

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA
ENFASE: ENGENHARIA AMBIENTAL E TECNOLOGIAS LIMPAS**

**AVALIAÇÃO DA GERAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO AREIA DE FUNDIÇÃO
VISANDO SUA MINIMIZAÇÃO NA EMPRESA METALCORTE METALURGIA –
FUNDIÇÃO**

**CRISTIANE BOFF MACIEL
ENGENHEIRA QUÍMICA**

Porto Alegre, 2005.

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**AVALIAÇÃO DA GERAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO AREIA DE FUNDIÇÃO
VISANDO SUA MINIMIZAÇÃO NA EMPRESA METALCORTE METALURGIA –
FUNDIÇÃO**

CRISTIANE BOFF MACIEL

Orientador: Prof. Dr. Ivo André Homrich Schneider

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Moraes

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a.Claudia Teixeira Panarotto

Banca Examinadora:

Prof.^a. Dr.^a. Luis Felipe Nascimento

Prof.^a. Dr.^a. Luciana Paulo Gomes

Prof.^a Dr.^a. Feliciane Andrade Brehm

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em
Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de mestre em
Engenharia – Modalidade Profissionalizante
Ênfase em Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas

Porto Alegre, RS

2005

Este trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de mestre em **ENGENHARIA** e aprovado em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Ivo André Homrich Schneider
Orientador
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Carlos Artur Ferreira
Coordenador
Mestrado Profissionalizante em Engenharia
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.^a Dr.^a Carin Maria Schmitt
Coordenadora
Mestrado Profissionalizante em Engenharia
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luis Felipe Nascimento (PPGA - UFRGS)

Prof.^a Dr.^a Luciana Paulo Gomes (UNISINOS)

Prof.^a Dr.^a Feliciane Andrade Brehm (UNISINOS)

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento e conclusão deste trabalho só foram possíveis pelo apoio e amizade de algumas pessoas, as quais gostaria de expressar minha profunda gratidão.

À Metalcorte Metalurgia Ltda - Fundação pela oportunidade e recursos oferecidos.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelos recursos oferecidos.

Ao Professor Ivo André Homrich Schneider e ao Professor Carlos Albertos Mendes Moraes pela oportunidade, dedicação, incentivo e paciência como orientador e co-orientador

A Cláudia Teixeira Panarotto, grande amiga e professora, pelo inestimável companheirismo, amizade, incentivo e dedicação a este trabalho.

Ao Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul pelos recursos oferecidos.

À amiga e “conselheira sentimental e profissional” Alda Aparecida pelo apoio, carinho e incentivo desde o início do curso.

Aos colegas de empresa pela compreensão, ajuda, apoio e dedicação dispensada.

Aos colegas de mestrado, pelos bons momentos vivenciados.

Dedico especialmente esta dissertação a minha mãe Irene Boff Maciel, pelo apoio e estímulo ao longo desta jornada.

Ao meu querido namorado, Daniel Bampi, quero agradecer pelo seu incentivo e confiança depositada em mim, pelo seu carinho e amor em todos os momentos difíceis.

Enfim, dedico este trabalho a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização do mesmo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE QUADROS	xi
LISTA DE SÍMBOLOS	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Evolução da Questão Ambiental	4
3.2 Poluição Ambiental	5
3.3 Resíduos Sólidos Industriais.....	6
3.4 Gerenciamento de Resíduos	10
3.5 Tecnologias Fim-de-Tubo X Tecnologias Limpas.....	13
3.6 Produção Mais Limpa (P+L) – Conceitos e Definições.....	15
3.7 Relação Custo-Benefício da Produção Mais Limpa.....	18
3.8 Implementação de um Programa de Produção Mais Limpa.....	20
3.9 Outros Aspectos Relacionados á Implementação de um Programa de Produção Mais Limpa	29
3.10 A Indústria de Fundição	31
3.10.1 Situação Brasileira da Indústria de Fundição	31
3.10.2 O Processo de Fundição	33
3.10.3 Características dos Processos de Moldagem/Macharia.....	37
3.10.3.1 Componentes da Areia de Moldagem a Verde.....	38
3.10.3.2 Componentes da Areia de Moldagem em Casca – Shell Molding.....	39
3.10.3.3 Componentes da Areia de Moldagem pelo Processo de Caixa Fria (<i>Cold Box</i>)	40

3.10.4	Geração de Poluentes	41
3.11	Produção Mais Limpa Aplicada à Indústria de Fundição.....	45
4	METODOLOGIA.....	49
4.1	A Empresa	49
4.2	Etapas Desenvolvidas no Trabalho Baseadas na Metodologia de Implementação do Programa de P+L.....	49
4.2.1	Sensibilização da Equipe da Empresa para Realização do Trabalho, Definição da Abrangência e Formação do Ecotime.....	51
4.2.2	Estudo do Processo Produtivo – Elaboração de um Fluxograma da Fundição B	52
4.2.3	Identificação das Fontes Geradoras e Tipos de Resíduos.....	52
4.2.4	Quantificação das matérias-primas, insumos e produtos fabricados.....	52
4.2.5	Elaboração do Balanço de Massa do Processo de Moldagem.....	53
4.2.6	Levantamento dos Pontos de Geração e inventário quali-quantitativo do resíduo sólido areia de fundição.....	53
4.2.7	Identificação das Oportunidades de Minimização de Resíduos e Avaliação Ambiental, Técnica e Econômicas das Oportunidades	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55
5.1	Etapa de Sensibilização, Abrangência do Programa e Formação do Ecotime	55
5.2	Estudo do Fluxograma de Processo.....	56
5.3	Identificação das Fontes Geradoras e dos Tipos de Resíduos, Levantamento Qualitativo e Quantitativo dos Resíduos e Balanço de Massa do Processo de Moldagem... ..	58
5.3.1	Quantificação das Matérias-Primas, Insumos e Produtos Fabricados.....	63
5.3.2	Balanço de Massa do Processo de Moldagem.....	66
5.3.3	Descrição do Processo de Geração de Resíduos	67
5.3.4	Resultados Relativos aos Levantamentos Quantitativos do Resíduo Areia de Fundição	72
5.4	Identificação das Oportunidades de Minimização de Resíduos e Avaliação Ambiental, Técnica e Econômicas das Oportunidades:	81
5.4.1	Limitações Encontradas no Estudo de Caso.....	91
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	93

