

## RECICLAGEM DE MOLDES DE AREIA DE FUNDIÇÃO

Luiz Vinícius Pinheiro (IC) e Ana Julia Ferreira Rocha (Orientadora)

**Apoio:** PIBIC CNPq

### RESUMO

O setor de fundição pode ser considerado um grande reciclador, pois utiliza materiais descartados pela sociedade (objetos metálicos considerados como sucata) como matérias-primas para a constituição dos seus produtos finais, reintroduzindo esses materiais à cadeia produtiva e 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.

Esse setor também pode ser considerado, simultaneamente, um grande poluidor, pois seus processos produtivos geram grande quantidade de resíduos. Dentre eles, Areias Descartadas de Fundição (ADF) apresentam-se isoladamente como os de maior volume, superando a somatória dos demais materiais. O expressivo volume gerado, aliado à carência de legislações brasileiras específicas para ADF no que tange a sua utilização para substituir matéria-prima fora da indústria de fundição (em contrapartida ao que ocorre nos Estados Unidos, por exemplo), contribui para gerar e acumular cada vez maior esse passivo ambiental em aterros.

O crescente interesse em pesquisas para seu melhor aproveitamento – impulsionadas pelas restrições ambientais e custos cada vez maiores com disposição em aterros – faz das areias descartadas de fundição um material com grande potencial econômico a ser explorado. Em face deste cenário, este artigo busca levantar as soluções atuais para a problemática das Areias Descartadas de Fundição (ADF) no Brasil. Sob a ótica da legislação vigente, pode também contribuir na busca por atingir a sustentabilidade nesse setor industrial, resultando, simultaneamente, benefícios nas dimensões econômica, ambiental e social.

**Palavras-Chave:** areia de fundição. sustentabilidade. resíduos.

### ABSTRACT

The foundry sector can be considered a major recycler because it uses materials discarded by society (metallic objects and parts considered as scrap) instead of raw materials as inputs to constitute its final products – so, reintroducing these materials into the production chain, bringing benefits to the environment, reducing the extraction of minerals and other materials directly from nature and saving energy that would be used, otherwise, in the primary processes of transformation.

This sector can also be considered, simultaneously, a great polluter, because its productive processes generate great amount of waste – among them, Discarded Foundry Sands (DFS) are, by themselves, the kind of waste bearing the highest volume, surpassing the sum of all others. The significant volume of such sands generated, coupled with the lack of Brazilian legislation specific to DFS as an input to replace raw material in applications outside the foundry industry (in contrast to what occurs in the United States, for instance), contributes to the growing generation and accumulation of Environmental liabilities in landfills.

The growing interest in research for its best use – driven by environmental constraints and increasing costs with disposal in landfills – makes Discarded Foundry Sands a material with a great economic potential to be exploited. Under this point of view, this article seeks to search for current solutions to the problem of ADF in Brazil. This study, under the light of current legislation, may provide an increase in sustainability in this industrial sector, simultaneously generating benefits in the economy, environment and society.

**Keywords:** foundry sand. sustainability. waste.

## **1. INTRODUÇÃO**

Segundo DANTAS (2003), o setor de fundição gera grandes volumes de resíduos sólidos, entre os quais, areia de moldagem e poeiras diversas. O processo de fabricação de peças fundidas utiliza grande quantidade de areia para confecção dos moldes e machos. O índice de consumo de areia, dependendo do tipo de peça, varia de 800 a 1.000 Kg para cada peça de 1.000 Kg. Essa areia normalmente é extraída de jazidas de cava ou rios, sendo considerado 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 fabricação de peças maiores, geralmente são utilizados moldes e machos, constituídos por areia misturada com resina e catalisador, que conferem maior resistência às peças. A areia com resina dificulta a sua recuperação e reutilização, gerando assim grande quantidade de descarte aos aterros industriais.

A areia de fundição é um grave problema ambiental para o Brasil, ressaltando que o país é um dos maiores produtores mundiais de peças, e até hoje, em muitos locais, são descartados em depósitos não licenciados pelos órgãos de controle ambiental. Com dados da ABIFA, de janeiro a agosto de 2003, a produção de fundidos atingiu 1.315.630 toneladas, sendo que as regiões Sudeste e Sul concentram 90% da produção nacional, tornando o problema ainda mais grave, com a necessidade de ampliar os aterros industriais. Finalmente, devemos ainda salientar que o passivo sobre a areia disposta no aterro é de responsabilidade da empresa geradora. Qualquer mudança na legislação, as empresas geradoras deverão dar um destino definitivo às areias com custos certamente elevados(CNUMAD, 1995).

