INTERNATIONAL 2nd WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION
"KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE"

Minimização da Geração de Areia de Fundição Utilizando Ferramentas do Programa de Produção Mais Limpa

C. B. Maciel[a], C. A. M. Moraes[b], C. E. Teixeira[c], I. A. Schneider[d]

a. Tecnoambi Consultoria e Engenharia Ambiental Ltda, Caxias do Sul, cristiane@tecnoambi.com.br

b. Universidade do Vale do Rios dos Sinos, São Leopoldo, cmoraes@unisinos.br

c. Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, ceteixeira@ucs.br

d. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, ivoandre@ct.ufrgs.br

Resumo

O processo de fundição gera vários tipos de resíduos sólidos, sendo o principal deles a areia de fundição, que é gerado na etapa de desmoldagem de peças metálicas. O aumento dos custos de disposição, o surgimento de legislações específicas e o baixo desempenho ambiental das tecnologias de fim de tubo têm direcionado seus esforços no desenvolvimento de soluções mais efetivas. A minimização de resíduos leva a uma mudança de paradigma, pois constituem um novo conceito de gerenciamento ambiental baseado no princípio da prevenção da geração de poluentes, visando à redução ao máximo da quantidade de resíduos a ser disposta ou tratada. Baseado nas ferramentas da metodologia de Produção mais Limpa este trabalho avaliou o processo de fabricação de peças fundidas com vistas à minimização da geração do resíduo sólido areia de fundição da empresa Metalcorte Metalurgia Ltda, indicando oportunidades de minimização do resíduo sólido areia de fundição, bem como alguns aspectos ambientais, técnicos e econômicos que interessam na escolha das melhores oportunidades a serem implementadas. As oportunidades sugeridas possuem diversos níveis de complexidade. Algumas medidas podem ser implementadas imediatamente enquanto outras requerem o desenvolvimento de pesquisas que as tornem viáveis quanto aos aspectos técnicos, ambientais e econômicos, dependendo do tipo de opção, como é o caso da regeneração da areia de moldagem, dos processos de reutilização e da substituição de materiais geradores de gases tóxicos. Os tempos de implantação são variáveis e um cronograma de implementação pode ser elaborado, priorizando-se as opções que podem ser efetivadas em médio e curto prazo, enquanto que as alternativas em longo prazo podem ser escaladas para estudos aprofundados. Ressalta-se que das 19 oportunidades listadas 9 delas são oportunidades de baixo custo e de fácil implementação para empresa, podendo ser adotadas a curto prazo. O resíduo areia de fundição apresenta um bom potencial de minimização, conforme a extensa lista de oportunidades que foram identificadas. Ao mesmo tempo, considerando a complexidade do processo de fundição e da metodologia desenvolvida pela UNIDO-CNTL, a implementação de um Programa de Produção mais Limpa neste tipo de empresa necessita de estudos como este para estimular os empresários a aplicar esforços na prevenção da geração de resíduos, utilizando ferramentas efetivas e viáveis para se buscar o desenvolvimento sustentável neste setor.

Palavras-Chave: Fundição, areia usada, minimização, produção mais limpa.

1 Introdução

Até pouco tempo o enfoque da problemática ambiental concentrava-se em solucionar a questão "o que fazer com os resíduos gerados em decorrência das operações diárias das indústrias". Atualmente, algumas empresas têm concentrado

esforços na minimização da produção dos rejeitos, ao invés de simplesmente controlar a poluição já existente aplicando técnicas conhecidas como "tecnologias de fim de tubo", ou seja, construção de estações de tratamento de efluentes e de aterros de resíduos industriais. Essa nova postura tem se mostrado mais efetiva para combater o aumento da degradação do meio ambiente, bem como para atender a legislação ambiental, além de melhorar a imagem pública de uma empresa e gerar ganhos econômicos.

Dentro desse contexto surgiram os programas de Prevenção da Poluição / Produção mais Limpa que são baseados no princípio de "antecipar e prevenir" possíveis fontes geradoras de problemas ambientais, utilizando uma sistemática de medidas que visam reduzir ao máximo a quantidade de resíduos a serem tratados ou dispostos, possuindo uma estrutura de ação fundamentada na sua prevenção e reciclagem.