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXO A	99
ANEXO B	101
ANEXO C	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1– Etapas envolvidas no gerenciamento de resíduos sólidos.....	10
Figura 3.2 – Abordagens para solucionar os problemas com resíduos. Fonte: Valle, 2002, adaptado	12
Figura 3.3 – Produção limpa e limpeza de processos.....	15
Figura 3.4 – Custos e benefícios com implementação de medidas de P+L	20
Figura 3.5 – Passos para implementação de um programa de Produção mais Limpa.....	22
Figura 3.6 - Indicadores ambientais e econômicos.....	25
Figura 3.7 - Organograma da geração de opções de Produção mais Limpa	26
Figura 3.8 - Seqüência das operações na fundição de um metal em molde de areia.....	36
Figura 4.1 – Seqüência de etapas para implementação de um programa de Produção mais Limpa do estudo de caso, baseado no modelo UNIDO/UNEP. Adaptado.	50
Figura 5.1-Fluxograma detalhado do processo produtivo da Fundição B.....	57
Figura 5.2 – Planta baixa da Fundição B identificando os pontos de geração e de coleta de resíduos	69
Figura 5.3 – Percentual de coleta de resíduo na Fundição B.....	73
Figura 5.4 – Fotos dos principais pontos geradores de resíduos areias de fundição na Fundição B. (a) Foto do ponto 05 – nesse ponto são gerados finos do processo de desmoldagem. (b) Foto do ponto 06 – nesse ponto é coletada a areia que cai da correia transportadora	74
Figura 5.5 - Fotos dos principais pontos geradores de resíduos areias de fundição na Fundição B. (a) Foto do ponto 03 – nesse ponto é coletada a areia que cai da correia transportadora.. (b) Foto do ponto 10 – nesse ponto é coletado o lodo e a lama do processo de exaustão a úmido.	75
Figura 5.6 – Quantidades total de resíduos (areia de fundição, escória, refratários, pós metálicos, resíduos perigosos diversos, finos) gerada e descartada no período de 01/08/04 a 31/07/05, em toneladas.	78
Figura 5.7 – Quantidades do resíduo areia de fundição gerada na Fundição B e comparativamente na Fundição A e B.	79

Figura 5.8 – Quantidade em toneladas do resíduo areia de fundição gerada no período na Fundição B.....	79
Figura 5.9 – Porcentagem de resíduos do total.....	80
Figura 5.10 – Relação entre a quantidade de ferro fundido bruto produzido pela quantidade de resíduo areia de fundição.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Brasil – Estados selecionados	8
Tabela 3.2 – Distribuição da geração de resíduos sólidos industriais perigosos por setor industrial dos empreendimentos inventariados no estado do RS	9
Tabela 3.3 – Diferenças entre tecnologias fim-de-tubo e produção mais limpa	18
Tabela 3.4 – Processos geradores de desperdícios na indústria de fundição.....	42
Tabela 5.1 – Quantidade de matérias-primas e auxiliares no período referido	65
Tabela 5.2 – Tabela de dados de avaliação dos principais produtos da Fundição B.....	64
Tabela 5.3 – Quantificação dos resíduos por ponto de coleta na Fundição B.....	72
Tabela 5.4 – Quantidade anual de resíduos/emissões da Fundição B no período do trabalho.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Barreiras potenciais que impedem a adoção do Programa de Produção mais Limpa.	30
Quadro 5.1 – Diagrama de blocos qualitativos do setor de fusão considerando as entradas e saídas de materiais e resíduos de cada etapa do processo – balanço de massa qualitativo.	59
Quadro 5.2 – Diagrama de blocos qualitativos do setor de moldagem considerando as entradas e saídas de materiais e resíduos de cada etapa do processo – balanço de massa qualitativo.	60
Quadro 5.3 - Diagrama de blocos qualitativos do setor de vazamento e desmoldagem considerando as entradas e saídas de materiais e resíduos de cada etapa do processo – balanço de massa qualitativo.	61
Quadro 5.4 - Diagrama de blocos qualitativos do setor de rebarbação considerando as entradas e saídas de materiais e resíduos de cada etapa do processo – balanço de massa qualitativo.	62
Quadro 5.5 – Dados operacionais do processo de produção da Fundição B.	66
Quadro 5.6 – Pontos de geração e coleta de resíduos de areia da Fundição B.	70
Quadro 5.7 – Lista de oportunidades de minimização do resíduo areia de fundição.	82

LISTA DE SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABETRE	Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos
ABIFA	Associação Brasileira de Fundação
ACV	Análise do Ciclo de Vida
CFC	Cloro flúor carbono
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNTL	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
DMIA	Dimetil-isopropilamina
DMEA	Dimetilamina
EPA US	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
GTZ	Cooperação Técnica Alemã
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
ISO	International Standardization Organization
MDI	Difenil-metano-di-isocianato
OMS	Organização Mundial da Saúde
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
ONG	Organização Não Governamental
PP	Prevenção da Poluição
P2	Prevenção da Poluição
P+L	Produção mais Limpa
PL	Produção Limpa
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem
TMA	Trimetilamina
TEA	Trietilamina
UNIDO	Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial

UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA)
WMOAM	Waste Minimization Opportunity Assessment
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development

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.

ABSTRACT

The metal casting process generates several kinds of solid wastes, where the used foundry sand is the main one and most of it is generated during the check out of the solid metallic parts from the molds. The increase of the solid waste deposition costs, the creation of specific environmental legislation, and the low environmental performance of *end of pipe technologies* have brought efforts in the development of more effective solutions. The waste minimization means to change paradigms, because it constitutes a new concept of environmental management based on the principle of prevention of pollutant generation, and the reduction of the solid waste amounts being treated or disposed. Based on the cleaner production methodology tools, the present work evaluated the process of metal casting focusing in the minimization of the solid waste used sand generation from the Foundry Company Metalcorte Metalurgia Ltda, suggesting minimization opportunities for this waste. It was also considered some environmental, technical and economical aspects, which are important to choose the best opportunities to be implemented.

The suggested opportunities have several levels of complexity. Some of them may be implemented immediately, while others require research development to become viable considering technical, economical and environmental aspects, depending on the type of opportunity, such as regeneration of used molding sand, reutilization processes, and the substitution of materials, which generate toxic gases. The implementation times are variable and an implementation chronogram can be elaborated, focusing those ones which can be implemented in a short and medium term. On the other hand, the long term alternatives need more profoundly studies. It must be emphasized that from the 19 opportunities studied in this research, 9 are low cost opportunities and can be easily implemented by the company in a short term.