Considerando-se a crescente demanda por produtos industrializados, em particular, em processos de fundição, e a conseqüente geração de resíduos, este trabalho pretende apresentar uma proposta viável de reciclagem dos vários tipos de resíduos sólidos, gerados nos processos de fundição, com total responsabilidade da empresa geradora, como prevê a legislação moderna (CNUMAD, 1995).

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

A areia de moldagem corresponde ao maior volume de resíduos gerados pela Indústria de Fundição, com características quantitativas e qualitativas diferenciadas em função das peculiaridades de cada processo em particular. Depois de utilizada em moldes a areia fica contaminada por metais pesados, dependendo do material de

fundição, e por resinas poliméricas empregadas na compactação. Segundo a Associação Brasileira de Fundição (ABIFA) o Brasil gera quase dois milhões de toneladas anuais, correspondendo a mais de três quartos do total de resíduos gerados pela Indústria de Fundição. A areia de fundição é classificada, com base na NBR 10.0004, como um resíduo perigoso (CLASSE I) ou como não inerte (CLASSE II), dependendo do processo de moldagem/macharia.

A areia de fundição é um grave problema ambiental para o Brasil, ressaltando que o país é um dos maiores produtores mundiais de peças, e até hoje, em muitos locais, são descartados em depósitos não licenciados pelos órgãos de controle ambiental.

## 2.1 FUNDIÇÃO DE 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. Faz-se necessário o conhecimento sobre os principais componentes para obtenção de fundidos: o molde, o modelo e o macho. A construção de modelos deve respeitar regras que garantem a qualidade dos fundidos. Isto depende em que, o mesmo será empregado, tendo variações de acabamento superficial, resistência mecânica, tolerância dimensional, necessidade ou não de emprego de máquinas para acabamento (BEELEY, 2001).

O molde representa a cavidade em que o metal será vazado, ou seja, constitui o “negativo” da peça produzida. O molde é fabricado a partir do modelo que na maioria dos processos é colocado em uma caixa de moldagem onde é inserida e compactada a areia. O método mais comum para a produção é utilizando-se um modelo bipartido e duas caixas de moldagem, mas pode variar conforme a complexidade da peça ou outros parâmetros do projeto. Genericamente, pode-se dividir o processo de fundição em areia em quatro etapas:

### 2.1.1 Geração de modelos das peças a serem fundidas

Geralmente, fabricados em madeira ou alumínio, dão o formato interno dos moldes (CHIAVERINI, 1986; OLIVEIRA, 1998).

### 2.1.2 Moldagem das areias 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), conforme as imagens abaixo:

Figura 1



Figura 2



### 2.1.3 Fusão e vazamento do metal em fornos próprios

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).

### 2.1.4 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 (CHIAVERINI, 1986; OLIVEIRA, 1998).

### 2.1.5 Mercado

Uma empresa de médio porte, mesmo recuperando a areia de moldagem, gera em torno de 2000 ton\mês de resíduos. Levando em consideração o preço da areia nova no mercado, R\$ 100 por metro cúbico em média, a recuperação da areia de moldagem é de suma importância econômica, pois recuperando a areia não há necessidade de comparar areia nova e não há necessidade de descarte apropriado para a areia já utilizada (SENAI, 1987).

Após o processo de recuperação a areia pode ser depositada em qualquer aterro, pois volta a ser inerte e recupera as propriedades iniciais. E caso não seja reutilizada no processo de fundição ela pode ser reaproveitada na construção civil onde o valor pago pela areia grossa é de R\$ 78,0 por metro cúbico e da areia fina é de R\$ 60,0 por metro cúbico (SENAI, 1987).

## 2.2 TIPOS DE AREIA

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. A Areia 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).