O programa de Produção Mais Limpa sugere a aplicação contínua de uma estratégia preventiva, econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso das matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em todos os setores produtivos (CNTL, 2003).

No Brasil, o surgimento de legislações específicas, tanto federais como estaduais, refletem a crescente preocupação com a geração de resíduos, bem como o desenvolvimento de estudos e a adoção de algumas medidas de redução de poluentes por indústrias que visam adequação à concorrência do mercado internacional. Entretanto o setor de fundição é responsável por diferentes tipos de impactos ambientais associados com geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos, e emissões atmosféricas (FATTA et al, 2004).

Dentro desse contexto, o setor de fundição no Brasil começa a dar passos mais firmes para reduzir os impactos negativos de sua atividade sobre o meio ambiente. É claro que os esforços nesse sentido decorrem em boa parte da recente aprovação da Lei 9605, de 12/02/98, que prevê punições severas, mas sem dúvida também estão relacionados com uma nova visão dos empresários acerca dos cuidados para com o meio ambiente. De modo crescente, um número de empresas, dos mais variados setores, procuram como parceiras empresas que tenham ações concretas no âmbito da responsabilidade ambiental.

Atualmente, o grande problema das empresas de fundição são os seus resíduos sólidos, constituídos, majoritariamente, dos excedentes das areias usadas na confecção dos moldes e machos; escórias e poeira (DENG et al, 2006). A areia verde de fundição é formada por areis de sílica, aditivos orgânicos e bentonita. Para cada ciclo de produção uma parte da areia do processo é retirada por perda de propriedades e novos aditivos são adicionados gerando um excedente, que se transforma em resíduo (GUNEY et al, 2006). Somente no Brasil são descartadas cerca de 2 milhões de toneladas de areia usadas por ano. Além do impacto visual, outro problema decorrente do descarte inadequado da areia usada é que, quando é submetida a intempéries, os seus contaminantes mais prováveis como resinas fenólicas, metais e não metais dissolvem-se e podem contaminar os solos e o lençol freático.

Assim, este trabalho propõe-se a avaliar a geração do resíduo areia de fundição de uma empresa de fundição gaúcha, visando a sua minimização utilizando ferramentas do Programa de Produção Mais Limpa. Além disso, objetiva-se conhecer melhor o processo de produção e demais fatores ligados ao resíduo areia de fundição, bem como contribuir para um crescimento do estado da arte sobre minimização de resíduos na indústria da fundição.

2 A Minimização De Resíduos Aplicado À Indústria De Fundição

Segundo Diehl (1996), a atividade de fundição é consumidora intensiva de insumos (areia, bentonita, resinas, pó de carvão, tintas, refratários, ferro, entre outros), ao mesmo tempo em que contribui para a sociedade reciclando toda espécie de sucata metálica, transformando-a em bens de consumo e de capital. A fundição é essencial à sociedade e estará por muito tempo acompanhando o seu desenvolvimento, cabendo a todos compatibilizá-los aos novos padrões ambientais.

Os atuais desafios que a sociedade, inclusive os fundidores, coloca à atividade de fundição são, por exemplo:

- Racionalizar o consumo de areia nova;
- Minimização de resíduos sólidos;
- Reduzir as emissões atmosféricas;
- Reduzir o consumo de energia;
- Reduzir o consumo de recursos naturais;
- Produzir produtos ambientalmente corretos.

Além dos desafios impostos pela sociedade, a indústria de Fundição sofre também as pressões das exigências legais impostas pelas Regulamentações Governamentais, que nos últimos anos tem ficado progressivamente mais exigente para com as empresas industriais em todo o mundo, impondo pesadas multas e penalidades, transformando o discurso puramente ambientalista em uma questão econômica.

Devido a grande quantidade de resíduos sólidos gerados pela fundição, era normal até bem pouco tempo atrás que estas empresas depositassem estes resíduos em aterros próprios ou de terceiros, sem nenhuma preocupação com questões ambientais. De acordo com Mariotto & Bonin (1996), o custo da geração de tais resíduos já afeta a economia destas empresas no Brasil e a situação tende a agravar-se devido a fatores como o aumento dos custos de disposição, transporte de resíduos, a progressiva carência de áreas adequadas para depositá-los e a eminente exigência de adequação às normas ambientais internacionais, tais como a obediência às normas da série ISO 14.000 e outras.