The foundry sand waste presents a good potentiality of minimization accordingly the extensive list of opportunities which were identified. At the same time, considering the complexity of metal casting processing and also the methodology developed by UNIDO-CNTL, the implementation of a cleaner production program in this kind of company needs investigation like the one presented here to stimulate the company managers for applying efforts to waste generation prevention, using effective and viable tools to search the sustainable development in this industrial sector.

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.

Esta nova abordagem sobre a questão dos resíduos levou à mudanças de paradigmas. O resíduo, que antes era visto apenas como um problema a ser resolvido, passou a ser encarado também como uma oportunidade de melhoria.

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 (UNIDO,1994).

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.

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. 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 da empresa Metalcorte Metalurgia – Divisão Fundição, visando a sua minimização através da implementação 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 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

✚ Avaliar o processo de fabricação de peças fundidas com vistas à minimização da geração do resíduo sólido areia de fundição, aplicando ferramentas da metodologia de Produção mais Limpa.

2.2 Objetivos Específicos

- ✚ Identificar e quantificar a geração do resíduo sólido areia de fundição;
- ✚ Propor soluções dentro da concepção de Produção mais Limpa para minimizar a geração do resíduo sólido areia de fundição na empresa Metalcorte Metalurgia – Fundição.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Evolução da Questão Ambiental

Constata-se, ao longo da história, que o homem sempre utilizou os recursos naturais do planeta e gerou resíduos com baixíssimo nível de preocupação: os recursos eram abundantes e a natureza aceitava sem reclamar os despejos realizados, já que o enfoque sempre foi “diluir e dispersar” (MOURA,2002).

Foi a partir da década de 60 que começou a mudar a situação de descaso com as emissões de poluentes. Alguns recursos passaram a ser mais valorizados, já com a preocupação com o aumento da população e do consumo, visualizando-se o seu esgotamento futuro. Nesta mesma década, o Clube de Roma divulgou um relatório denominado “Os Limites para o Crescimento”, em que incluía projeções a respeito dos limites de exploração dos recursos naturais do planeta.

Em 1972, ocorreu a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, em Estocolmo, onde foi criado o conceito de desenvolvimento sustentável, econômico e social sem conseqüências diretas sobre a qualidade dos ecossistemas. Nesta década, foi colocado em evidência o problema da destruição progressiva da camada de ozônio por gases, como, por exemplo, o CFC que quebra a molécula de ozônio, liberando oxigênio.

A década de 80 foi marcada como sendo aquela em que surgiram, em grande parte dos países, leis regulamentando a atividade industrial no tocante à poluição. Também nesta década teve impulso o formalismo da realização de Estudos de Impacto Ambiental e Relatórios de Impactos Ambientais. Paralelamente a esses movimentos, ocorrem acidentes com grande impacto ambiental como Bhopal na Índia e Seveso na Itália, que despertam a atenção da sociedade à industrialização desenfreada. A reação foi um fortalecimento dos movimentos ecológicos, inclusive em partidos políticos, tendo como exemplo mais significativo o Partido Verde alemão (MOURA,2002).

Também na década de 80, no Brasil surgiu a Lei 6938, de 31/08/81, que trata sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus afins e mecanismos de formulação e aplicação, dando assim um salto nas exigências legais, até então pouco eficientes.

Surgem novos conceitos como o de minimização da geração de rejeitos e emissões, reciclagem e reutilização, descontaminação de solos entre outros, que passam a se constituir em preocupações dos setores de meio ambiente na indústria.

Assim, enquanto a década de 70 caracterizou-se pelo “controle da poluição”, a década de 80 foi marcada pelas ações de “Planejamento Ambiental”.

Na década de 90, houve um grande impulso com relação à consciência ambiental na maioria dos países, aceitando-se pagar um preço pela qualidade de vida e mantendo-se limpo o ambiente. Foi realizada nesta década a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, também conhecida como Cúpula da Terra, Rio 92, onde os documentos principais produzidos foram a “Agenda 21” e a “Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento”, em que se propõe o uso mais racional de matérias-primas e energia para a produção de bens e serviços, entre outras propostas.

Para as empresas, a questão ambiental deixa de ser assim um tema problema, para se tornar parte de uma solução maior - a credibilidade da empresa junto à sociedade através da qualidade e da competitividade de seus produtos. Segundo Lima (1998)¹, as empresas que não aderirem a este sistema de gestão ambiental poderão sofrer restrições e perda de mercado, em especial num primeiro momento, o mercado internacional.

3.2 Poluição Ambiental

No momento, em que a sociedade atingiu o mais alto padrão de vida na história, a pressão sobre o ambiente atingiu, por conseqüência, seu ápice. O homem tem utilizado os ecossistemas naturais, com o desenvolvimento de tecnologias que têm alterado de forma rápida e agressiva, o ambiente em que vive comprometendo a qualidade de vida e o equilíbrio da biosfera. Os recursos naturais não renováveis são os que mais sofrem com esta forma de ação. Já os recursos renováveis têm sua renovação determinada por vários fatores, porém, vale dizer que é possível acelerar sua produção. O volume total produzido, no entanto, jamais ultrapassará a capacidade máxima de produção no tempo e no espaço. Tais premissas indicam não haver outra

¹ LIMA, Jorge L. **Sistema de Gestão Ambiental e ISO 14000**. Tecnologia Hoje: <http://www.tecnoje.com.br>, 1998, apud TOCHETTO, M.R.L. **Resíduos Sólidos Industriais: Gerenciamento e Destinação Final – Módulo I**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – Secção RS, 2000. 73p.

solução a não ser o planejamento ambiental para o desenvolvimento sustentável, o que se fará somente com educação e capacitação de recursos humanos (TACHIZAWA,2002;MOURA, 2002).

Os fatores que tendem a baixar o crescimento potencial de um ecossistema² são ditos, fatores limitantes. E, o conjunto destes fatores limitantes de interesse especialmente do homem surge sob a denominação de poluição. Considerando um conceito mais abrangente, poluição é a modificação prejudicial em um ambiente onde se encontra instalada uma forma de vida qualquer.

A poluição ambiental, segundo Valle (2002), pode ser definida como toda ação ou omissão do homem que, através da descarga de material ou energia atuando sobre as águas, o solo e o ar, cause um desequilíbrio nocivo, seja de curto ou longo prazo, sobre o meio ambiente.

Considerando a produção industrial, Tochetto (2000, p.05), afirma que “poluição é sinônimo de desperdício e ineficiência produtiva”, dentro desta visão Valle (2002) coloca, os resíduos industriais representam na maioria dos casos, perdas de matéria-prima e insumos.