Os constituintes básicos das areias são:

### 2.2.1 Areia base

Presentes em maior quantidade nas areias de fundição, são constituídas por granulados de origem mineral, formados pela fragmentação de rochas. A Sílica é a areia-base mais utilizada nos processos de fundição, (seguida da Cromita, Zirconita e Olivina). Em maior ou menor proporção, o Dióxido de Silício ( $\text{SiO}_2$ ) é elemento comum à constituição de todas as areias (SENAI, 1987).

### 2.2.2 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:

### **2.2.2.1 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).

### **2.2.2.2 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).

### **2.2.2.3 Misto**

União dos compostos orgânicos e inorgânicos. São utilizadas misturas químicas, como resinas alcalinas e fenólicas (SCHEUNEMANN, 2005).

## **2.3 PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS**

A grande quantidade de resíduos gerados por alguns setores produtivos tem levado pesquisadores a buscar soluções adequadas, com o intuito de atender as questões técnicas, econômicas, sociais e ambientais. O amplo consumo de matérias-primas pelas indústrias brasileiras para os mais diversos usos, associados aos princípios do desenvolvimento sustentável, conduz às pesquisas sobre reciclagem dos materiais descartados pelas indústrias com a finalidade do seu emprego racional e seguro em novos produtos ou em reaproveitamento (BOFF, 2004).

No Brasil, as pessoas físicas e jurídicas estão sujeitas a leis e regulamentações ambientais nas esferas federal e municipal. A Lei Federal no 9.605, promulgada em 12 de fevereiro de 1998 – “Lei de Crimes Ambientais” e regulamentada pelo Decreto Federal no 3.179, de 21 de setembro de 1999, trouxe um impulso adicional à proteção jurídica do meio ambiente, estabelecendo sérias penalidades contra as pessoas físicas e jurídicas que cometerem violações ambientais (PROJETO FAPESP, 2003).

Na esfera civil, conforme o disposto na Lei no 6.938/81, os poluidores (pessoa física ou jurídica) são obrigados, independentemente da existência de culpa (responsabilidade objetiva) a indenizar ou reparar os danos causados no meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade, ou melhor, para que haja responsabilidade civil

por dano ambiental, basta demonstrar a existência do dano e do nexo de causalidade entre a atividade exercida e o dano causado. A concepção deste trabalho baseia-se, entretanto, no fato de que todo processo produtivo gera subprodutos e resíduos com qualidade e valor diferenciado do produto principal. Estes rejeitos constituem, perante a ótica legal e ecológica atual, como sendo de responsabilidade da entidade geradora, independentemente do volume de resíduo gerado, a indústria precisa reconhecê-lo como sendo de sua responsabilidade (PROJETO FAPESP, 2003).

A pesquisa para a utilização de materiais considerados resíduos pode classificá-los dentro do processo produtivo, como subprodutos industriais ou até promover a sua reutilização permitindo assim minimizar a proliferação dos aterros industriais, como consequência, poderemos otimizar a relação Energia - Meio Ambiente - Materiais. A produção de resíduos pode representar, além de problemas ambientais, uma perda de matéria e energia. Esta estratégia permite, em geral, a diminuição de custos de gestão e tratamento de resíduos; a redução de riscos de contaminação, acidentes e emergências; e reduz os custos de produção devido a melhor gestão dos materiais e eficiência do processo (BARBIERI, 2013).

A disposição direta no solo é a forma de destinação final de resíduos sólidos mais difundida e utilizada em todo o mundo. Quando tal disposição é efetuada segundo rigorosos conceitos técnicos de engenharia, resultam obras seguras e eficientes. Porém, é frequente a falta de conhecimento técnico e de recursos financeiros para execução de aterros industriais, resultando na contaminação do meio ambiente.

Os resíduos sólidos sem critérios é responsável por muitos impactos negativos ao meio ambiente, requerendo a implementação de medidas de recuperação. A recuperação de áreas contaminadas por resíduos deve passar por uma etapa inicial de diagnóstico, quando são coletadas informações sobre o meio ambiente atingido e sobre as características da contaminação. Efetua-se a avaliação dos impactos baseada em indicadores ambientais, obtidos através de investigações e planos de monitoramento. Esses dados permitem caracterizar e quantificar os impactos, de forma a fornecer subsídios para a remediação (BROSCH, 1995).