Segundo Lerípio (2001), a palavra de ordem nas organizações que pretendem garantir a sustentabilidade de seus negócios deve ser “reduzir” desperdícios de seus processos e utilizar de forma “racional” os recursos naturais. Toda forma de poluição deve ser entendida como manifestação de ineficiência dos processos produtivos, representando também uma das maneiras mais oportunas e sustentáveis de agregar valor à organização.

De forma geral o que se pretende é melhorar o desempenho ambiental da organização, atendendo, desse modo, às novas exigências do mercado e à necessidade de práticas industriais menos poluentes.

Segundo Kiperstock *et al* (2002), a implementação de um programa de Produção mais Limpa numa empresa é reconhecida como uma prática de gestão ambiental de grande eficácia; no entanto, não visa à certificação, como é o caso da norma internacional ISO 14001. O mesmo autor afirma que as vantagens de se implantar um programa de Produção mais Limpa numa empresa utilizando esta metodologia, são inúmeras (KIPERSTOCK *et al*, 2002), como por exemplo:

- Aumenta a eficiência do processo produtivo;
- Minimiza o impacto ambiental decorrente da atividade produtiva;
- Orienta na adoção de medidas que, mesmo quando envolvem custos, podem apresentar o período de retorno baixo;

• Facilita o processo de decisão em relação a quanto à empresa deseja investir na gestão ambiental, pois fornece dados para avaliação;
• Evita custos crescentes devido ao tratamento de resíduos;

3 Metodologia

3.1 A Empresa

O trabalho foi realizado numa empresa de fundição do estado do Rio Grande do Sul. Os principais mercados da divisão Fundição são o automotivo, agrícola e transporte rodoviário. A empresa exporta cerca de 8% da sua produção de peças fundidas.

A empresa possui atualmente 750 funcionários, 32.000 m^2 de área construída, uma produção anual de aproximadamente 24.000 toneladas de ferro fundido, dos tipos cinzento e nodular, sendo dividida em Fundição A e B. Na Fundição A são fabricadas peças de maior porte em linhas manuais e automatizadas e na Fundição B são produzidas peças pequenas em uma linha automatizada.

3.2 Etapas Desenvolvidas no Trabalho Baseadas em ferramentas do Programa de P+L

A metodologia a ser seguida baseou-se nas etapas de implantação de um programa de Produção mais Limpa, desenvolvida pela UNIDO/UNEP (CNTL, 2003). Da seqüência apresentada pela UNIDO, o presente trabalho discute a sensibilização dos funcionários, a construção de diagramas de blocos qualitativos de entradas e saídas, e levantamento de oportunidades de P+L.

A implementação do Programa de Produção mais Limpa (P+L) numa empresa, com base na metodologia desenvolvida pela UNIDO, consiste na avaliação do processo produtivo, seja qual for à natureza, e na aplicação de técnicas que possam envolver desde a mudança de matéria-prima/insumo, consumo de água e de energia, tecnologia/processo, procedimento operacional, até mesmo a mudança do próprio produto, que pode ser considerado ambientalmente incorreto, reciclagem interna e até externa, denominadas como ferramentas do programa de P+L.

4. Resultados e Discussão

Serão discutidos os resultados do estudo focado na minimização de areia de fundição, mesmo que a análise de geração de resíduos tenha considerados todos os gerados na fundição.

4.1. Sensibilização Ambiental dos Colaboradores

Durante a sensibilização dos colaboradores, várias situações foram levantadas como necessárias antes de iniciar o processo de implementação de P+L, como:

• Obtenção da Licença de Operação da empresa junto ao órgão ambiental estadual;
• Adequação do pavilhão de estocagem provisória para os resíduos classe I e II gerados na empresa;
• Implantação de sistema de coleta seletiva de resíduos para todos os setores da empresa;
•Controle da quantidade total de resíduos sólidos e líquidos gerados. Não havia informações precisas e setoriais sobre os pontos de geração desses resíduos;
• Criação de uma central de armazenamento temporário de resíduos líquidos;
• Implantação do sistema de lavagem de gases nos fornos de fusão;

• Implantação do sistema de exaustão por ciclone e filtros de manga para coleta de pós gerados na rebarbação e desmoldagem;
• Troca do sistema hidráulico de exaustão e retenção de pó da central de areia da fundição B;
• Mistura de diferentes resíduos em containeres.