3.3 Resíduos Sólidos Industriais

Historicamente, o homem em seu processo de desenvolvimento tem utilizado a natureza como depósito para os resíduos gerados, onde dispõe o que considera sem valor. Além de extrair, a matéria-prima imprescindível à manutenção dos atuais processos de fabricação, muitas vezes, não considera a exaustão dessas reservas naturais e como isso irá afetar o equilíbrio do planeta.

Segundo a definição proposta pela Organização Mundial da Saúde (OMS), um resíduo é algo que seu proprietário não mais deseja, em um dado momento e em determinado local, e que não tem um valor de mercado. Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define os resíduos como materiais decorrentes de atividades antrópicas, gerados como sobras de processos, ou os que não possam ser utilizados com a finalidade para a qual foram originalmente produzidos. Segundo Valle (2002), os resíduos resultam do uso impróprio de materiais ou de energia, ou decorrem de processos produtivos inadequados ou mal geridos.

² Ecossistema (termo criado na década de 1930 por A.G. Tansley, ecólogo) – reunião de todos os organismos de uma área determinada em sua inter-relação com o ambiente físico, considerando-se os fluxos de energia, as cadeias alimentares e a diversidade biológica.

A classificação tradicional dos resíduos sólidos – que incluem os resíduos pastosos e líquidos concentrados que não fluem por canalizações – divide-os em perigosos e não perigosos³. Essa divisão decorre da constatação de que, de todo o volume de resíduos gerados pelo homem, apenas uma parcela pequena requer maior rigor em seu monitoramento e controle. Para Valle (2002), o conceito de resíduo perigoso baseia-se, portanto, no grau de nocividade que representa para o homem e o meio ambiente e pode variar de acordo com a legislação ambiental estabelecida.

As atividades com maior potencial de geração de resíduos perigosos são as indústrias químicas, tanto de produtos orgânicos como inorgânicos, a refinação de petróleo, a siderurgia, indústria de metais não ferrosos, celulose e papel, processamento de couros e as instalações para tratamento de superfície que executam serviços de galvanoplastia, decapagem e pintura.

Segundo um estudo elaborado pela Câmara de Comércio Brasil-Alemanha (II Guia de Tecnologias Ambientais, 2001-2002)⁴, estima-se que no Brasil são produzidas aproximadamente dois milhões e setecentas mil toneladas de resíduos perigosos por ano. A situação se agrava ainda mais quando se sabe que a maior parte desses resíduos é disposta de maneira inadequada. Uma vez que não existem legislações efetivas capazes de fiscalizar, regulamentar e incentivar a correta disposição, o manejo inadequado continua sendo a forma mais barata de lidar com o resíduo.

A Tabela 3.1 a seguir apresenta um resumo das informações disponíveis atualmente sobre geração de resíduos sólidos industriais para alguns estados, a partir de dados constantes de seus respectivos inventários:

³ A norma brasileira de resíduos sólidos NBR 10.004 divide os resíduos sólidos em perigosos e não perigosos. Os não perigosos podem ser inertes ou não inertes.

⁴ ABETRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos. **Panorama das Estimativas de Geração de Resíduos Industriais**. São Paulo. Abril. 2003.

Tabela 3.1 – Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Brasil – Estados selecionados

Estados	Geração de Resíduos (t/ano)			
	Classe I	Classe II-A	Classe II-B	Total
São Paulo ¹	535.615	25.038.167	1.045.895	26.619.677
Pernambuco ²	12.622	1.325.791	4.071	1.342.483
Rio de Janeiro ³	293.953	5.768.562		6.062.515
Rio Grande do Sul ⁴	182.170	946.899		1.129.068
Paraná ⁵	634.543	15.106.393		15.740.936
Goiás ⁶	4.405	1.486.969		1.491.374

Fonte: ABETRE, 2003, FEPAM, 2003. Adaptado.

Legenda:

1. Cetesb. Inventário de Resíduos Industriais, 1996. Universo da amostra: 1.432 unidades industriais.
2. CPRH-GTZ. Inventário de Resíduos Sólidos Industriais, 2001.
3. FEEMA. Relatório de Atividades do Projeto Controle Ambiental, setembro 2000.
4. FEPAM. Inventário nacional de Resíduos Sólidos Industriais – Etapa Rio Grande do Sul, 2003.
5. IAP. Inventário Estadual dos Resíduos Sólidos Industriais – diagnóstico, dezembro 2002.
6. Agência Ambiental. In: Resol – Notícias, 18 de janeiro de 2003 (www.resol.com.br).

Apesar dos dados constantes dos inventários estaduais disponíveis no momento estarem desatualizados (São Paulo), ou serem preliminares e parciais (Goiás e Pernambuco) e não terem sido elaborados de acordo com uma mesma metodologia, o que inviabiliza comparações, a geração de resíduos industriais perigosos, Classe I, já soma, a grosso modo, 1.663.308 t/ano apenas para os seis estados listados na Tabela 3.1 (ABETRE, 2003).

No estado do Rio Grande do Sul o documento mais recente sobre os resíduos sólidos industriais é o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais – Etapa Rio Grande do Sul, de 2003, produzido pela FEPAM, no âmbito do Programa para o Desenvolvimento Ecologicamente Sustentável e Socialmente Justo da Região Hidrográfica do Guaíba / Plano de Ações para o Controle da Poluição Industrial na Bacia do Guaíba.

O relatório apresenta dados coletados no ano de 2002 sobre a geração e o destino final dos resíduos industriais correspondentes a 1.707 empresas com as tipologias industriais estabelecidas na Resolução CONAMA 313/02.

A Tabela 3.2 a seguir apresenta a distribuição da quantidade de resíduos sólidos industriais perigosos (Classe I), gerada por segmento industrial, e representadas em toneladas/ano.

Tabela 3.2 – Distribuição da geração de resíduos sólidos industriais perigosos por setor industrial dos empreendimentos inventariados no estado do RS

Setor Industrial	Número de empresas inventariadas	Geração de Resíduo (t/ano)	Geração de Resíduos Classe I (t/ano)	Porcentagem de Resíduo Classe I (%)
Couro	443	243.881,86	120.170,62	49,27
Metalúrgico	537	277.914,17	19.451,69	7,00
Químico	230	283.585,89	17.725,61	6,25
Mecânico	416	108.342,79	17.387,57	16,05
Transporte	30	23.721,31	4.547,45	19,17
Papel e celulose	7	187.240,41	1.726,82	0,92
Têxtil	17	2.951,28	852,42	28,88
Lavanderia industrial	4	448,44	259,40	57,84
Minerais não metálicos	23	983,81	48,62	4,94
Total	1707	1.129.068,94	182.170,21	100,00

Fonte: FEPAM, 2003. Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais – Etapa Rio Grande do Sul. Adaptado.