#### 2.4 NBR 10004 - NORMA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos podem ser classificados em Classe I (Perigosos), Classe II (Não Perigosos). Esta última é subdividida, ainda, em Classe II A (Não Inertes) e Classe II B (Inertes). Para a caracterização química do resíduo e sua descrição são necessários

testes e análises que deverão ser executados segundo prescrito nas normas adiante enumeradas:

**2.4.1 Lixiviação de resíduos – NBR 10005 (ABNT, 2004a)**

**2.4.2 Solubilização de resíduos – NBR 10006 (ABNT, 2004b)**

**2.4.3 Amostragem de resíduos – NBR 10007 (ABNT, 2004c)**

**2.4.4 Digestão de metais pesados – Norma Técnica CETESB L5600-601 / EPA 3050B**

Dentro desta classificação, os excedentes de areia de fundição – ou seus resíduos de regeneração – apresentam componentes e parâmetros que, em geral, enquadram o resíduo nas Classes I e II A. Isso deve-se a presença de fenóis e de outros compostos provenientes de processos que utilizam resinas como ligantes e de metais provenientes da oxidação de constituintes das ligas metálicas fundidas e de sua reação com constituintes da areia de fundição, assim como de partículas metálicas que se depositam na areia (ABIFA, 1999).

Quanto aos compostos fenólicos, a NBR 10004 (1987) determinava um máximo de 10 mg/kg na massa bruta de resíduos para que não fosse classificado como perigoso (Classe I). Como este valor máximo permitido é normalmente excedido nas areias de fundição que empregam machos ligados com resinas fenólicas, quase sempre o resíduo era classificado como Perigoso (Classe I). A nova versão da norma NBR 10004 (2004), no Anexo H, codifica a areia de fundição como um resíduo Não Perigoso (Classe II). Entretanto o fenol e outros compostos fenólicos estão listados no Anexo E da mesma norma, como substâncias tóxicas que conferem periculosidade ao resíduo.

## **2.5 REUSO DAS AREIAS DE FUNDIÇÃO**

Com a crescente fiscalização, com as implicações econômicas e o aumento da consciência ambiental, as indústrias de fundição têm buscado minimizar a geração de areia descartada, da mesma forma, têm investido em tecnologias de regeneração, com

a intenção de diminuir a quantidade de resíduos a ser tratado ou disposto em aterro. Esta tendência envolve um estudo detalhado do processo, além de um planejamento cuidadoso e determinação para alcançar os objetivos (MATOS, 1997).

Pode-se citar algumas alternativas a fim de reduzir a quantidade de resíduo a ser descartado por esta atividade:

### **2.5.1 Reaproveitamento interno**

A areia é reaproveitada sem tratamento e sem geração de resíduo na diluição do processo de moldagem (MARIOTTO, 2000).

### **2.5.2 Reciclagem via tratamento de regeneração**

Remove da superfície dos grãos a maior quantidade possível de partículas prejudiciais a confecção de novas peças fundidas. O regenerado substitui tanto quanto possível a adição de areia nova ao processo (MARIOTTO, 2000).

### **2.5.3 Reaproveitamento externo**

Resolve os problemas de deposição em aterros onerosos, gera um bem econômico e alivia os fundidores de investirem em instalações de reciclagem (ex.: utilização na fabricação de concreto, em massa asfáltica e tijolos cerâmicos). Mas, dessa forma, o consumo de areia nova permanece inalterado (MARIOTTO, 2000).

## **3. METODOLOGIA**

A pesquisa foi desenvolvida com base em referências bibliográficas, pertinentes aos recursos de moldes de areia nas fábricas siderúrgicas.

Esse trabalho pretende desenvolver uma solução viável do ponto de vista técnico, econômico e social para a reciclagem da areia de fundição, a qual possa ser realizada pela empresa geradora, contribuindo com a diminuição do passivo ambiental, devido a sua disposição inadequada em aterros industriais, de classe I, causando sérios danos ao meio-ambiente.

O processo de fundição gera vários tipos de resíduos sólidos, sendo o principal a areia de fundição, que é gerada na etapa de desmoldagem de peças metálicas.

A proposta de reciclagem da areia de fundição tem como base os conceitos dos 3R's (reduzir, reuso e reciclagem).