Quanto a questões relacionadas à necessidade de diminuição de desperdícios, observou-se na discussão com os colaboradores:
• Não haver controle quanto à maximização da utilização das matérias-primas e insumos utilizados.
• Elevado desperdício de matéria-prima, principalmente por mau uso e/ou aproveitamento da mesma, ficando evidente a necessidade de trabalhar nos projetos dos produtos, treinamentos e orientações para os funcionários sobre esse fato;
• Há uma grande quantidade de diferentes resíduos no chão do pátio de sucatas, além da compra de sucata com uma parte significativa de contaminantes;
• Problemas de manutenção de equipamentos, sendo observados vazamentos de areia recuperada dos mesmos;

4.2. Construção de diagrama de blocos qualitativos nas células da fundição

A tabela 1, 2 e 3 mostram os diagramas de blocos qualitativo das entradas e saídas incluídos os resíduos gerados nas células moldagem, vazamento e desmoldagem, rebarbação (incluído inspeção e expedição), respectivamente. A célula fusão mesmo gerando uma quantidade grande resíduos, não gera o resíduo solido areia de fundição.

Considerando as 3 células estudadas, com suas 15 etapas avaliou-se a presença de um total de 71 resíduos gerados. Destes resíduos, os mais freqüentes nas 4 etapas são areia de fundição, epi´s e emissões atmosféricas. Mesmo que não tenha sido mensurado, o resíduo sólido de maior quantidade observado foi a areia de fundição, encontrado no setor de moldagem, de macharia, após desmoldagem, e após jateamento de granalha.

4.3. Identificação das Oportunidades de Minimização de Resíduos e Avaliação Ambiental, Técnica e Econômicas das Oportunidades

A tabela 4 mostra as 8 das 19 oportunidades levantadas durante análise da planta. Estas são as oportunidades de P+L mais diretamente relacionadas ao resíduo areia de fundição.

A tabela 4 apresenta as oportunidades de minimização de resíduos possibilitando a determinação da priorização de implantação das alternativas sob os critérios de simplicidade e viabilidade técnica, ambiental e econômica, como citado por CNTL (2003).

Os tempos de implementação das alternativas são variáveis e um cronograma de implementação deverá ser elaborado, priorizando-se as opções de menor custo e que podem ser executadas em médio e curto prazo, enquanto as alternativas de alto custo e logo prazo podem ser escaladas para estudos e pesquisas aprofundados.

A extensa lista de opções elaboradas fez observar a existência de um bom potencial de oportunidades de minimização do resíduo areia de fundição.
As opções referentes a mudanças de procedimentos operacionais, como por exemplo, eliminações de vazamento de equipamentos e adoção de um SGA, podem ser implementadas imediatamente em face da simplicidade que apresentam. Todas possuem bom desempenho ambiental, sendo que a opção da implementação de um

sistema de gerenciamento ambiental se mostra como a mais completa, pois permite a melhoria continua e otimização de soluções para os problemas ambientais da organização.

Tabela 1: Diagrama de blocos com balanço de massa qualitativo da célula moldagem com entradas e saídas.

BALANÇO DE MASSA QUALITATIVO		
ENTRADAS	**SEQUENCIA DE ETAPAS - SETOR MOLDAGEM**	**SAIDAS**
MATÉRIAS-PRIMA: areia	**RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO DA AREIA BASE EM SILOS**	**PRODUTO:** areia base armazenada.
INSUMO:		**RESÍDUO:** areia que cai do chão, embalagens big bags.
MATÉRIAS-PRIMA: areia base, areia de retorno.	**MISTURA**	**PRODUTO:** areia misturada e pronta para moldagem.
INSUMO: bentonita nacional, bentonita importada, carvão mineral, energia elétrica, EPI's, água.		**RESÍDUO:** resíduos de varrição, areia de fundição, vassoras, embalagens de produtos, EPI's usados, particulados finos, restos e madeira.
MATÉRIAS-PRIMA: areia misturada.	**MOLDAGEM**	**PRODUTO:** molde de areia.
INSUMO: energia elétrica, gratife em pó, EPI's, separol 11.		**RESÍDUO:** EPI's usados, vassouras, resíduos de varrição, embalagens de produtos, papel, particulados finos, areia de fundição.
MATÉRIAS-PRIMA: molde.	**MONTAGEM**	**PRODUTO:** molde montado.
INSUMO: machos, filtros, energia elétrica, EPI's.		**RESÍDUO:** resíduos de varrição, papel, papelão, EPI's usados.
MATÉRIAS-PRIMA: molde e metal liquido fundido.	**TRANSPORTE DO MOLDE E VAZAMENTO**	**PRODUTO:** ferro vazado dentro do molde.
INSUMO: energia elétrica, EPI's.		**RESÍDUO:** pequenos pedaços de metais, emissões atmosféricas, EPI's usados, resíduo de varrição.