Das cerca de 1.129.068,94 toneladas/ano de resíduos gerados, cerca de 16% (182.170,21 t/ano) são resíduos perigosos (Classe I), constituídos por aparas e serragem de couro curtido, óleos usados, resinas, catalisadores, restos de tintas, embalagens contaminadas, entre outros.

3.4 Gerenciamento de Resíduos

Segundo Tchobanoglous, Theisen e Eliassen (1977)⁵, gerenciamento de resíduos sólidos pode ser definido como as etapas associadas ao controle da geração, armazenamento, coleta, transferência e transporte, processamento e disposição, dos mesmos. Estas etapas devem estar de acordo com os melhores princípios de saúde pública, de economia, de engenharia, de conservação, de ética e outras considerações ambientais; e que também venha ao encontro das atividades públicas. Neste escopo, estão incluídas todas as funções administrativas, financeiras, legais e de planejamento urbano e regional, geografia, economia, saúde pública, sociologia, demografia, comunicações e também engenharia e ciência dos materiais.

A Figura 3.1 ilustra as etapas envolvidas no gerenciamento de resíduos sólidos.

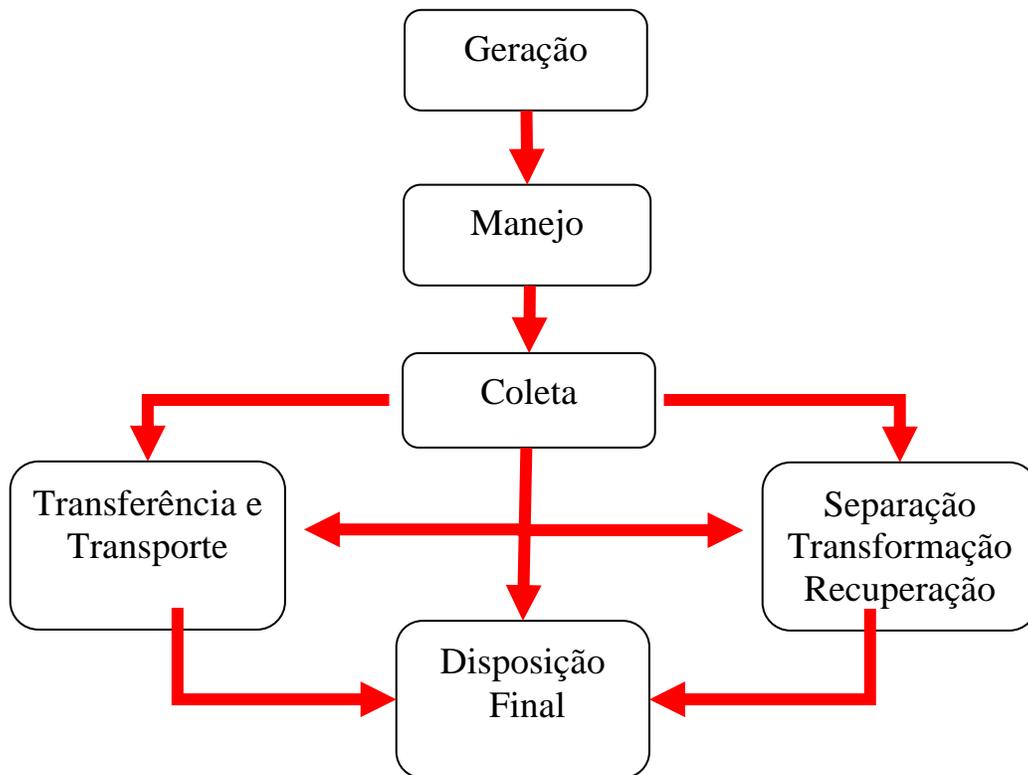


Figura 3.1– Etapas envolvidas no gerenciamento de resíduos sólidos

Fonte: Tchobanoglous, Theisen e Eliassen (1977) *apud* Teixeira (1993), adaptado.

⁵TCHOBANOGLIOUS, G; THEISEN, H.; ELIASSEN, R. **Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues**. McGraw –Hill, Inc., 621 p., 1977. *apud* TEIXEIRA, C. **Ensaio de tratabilidade de resíduo sólido industrial – areia fenólica: isolamento, identificação e seleção de fungos filamentosos**. São Paulo, 1993. 108 p. Dissertação (Mestrado em hidráulica e Saneamento) – Universidade de Campinas.

Apesar do desenvolvimento do conceito de gerenciamento adquirido até então, os problemas ambientais não diminuem. Com isso começam os problemas com disponibilidade de locais adequados para lançar esses resíduos, leis ambientais tornam-se mais exigentes, os custos com tratamento e disposição de poluentes aumentam cada vez mais e consumidores passam a dar preferência a produtos chamados “ambientalmente corretos”.

Valle (2002) em seu trabalho cita que como consequência iniciou-se a busca por soluções mais eficazes do que sua dispersão no meio ambiente. Em vez de simplesmente dispor seus resíduos, o homem passou a procurar alternativas mais lógicas, que se propõem a reciclar, reusar, reduzir ou até eliminar a geração dos resíduos, contribuindo, cada uma dessas alternativas, em escala crescente, para a solução efetiva do problema.

Ainda segundo o mesmo autor, o critério básico para a escolha da solução a ser adotada para eliminar um resíduo ou resolver um problema ambiental, deverá ser sempre a proteção da saúde do homem e, portanto, do meio ambiente. Conforme cita o Waste Minimization Opportunity Assessment Manual – WMOAM (1988), a Agência de Proteção Ambiental Americana (US EPA) sugere uma hierarquia de opções de manejo, dentro desta nova concepção de gerenciamento de resíduos, observadas sob os seguintes ângulos:

- Redução na fonte – significa a redução ou eliminação de resíduos na fonte, geralmente no processo. As medidas incluem modificações no processo, substituição de matéria-prima, melhoramentos na purificação de matéria-prima, na prática de manejo e nas medidas básicas operacionais simples, no aumento da eficiência do maquinário e reciclagem dentro do processo. Redução na fonte implica em qualquer atividade que reduza a quantidade de resíduos existentes no processo.
- Reciclagem – é o uso ou reuso de resíduos perigosos como um efetivo substituinte para o produto comercial ou como um ingrediente ou matéria-prima no processo industrial. Isto inclui a recuperação de frações de contaminantes dentro de um resíduo ou sua remoção de forma que assim o resíduo possa ser utilizado. Reciclagem pode incluir o uso de resíduos como combustível suplementar ou substituto.
- Tratamento – é qualquer método, técnica, ou processo que promova mudanças físicas, químicas ou biológicas em qualquer resíduo perigoso, neutralizando-o. Significa ainda, recuperar energia ou recursos materiais do resíduo, ou devolver ao meio como

resíduo menos perigoso, seguro para manejo, possível de ser recuperado, estocado ou reduzido em volume.