### **3.1 Redução dos resíduos produzidos (1º Passo)**

Antes de escolhermos um método de reciclagem e recuperação dos resíduos é importante analisarmos as formas de reduzir a quantidade produzida desse resíduo. Desta forma evita-se futuros gastos com a recuperação ou descarte. No caso das areias de fundição existem três principais formas de minimizar a geração de resíduos. São elas, a melhora da relação metal/molde, a utilização de torrões aglomerados e a racionalização dos aditivos.

A relação metal molde é a relação entre o peso da areia presente no molde e o peso do metal presente na peça, ou seja, quanto de areia é necessário para produzir uma peça de determinado peso. Nos processos atuais, esta relação tem sido de 5:1 em média sendo que já é possível melhorar essa relação para 3:1, diminuindo significativamente a quantidade de areia utilizada no processo e conseqüentemente, de resíduos produzidos.

Torrões aglomerados, oriundos de desmoldes anteriores, tem se mostrado uma excelente solução para a redução da quantidade de areia utilizada no processo de moldação. Quando inseridos na mistura da areia para moldação, esses torrões ocupam grande espaço no molde e reduzem a necessidade de adição de mais areia nova. O único cuidado necessário para esta operação é não permitir que os torrões estejam na parte do molde que está em contato com a peça para evitar defeitos no acabamento.

Deve-se utilizar uma quantidade não excessivas de aditivos na areia de moldagem para diminuir os custos de produção e de recuperação, pois o grau de contaminação da areia diminuirá.

### **3.2 Recuperar os resíduos produzidos (2º Passo)**

A recuperação da areia de moldagem é de suma importância econômica, pois recuperando a areia não há necessidade de comprar areia nova e não há necessidade de descarte apropriado da areia já utilizada.

Após o processo de recuperação a areia pode ser depositada em qualquer aterro, pois volta a ser inerte e recupera as propriedades iniciais. E caso, não seja reutilizada no processo de fundição, ela pode ser reaproveitada na construção civil.

### **3.3 Avaliação dos métodos de regeneração da areia de fundição (3º Passo)**

A recuperação de areias misturadas, ou seja, aglomeradas c/ argila, silicato de sódio, resina furânicas, resinas fenólicas e fenólicas uretânicas, é possível por meio de uma das três formas clássicas de recuperação, a saber: recuperação mecânica (abrasão dos grãos), recuperação térmica (queima de resinas), recuperação úmida (lavagem das

areias). Mas, dependendo do tipo de areia, os resíduos não precisam passar por essas três etapas de recuperação. Cabe a avaliação do tipo de areia e o método mais eficiente.

Para a escolha do método é de primordial importância a separação dos resíduos no momento do desmolde, pois separando as areias por tipo, pode-se classificá-las e destiná-las ao processo de recuperação adequado, evitando assim que uma areia que seria recuperada de forma simples, passe por todo o processo de recuperação.

O material após passar pela recuperação deve apresentar certas características para reutilização segura ou descarte em aterros comuns. Antes de pensarmos na implantação do projeto de recuperação das areias de fundição, devemos analisar a viabilidade técnica e econômica do projeto e a predisposição dos resíduos a recuperação.

### **3.4 Viabilidade técnica (4º Passo)**

No processo de recuperação de areias de fundição são usados equipamentos já utilizados pelas indústrias. Portanto não há nenhuma barreira técnica a implantação do projeto.

Na etapa de recuperação mecânica, desfaz-se os torrões de areia e realiza-se a extração de finos com o objetivo de tornar o tamanho de grão de areia mais homogêneo. Estes finos devem ser usados no calcinador para torná-los inertes e como fonte de energia e depois podem ser depositados em aterros de classe I.

A unidade de regeneração recupera com grande economia e qualidade, areia aglomerada por qualquer processo, sem ocupar espaço, necessitar de fundações ou equipamentos especiais. Após esta operação, obtém-se uma areia com a granulometria próxima à da areia originalmente usada nos moldes e ou machos.

**3.4.1 Perda por calcinação:** Podendo chegar até 3,0%. Argila: É um parâmetro importante, se presente em quantidade  $> 0,1\%$  indica contaminação por areias aglomeradas com bentonita ou contaminação com terras arrastadas pelas chuvas e ou ventos. A presença da argila é nociva, ocasionando redução das propriedades físicas, resistência à flexão e aumento do consumo de resinas.