Com relação à reutilização do resíduo como matéria-prima em outros processos, exemplos de casos já efetivados têm demonstrado a eficiência desta opção no que concerne a contribuição da redução da quantidade de resíduo a ser disposta em aterros.

No que se refere às opções de regeneração/recuperação deve ser considerado o seu relativo desempenho ambiental ao gerar outros resíduos durante seu processamento, principalmente o processo térmico. Contudo, o desenvolvimento de pesquisas na adequação ambiental de tal tecnologia deve ser incentivado, devido ao seu potencial de minimização de resíduo descartado.

Tabela 2: Diagrama de blocos com balanço de massa qualitativo da célula vazamento e desmoldagem com entradas e saídas.

BALANÇO DE MASSA QUALITATIVO		
ENTRADAS	**SEQUENCIA DE ETAPAS - SETOR VAZAMENTO E DESMOLDAGEM**	**SAIDAS**
MATÉRIAS-PRIMA: ferro vazando no molde montado.	**VAZAMENTO**	**PRODUTO:** ferro líquido vazado.
INSUMO: energia elétrica, EPI's, cápsulas de medição de temperatura.		**RESÍDUO:** pequenos pedaços de metais, emissões atmosféricas, EPI's usados, resíduo de varrição, cápsulas usadas.
MATÉRIAS-PRIMA: peça liquida vazada.	**SOLIDIFICAÇÃO E RESFRIAMENTO**	**PRODUTO:** peça solidificada e resfriada no molde.
INSUMO: -		**RESÍDUO:** emissões atmosféricas.
MATÉRIAS-PRIMA: peça solidificada e resfriada no molde.	**DESMOLDAGEM**	**PRODUTO:** peça bruta, canais e massalotes.
INSUMO: energia elétrica, EPI's.		**RESÍDUO:** EPI's usados, vassouras, resíduo de varrição, areia de fundição, resíduos metálicos, finos de exaustão.

Buscando dar continuidade a pesquisa desenvolvida no presente trabalho, sugere-se:

- Execução da etapa de implementação das alternativas de minimização indicadas, sendo possível avaliar o desempenho na prática;
- Dar continuidade ao programa, realizando uma avaliação semelhante ao do presente estudo para os demais resíduos gerados no processo de fundição;
- Criar novos indicadores quantitativos para o processo;
- Aumentar a eficiencia energética do processo, visto que esse insumo representa 21% do custo do produto para a empresa.

4. Considerações Finais

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o processo de fabricação de peças fundidas com vistas a minimização da geração do resíduo sólido areia de fundição, utilizando os princípios e ferramentas do programa de Produção mais Limpa desenvolvido pela UNIDO-CNTL.

A etapa de sensibilização teve a participação da alta direção, coordenadores e demais funcionários envolvidos no processo industrial, a qual foi fundamental para o sucesso do trabalho, devido a obtenção do comprometimento e conscientização

para as questões ambientais da empresa, que até o desenvolvimento deste não eram praticadas.

Tabela 3: Diagrama de blocos com balanço de massa qualitativo da célula rebarbação com entradas e saídas.