- Dispor – é a deposição ou alocação de resíduos perigosos dentro ou sobre qualquer terreno ou reservatório de água de forma que tal resíduo ou quaisquer dos seus constituintes possam ser lançados à atmosfera, corpos receptores hídricos e solo.

A Figura 3.2 sintetiza essa seqüência e revela que, na maioria dos casos, as soluções mais lógicas, mesmo sendo de maior complexidade em sua aplicação, acarretam custos totais decrescentes para a sociedade e contribuem, de modo mais eficaz, para solucionar os problemas ambientais. Pode-se colocar que essas soluções, na seqüência em que estão apresentadas, decrescem em eficácia, pois partem de um conceito de eliminação do problema – evitar a geração do resíduo pela Prevenção do Problema (PP ou 2P) – e terminam na disposição controlada do problema não solucionado (VALLE, 2002).

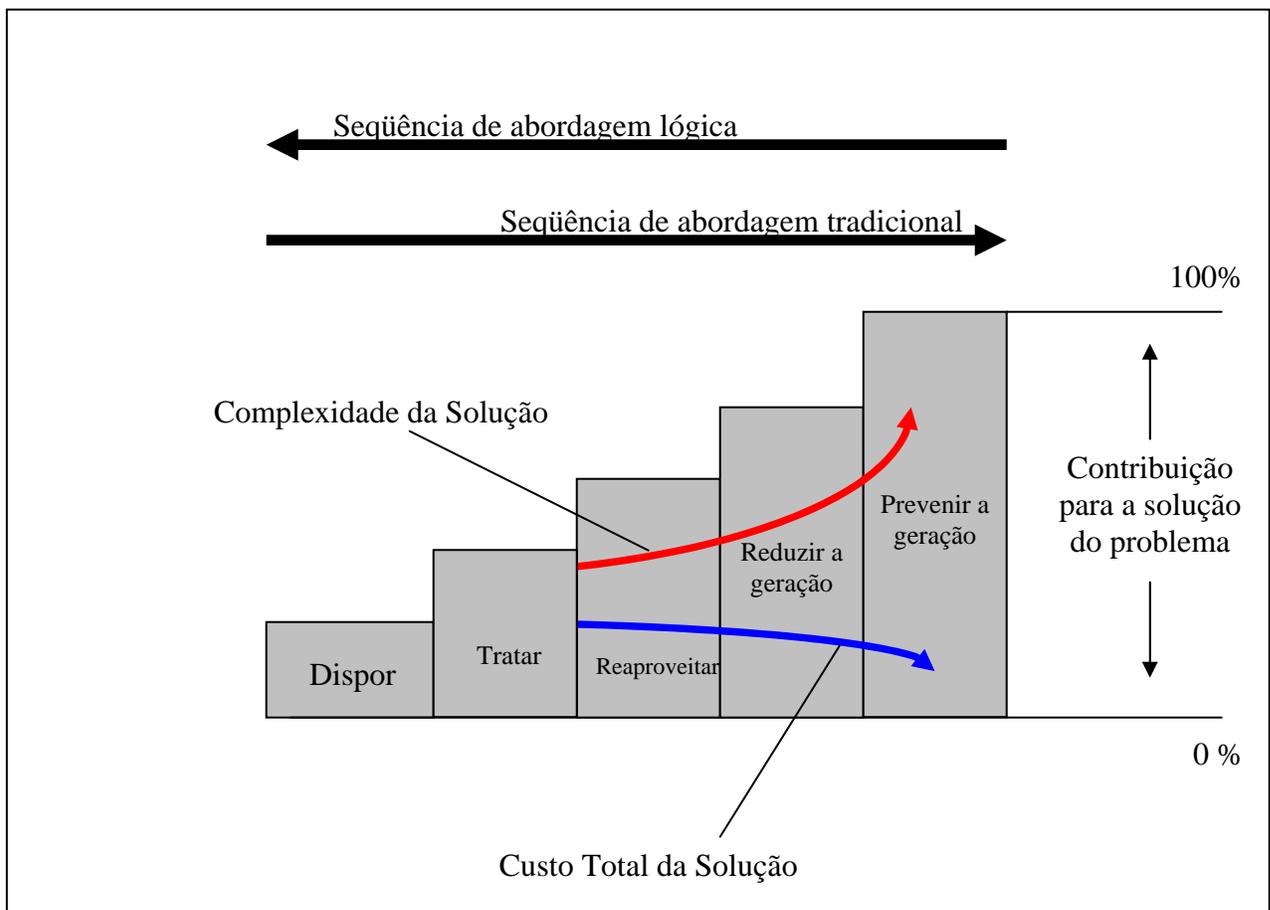


Figura 3.2 – Abordagens para solucionar os problemas com resíduos. Fonte: Valle, 2002, adaptado

As atividades de minimização de resíduos, que compõem as etapas de prevenção da geração e redução da geração mostrado na Figura 3.2, são entendidas como a medida mais apropriada para solucionar problemas ambientais. O objetivo da prevenção da geração dos resíduos é, através de uma série de medidas, fazer com que o processo gere o mínimo de resíduos descartados.

Segundo Kiperstok et al (2002), os caminhos para a não geração de resíduos são vários: “devemos repensar as matérias-primas que utilizamos e rever os processos de fabricação, discutindo por que estes geram perdas de material e energia, e considerando se algumas dessas perdas, devidamente processadas, não seriam insumos para outros processos”. Segundo o autor essas ações resultam na Prevenção da Poluição.

3.5 Tecnologias Fim-de-Tubo X Tecnologias Limpas

Segundo Kiperstok (2002), a necessária velocidade com que a redução do impacto ambiental das atividades produtivas deve se dar exige uma mudança na forma de se pensar a relação destas com o meio ambiente. Deve-se evoluir das práticas de fim de tubo para atitudes de Prevenção da Poluição.