**3.4.2 Lavagem (Recuperação a úmido):** Nesta etapa, realiza-se a lavagem da areia com o objetivo de eliminar os componentes provenientes dos aglomerantes que ainda se encontram aderidos aos grãos, por meio de um misturador contínuo intensivo adaptado, que promove abrasão entre os grãos. A maioria desses componentes fortemente aderidos aos grãos, são solúveis em água. A água quente melhora esta característica, acrescentando-se a isto a perda de fluidez da areia provocada pela presença

da água promovendo e intensificando a abrasão dos grãos de areia. Depois desse processo, realiza-se a secagem da areia.

**3.4.3 Calcinação:** Este estágio da regeneração visa obter a areia regenerada com as mesmas propriedades das areias novas. Nessa fase, serão queimados os materiais orgânicos aderidos aos grãos.

**3.4.4 Recuperador intensivo:** Após a calcinação, a areia ainda apresenta alguns apêndices de material fortemente aderido aos grãos. Normalmente materiais inorgânicos - os mais comuns - silicatos e hidróxidos. Com limpeza mecânica em unidade rotativa utilizando rebolos, consegue-se substancial redução nos apêndices aderidos aos grãos.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Verificamos que a reciclagem e reutilização de resíduos industriais é atualmente uma das alternativas mais corretas ao problema dos resíduos gerado na indústria metalúrgica, tendo em vista que, além de resolver uma questão ambiental que é a minimização dos resíduos, também resolve se uma questão de ordem econômica e social, pois o empresário pode realizar a venda deste material ao mercado ou mesmo reutilizá-lo no próprio processo ou em algum outro setor de sua Indústria.

Pode-se classificar o tipo de processo de regeneração indicado para cada tipo de areia. Cada tipo de areia tem um processo particular, que nem sempre passa por todas os estágios da recuperação.

É necessário em um sistema de recuperação eficiente uma exaustão suficiente para remoção de todos os finos gerados no processo. Estes finos estão saturados de elementos nocivos a areia de fundição e ao meio ambiente. Portanto, deve-se calciná-los para torná-los inertes. No caso específico da água utilizada no processo de lavagem, tem-se um comportamento muito parecido com os finos, só que em forma de lama, considerando que após decantação e neutralização, esta água volta para o processo de lavagem.

Como consequência, 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.

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.

Como fatores adversos às soluções apontadas, constataram-se a carência de legislações brasileiras específicas ao que tange a reutilização das ADF e 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).

Levando em consideração os preços de descarte e da areia nova, conclui-se que, em médio prazo o projeto é viável economicamente, isto sem falar nos fatores ambientais, pois a recuperação, além de evitar o descarte, evita a retirada de areia nova do meio ambiente.

## 5. REFERÊNCIAS

- BOFF, L. Ecologia: grito da terra grito dos pobres. Rio de Janeiro: Sextante, 2004.
- ABNT NBR 10.004. Resíduos Sólidos. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p.33, 1987a.
- BARBIERI, J.C. Desenvolvimento e meio ambiente: As estratégias de mudanças da agenda 21. 6ª ed. Petrópolis: Vozes, 2013.
- ABIFA - COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE. Manual de Regeneração e Reuso de Areias de Fundição. São Paulo: Associação Brasileira de Fundição, p.1-49, 1999.
- MARIOTTO, L. C. Regeneração de Areias de Fundição. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A, 2001.
- MARIOTTO, C. L. Regeneração de areias: uma tentativa de discussão temática. Revista Fundição & Matérias primas. 42ºed. São Paulo, 2000.
- BEELEY, P. Foundry Technology. Butterworth-Heinemann, 2ª ed. Woburn 2001.

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

BROSCH, C. D.; RÉ, L. V. Areias de fundição e materiais de moldagem. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, Brasil: 1995. 195p.

CNUMAD, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Agenda 21. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, Brasília, 1995, 472 p. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf>> acesso em 02.06.2016.

CHIAVERINI, V. Tecnologia Mecânica. Vol. II, 2ª ed. – São Paulo: McGraw-Hill, 1986

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.

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

MATOS, S.V. Proposta de minimização de resíduos sólidos industriais: estudo de caso com areia de fundição. São Carlos, 1997. 107 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

**6. CONTATOS:** iva.pinheiro@outlook.com e anajulia.rocha@mackenzie.br