BALANÇO DE MASSA QUALITATIVO		
ENTRADAS	**SEQUENCIA DE ETAPAS - SETOR REBARBAÇÃO**	**SAIDAS**
MATÉRIAS-PRIMA: peça bruta.	**JATEAMENTO COM GRANALHA**	**PRODUTO:** peça granalhada.
INSUMO: energia elétrica, EPI's, granalhas de aço.		**RESÍDUO:** emissões atmosféricas, EPI's usados, resíduo de varrição, areia de fundição, pós metálicos, papel, papelão, embalagens de produtos diversas, finos de exaustão.
MATÉRIAS-PRIMA: peça granalhada.	**REBARBAÇÃO**	**PRODUTO:** peça rebarbada.
INSUMO: rebolos, disco de esmeril, disco de corte, disco de desbaste, lima, energia elétrica.		**RESÍDUO:** emissões atmosféricas, pós metálicos, papel, plástico, resíduos de varrição, finos de exaustão, EPI's usados, vassouras.
MATÉRIAS-PRIMA: peça rebarbada	**INSPEÇÃO**	**PRODUTO:** peça inspecionada.
INSUMO: energia elétrica, EPI's, óleo solúvel.		**RESÍDUO:** EPI's usados, vassouras, resíduo de varrição, papel, papelão, tambores.
MATÉRIAS-PRIMA: peça inspecionada.	**EMBALAGEM**	**PRODUTO:** peça embalada.
INSUMO: energia elétrica, EPI's, plástico, papelão, pallets de madeira, cinta de poliéster, gás GLP, cintas metálicas, etiqueta para identificação.		**RESÍDUO:** EPI's usados, vassouras, resíduo de varrição, papel, papelão, sobras de cintas metálicas, sobras de cintas de poliéster, restos de pallets quebrados.
MATÉRIAS-PRIMA: peça embalada e identificada.	**EXPEDIÇÃO**	**PRODUTO:** peça entregue.
INSUMO: energia elétrica, EPI's.		**RESÍDUO:** EPI's usados, vassouras, resíduo de varrição.

Tabela 4 – Lista de oportunidades de minimização envolvendo diretamente o resíduo areia de fundição.

OPORTUNIDADES	JUSTIFICATIVA	CONSIDERAÇÕES			NÍVEIS DE P+L
		AMBIENTAIS	TÉCNICAS	ECONOMICAS	
diminuição da quantidade de areia nova utilizada no processo.	Redução da geração de resíduo. Otimização do processo. Redução de custos.	Alto desempenho ambiental pela eliminação ou redução de um dos fatores chaves na geração do resíduo.	A viabilidade técnica depende do desenvolvimento das pesquisas.	Médio custo.	Nível 1 – redução na fonte através de mudança de tecnologia aplicada.
Recuperação/regeneração da areia para retorno ao processo como matéria prima (processos térmicos e mecânicos).	Reaproveitamento de material. Redução do volume descartada para aterro.	Desempenho ambiental relativo devido à geração de poluentes atmosféricos.	Relativo desempenho técnico devido a algumas dificuldades operacionais.	Alto custo	Nível 2 – Reciclagem interna.
Doação de areia usada para outras fundições.	Reaproveitamento do resíduo como matéria prima em outro processo.	Desempenho ambiental baixo devido a transferência do resíduo de um lugar para outro.	Tecnicamente viável, mas depende de estudos.	Baixo custo.	Nível 3 – Reciclagem externa.
Diminuição da quantidade de areia agregada às peças na desmoldagem.	Redução do volume de areia coletado nas caçambas da granalhadeira. Aumento da vida útil da granalhadeira e redução no consumo de granalha de aço.	Alto desempenho ambiental devido a diminuição de dois resíduos – areia e escória.	Tecnicamente viável, porém necessita de desenvolvimento de pesquisas.	Médio custo.	Nível 1 – redução na fonte com modificação no processo através de mudança tecnológica.
Uso do resíduo em outro processo, como por exemplo: - indústria de cimento; - asfalto; - concreto e artefatos; - cobertura de aterros.	Redução do volume de areia para descarte melhoria do desempenho ambiental da fundição. Redução dos custos de disposição. Possibilidade de receita.	Desempenho ambiental relativo devido à viabilização ambiental das reutilizações.	Tecnicamente viável, porém necessita de desenvolvimento de pesquisas e estudos.	Médio custo.	Nível 3 – Reciclagem externa – uso e reuso do resíduo em outro processo.
Melhoria no sistema de captação e retenção dos finos da central de areia.	Redução da quantidade de finos dispersos na atmosfera. Redução na geração de resíduo de areia de fundição coletada na varrição. Cumprimento de exigências do órgão ambiental.	Alto desempenho ambiental em face de redução das emissões atmosféricas e conseqüentemente redução da geração de resíduos. Melhora da imagem da empresa diante dos vizinhos e órgão ambiental.	Tecnicamente viável,	Alto custo.	Nível 1 – redução na fonte com modificação no processo através de mudança tecnológica.
Eliminação de vazamentos de equipamentos (correias transportadoras, elevador de canecas, etc.)	Redução da quantidade de resíduos coletados por vazamentos e problemas de manutenção. Diminuição no consumo de matérias-primas e insumos.	Bom desempenho ambiental devido a eliminação de um fator de grande contribuição para a poluição do ambiente de trabalho e desperdício de material. Redução da geração de resíduos.	Completamente viável, pois depende somente de manutenção da empresa.	Baixo custo.	Nível 1 – redução na fonte com modificação de processo aplicando boas práticas operacionais (*good housekeeping*).
Confeccionar tampas para as caçambas de coleta do resíduo finos de areia.	Redução da quantidade de pó disperso na atmosfera. Aumento da limpeza do ambiente de trabalho.	Relativo desempenho ambiental, pois reduz as emissões atmosféricas no ambiente de trabalho.	Tecnicamente viável, depende somente de um projeto simples e da confecção.	Baixo custo.	Nível 1 – redução na fonte com modificação de processo aplicando boas práticas operacionais (*good housekeeping*).

