=276> >. Acesso em: 26 dez. 2009.
- BRASIL. Lei Federal nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=276> >. Acesso em: 26 dez. 2009.
- CAMPOS FILHO, M. P. **Solidificação e fundição de metais e suas ligas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978.
- CARMELIO, J. S. et al. **Guia ABIFA de Fundição: Anuário 2009**. Associação Brasileira de Fundição. São Paulo: ABIFA, 2009.
- CASTRO, César A. G. **A produção de areia base para fundição e o meio ambiente**: Sibelco Mineração Ltda. In: Congresso de Fundição, São Paulo, 2001.
- CHIAVERINI, V. **Tecnologia Mecânica**. Vol. II, 2ª ed. – São Paulo: McGraw-Hill, 1986
- COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE DA ABIFA. **Manual de Regeneração e Reúso de Areias de Fundição**. São Paulo: ABIFA, 1999.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do CONAMA**: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e maio de 2006, 1ª ed., Brasília: Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2006.
- 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, novembro, 2003.

GIBBS, S. **Saving on sand disposal: some metalcasters have been achieving disposal savings for their used metalcasting sand for more than a decade, but the game has grown and evolved.** Modern Casting. Feb, 2007.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** São Paulo: Atlas, 1999.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia Científica.** 3ªed., São Paulo: Atlas, 2000.

MARIOTTO, C. L. Regeneração de areias: uma tentativa de discussão temática. **Revista Fundição & Matérias-primas.** 42ªed. São Paulo, 2000.

OLIVEIRA, T. M. N. **Eco-estratégia empresarial no setor metal-mecânico da escola técnica Tupy,** 1998. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

PEIXOTO, F. **Regeneração térmica de areia ligada quimicamente,** Joinvile, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais e Processos) – Universidade do Estado de Santa Catarina, 2003.

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Subemenda Substitutiva Global de Plenário ao Projeto de Lei nº 203, de 1991, e seus apensos.** Disponível em: <<http://www.revistasustentabilidade.com.br/reciclagem/reciclagem/documentosinteressante/relatorio-final-da-politica-de-residuos>>. Acesso em 26 dez. 2009.

SCHEUNEMANN, R. **Regeneração de areia de fundição, através de tratamento químico via processo fenton,** Florianópolis, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

SENAI - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Areias de fundição aglomeradas com argila.** Vol. 1, Belo Horizonte: SENAI, 1987.

SIEGEL, M. Processos de Fundição: generalidades, considerações gerais sobre a escolha do processo, importância relativa dos diversos processos. **Fundição,** 10ª ed., Associação Brasileira de Metais – ABM, 1978.

SILVA, T. C. **Comparativo entre os regulamentos existentes para reutilização de resíduos de fundição.** Monografia Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.