Até o momento, as tecnologias ambientais convencionais trabalharam principalmente no tratamento dos resíduos e emissões existentes (exemplos: tecnologia de tratamento de emissões atmosféricas, tratamento de águas residuais, tratamento do lodo, incineração de resíduos, disposição, etc.). Como esta abordagem estuda os resíduos no final do processo de produção, ela também é chamada de fim-de-tubo ou *end-of-pipe*. E é essencialmente caracterizada pelas despesas adicionais para a empresa, por não estimularem a prática inovativa e o aumento da eco-eficiência dos processos produtivos, bem como, contribuem para o contínuo esgotamento das reservas naturais.

As práticas de fim-de-tubo se baseiam em medidas de controle da poluição para adequar as emissões aos padrões exigidos. Segundo Kiperstok (2002), tradicionalmente, as medidas de controle ambiental têm se fundamentado na aplicação de padrões de lançamentos de emissões, seja na forma de concentrações de poluentes ou de cargas, e/ou na fixação de concentrações máximas admitidas nos corpos receptores, os chamados padrões ambientais. Andrade *et al* (2001) afirmam ainda, que ela estimula a adoção de estratégias reativas (ao invés de antecipativas e pró-

ativas), pelas empresas, no tratamento dos seus impactos ambientais negativos. Isto é, as empresas ao se aterem somente à observância da regulamentação de exigências legais (comando) e de mecanismos para garantir o seu cumprimento (controle) não se sentem estimuladas a identificar se há desperdício de recursos e se podem agregar mais valor aos seus produtos e processos com a adoção de soluções ambientais inovadoras.

A OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) em 1997 definiu tecnologias limpas como “...qualquer medida técnica na indústria, para reduzir, ou até eliminar na fonte, a produção de qualquer incômodo, poluição ou resíduo, e ajudar na economia de matéria-prima, recursos naturais e energia. Elas podem ser introduzidas tanto em nível de projeto, com mudanças radicais no processo de manufatura, ou num processo existente, com a separação e utilização de produtos secundários que de outra maneira seriam perdidos” (BAAS, 1996)⁶.

A substituição de tecnologias de fim-de-tubo, através do uso das chamadas tecnologias limpas se mostra uma opção efetiva na minimização de resíduos. Porém, alguns autores colocam que esta metodologia ultrapassa a simples redução da geração de resíduos, para constituir-se em um instrumento jurídico, político e social.

As tecnologias limpas se caracterizam por voltar-se para as fontes de geração de resíduos visando aproximar o processo produtivo da condição de emissão zero. Priorizam esforços para a eliminação da poluição a jusante dos processos tentando se afastar da visão tratamento/disposição final como solução para os problemas ambientais gerados na indústria.

Christie (1995)⁷ ilustra a evolução de práticas de fim-de-tubo para tecnologias limpas, comparando seus aspectos ambientais e econômicos, com o gráfico apresentado na Figura 3.3.

⁶ BAAS, L. **An Integrated Approach to cleaner production**. In: MISRA, K.B (ed) Clean Production, Environmental and economic perspectives. 1st ed. Springer, Berlin. 1996. p. 211-226, apud KIPERSTOCK, Asher. **Tecnologias Limpas – Porque não fazer o que certamente virá amanhã**. Revista Tecbahia. Bahia: 2002. 9 p.

⁷ CHRISTIE, I., et al. Cleaner production in industry, integrating business goals and environmental management. 1st ed. Policy Studies Institute, London. 1995.267 p. apud KIPERSTOCK, Asher. **Tecnologias Limpas – Porque não fazer o que certamente virá amanhã**. Revista Tecbahia. Bahia: 2002. 9 p.

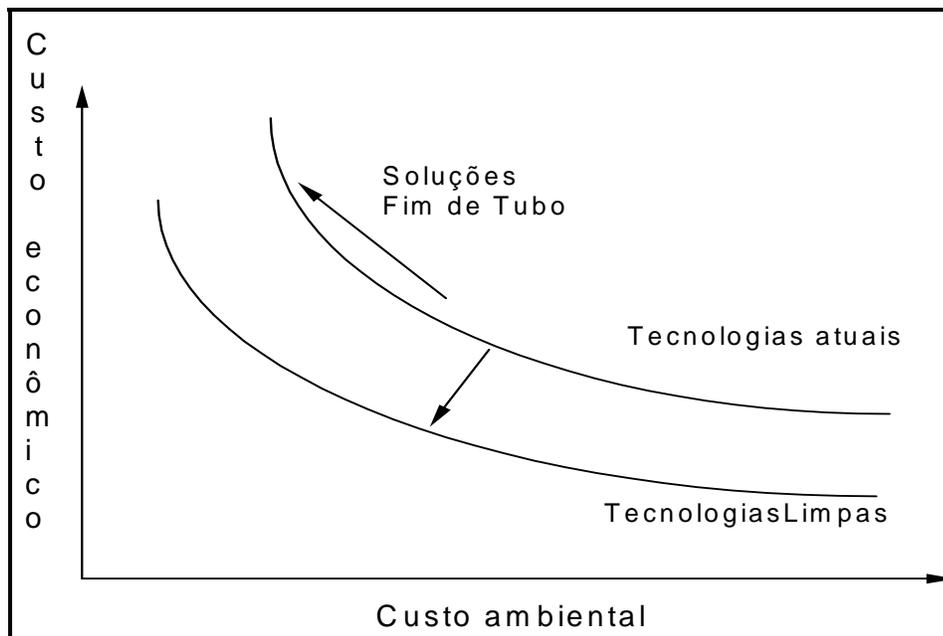


Figura 3.3 – Produção limpa e limpeza de processos

Fonte: Christie et al (1995), apud Kiperstock (2002)

3.6 Produção Mais Limpa (P+L) – Conceitos e Definições

De acordo com Kiperstok *et al* (2002), a adoção de metodologias de Prevenção da Poluição vêm sendo propostas como estratégia eficaz para evitar os desperdícios de matérias-primas e energia, convertidos em resíduos sólidos, líquidos e gasosos, responsáveis por adicionar custos aos processos produtivos e gerar problemas ambientais.

Atualmente é possível encontrar várias abordagens concorrentes promovidas no mundo por entidades nacionais e internacionais:

- PP ou P2 – Prevention Pollution, divulgada pela EPA – Environmental Protection Agency (EPA, 1990);
- P+L – Produção mais limpa, desenvolvida pela UNIDO – United Nations For Industrial Development e UNEP – United nations Environmental Program;
- PL – Produção Limpa, defendida por organizações ambientalistas e vários centros de P&D – Pesquisa e Desenvolvimento;
- Ecoeficiência, desenvolvida pelo WBCSD – World Business Council For Sustainable Development.