Esta etapa também permitiu que o diagnóstico ambiental fosse discutido e definido o seu escopo.

As oportunidades sugeridas possuem diversos níveis de complexidade. Algumas medidas podem ser implementadas imediatamente enquanto outras requerem o desenvolvimento de pesquisas que as tornem viáveis quanto aos aspectos técnicos, ambientais e econômicos, dependendo do tipo de opção, como é o caso da regeneração da areia de moldagem, dos processos de reutilização e da substituição de materiais geradores de gases tóxicos. Os tempos de implantação são variáveis e um cronograma de implementação pode ser elaborado, priorizando-se as opções que podem ser efetivadas em médio e curto prazo, enquanto que as alternativas em longo prazo podem ser escaladas para estudos aprofundados.

O resíduo areia de fundição apresenta um bom potencial de minimização, conforme a extensa lista de oportunidades que foram identificadas.

Ao mesmo tempo, considerando a complexidade do processo de fundição e da metodologia desenvolvida pela UNIDO-CNTL, a implementação de um Programa de Produção mais Limpa neste tipo de empresa necessita de estudos como este para estimular os empresários a aplicar esforços na prevenção da geração de resíduos, utilizando ferramentas efetivas e viáveis para se buscar o desenvolvimento sustentável neste setor.

As dificuldades encontradas no decorrer da realização deste trabalho foram de ordem conceitual, organizacional, técnicas, econômicas, políticas, educacionais e legais. Além disso, a falta de conscientização da importância de aplicação de esforços em prevenção de resíduos por parte do pessoal envolvido na organização, gerou dificuldade na obtenção de dados para a elaboração do estudo e no desenvolvimento de soluções ambientais, bem como na obtenção de recursos para a implementação.

5. Referências Bibliográficas

CNTL. Implementação de programas de produção mais limpa. Porto Alegre, CNTL/SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 2003.42 p.

DENG A, TIKALSKY PE. Metallic characterization of foundry by-products per waste streams and leaching protocols. Journal of Environmental Engineering 2006;132(6):586-595.

DIEHL, M.D. Planejamento da Regeneração de Areias de Fundição. 51º Congresso Anual da ABM . Porto Alegre. 1996.

FATTA D, MARNERI M, PAPADOPOULOS A, SAVVIDES CH, MENTZIS A, NIKOLAIDES L, LOIZIDOU M. Indsutrial pollution and control measures for a foundry in Cyprus. Journal of Cleaner Production 2004;12(1):29-36.

GUNEY Y, AYDILEK HA, DEMIRKAN MM. Geoenvironmental behavior of foundry sand amended mixtures for highway subbases. Waste Management 2006;26(9):932-945.

KIPERSTOK, A. *et al*. Prevenção da poluição. Brasília: SENAI/DN, 2002. 290p.

LERIPIO, A.A. GAIA: Um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais. Florianópolis, 2001, Tese (Doutorado) - Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. 161 p.

MARIOTO, C.L.; BONIN, A.L. Tratamento dos descartes de areia. Revista Fundição e matérias-primas. mar/abr. 1996. p.28-32.