Deve ficar claro que neste trabalho não se faz distinção sobre os termos Tecnologias Limpas, Prevenção da Poluição, Produção Limpa, Produção Mais Limpa, mesmo que alguns autores estabeleçam distinções importantes entre estes termos (ASHFORD E COTE, 1997⁸;BAAS, 1996⁵).

No Brasil a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial, UNIDO e a UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) vêm desenvolvendo desde 1995 através do Serviço Nacional de Aprendizagem – SENAI –RS o programa de Produção Mais Limpa. Este programa apoiou a implantação do Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) que visa estabelecer uma rede formada por instituições e profissionais, a fim de facilitar a transferência de informações e tecnologia às empresas.

O programa de Produção mais Limpa (P+L) representa um processo de melhoria contínua visando tornar a atividade produtiva cada vez menos danosa ao meio ambiente. Tochetto (2000) afirma que essa melhoria visa prevenir a geração de resíduos, em primeiro lugar, e ainda minimizar o uso de matérias-primas e energia.

A definição oficial da produção mais limpa dada pela UNIDO é:

“Produção Mais Limpa significa 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, 1998)

Para processos produtivos, a P+L inclui uso mais eficiente das matérias-primas, insumos e energia, a redução dos materiais tóxicos e perigosos e a minimização na fonte de resíduos sólidos, efluentes e emissões (FURTADO, 2001, KIPERSTOCK et al, 2002).

Para produtos, a busca é pela redução do impacto ambiental e para saúde humana, durante todo ciclo, para tanto a estratégia adotada é baseada em dois instrumentos, a Análise do Ciclo de Vida (ACV) e o projeto para o meio ambiente, ou *Ecodesign* (FURTADO, 2001, KIPERSTOCK et al, 2002).

⁸ ASHFORD, N.A., CÔTE, R.P. **An overview of the special issue on industrial ecology**. J. Cleaner prod. 5, 1-2. 1997. p.i-iv, apud KIPERSTOCK, Asher. **Tecnologias Limpas – Porque não fazer o que certamente virá amanhã**. Revista Tecbahia. Bahia: 2002. 9 p.

Na área de gestão, P+L implica em mudança de atitudes e comportamentos, de todos os envolvidos no processo, propiciando uma nova cultura empresarial, impactando diretamente na melhoria do desempenho ambiental (KIPERSTOCK et al, 2002).

Segundo o CNTL (1998), a P+L pretende integrar os objetivos ambientais ao processo de produção a fim de reduzir os resíduos e as emissões em termos de quantidade e toxicidade e, desta maneira, reduzir custos. Numa análise mais direta pode-se assumir que a gestão convencional de resíduos pergunta: **“O que se pode fazer com os resíduos e as emissões existentes?”**. A produção mais limpa pergunta: **“De onde vêm nossos resíduos e emissões?”** **“Por que afinal se transformaram em resíduos?”**. Portanto, a diferença essencial está no fato de que a produção mais limpa não trata simplesmente do sintoma, mas tenta atingir as raízes do problema. A Tabela 3.3 ilustra mais uma vez a diferença entre tecnologias de fim-de-tubo e produção mais limpa no sentido da proteção ambiental integrada à produção.

Tabela 3.3 – Diferenças entre tecnologias fim-de-tubo e produção mais limpa

TECNOLOGIA DE FIM-DE-TUBO	PRODUÇÃO MAIS LIMPA
Como se podem tratar os resíduos e as emissões existentes?	De onde vêm os resíduos e as emissões?
....pretende reaçãopretende ação.
....geralmente leva a custos adicionaispode ajudar a reduzir custos.
Os resíduos e as emissões são limitados através de filtros e unidades de tratamento; soluções de fim-de-tubo; enclausuramento de resíduos;	Prevenção de resíduos e emissões na fonte; evita processos e materiais potencialmente tóxicos.
A proteção ambiental entra depois do desenvolvimento de produtos e processos.	A proteção ambiental entra como uma parte integral do design do produto e da engenharia do processo.
Proteção ambiental é assunto para especialistas competentes.	Proteção ambiental é tarefa de todos.
Avanços ambientais são obtidos com o aperfeiçoamento da tecnologia.	Só tecnologia não basta. Aspectos humanos também são envolvidos.
Medidas ambientais obedecem a padrões previamente definidos.	As normas antipoluição fazem parte do processo contínuo de trabalho.
Qualidade é definida como atender as necessidades dos usuários.	Qualidade total significa a produção de bens que atendam às necessidades dos usuários e que tenham impactos mínimos sobre a saúde e o ambiente.

Fontes: CNTL (1998), Souza (2002), Greenpeace.

3.7 Relação Custo-Benefício da Produção Mais Limpa

Segundo Furtado (2001), a contabilização dos custos não demonstra o quanto representam os gastos envolvendo as questões ambientais, pois, a gestão contábil não mostra, com acurácia, quais são os números verdadeiros dos gastos. Entre tantos itens envolvidos, destacam-se os gastos com uso ineficiente de matérias-primas, gestão de resíduos antes da destinação e descarte, tratamento final dos resíduos, multas e outras despesas.

Amaral (2002) afirma que os custos decorrentes da proteção ambiental são muito mais altos que os imaginados pelas empresas. Em um estudo feito pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA em uma refinaria da Amoco Oil Company's, a direção calculava o custo ambiental da empresa em cerca de 3% do total do custo operacional. Após uma análise ampla dos custos da companhia foi revelado que os custos ambientais eram de fato 22% do custo operacional total. Este novo dado motivou a adoção de ações de produção mais limpa quando a direção da refinaria percebeu o custo de não implantá-las. Ainda segundo o mesmo autor na grande maioria dos casos os custos de geração de resíduos e emissões são superiores aos custos de prevenção.

Como em qualquer tipo de projeto, a decisão de investir em P+L depende da relação custo-benefício que o investimento terá. Na prática, frente às restrições de capital e às pressões dos órgãos ambientais e das ONG's, opta-se pela adoção de estratégias corretivas, já comentadas, no lugar de estratégias preventivas.

Segundo o CNTL (2003), ao se comparar às mudanças que ocorrem na estrutura de custos de uma empresa em duas situações possíveis, quando não há e quando há investimento em P+L, verifica-se que neste último caso os custos decrescem significativamente com o tempo, resultado dos benefícios gerados a partir do aumento da eficiência dos processos, do uso eficiente de matérias-primas, água e energia, e da redução de resíduos e emissões gerados. Esta situação fica clara observando a Figura 3.4.

Observando-se a figura percebe-se que quando não há investimentos, a estrutura de custos totais não apresenta variações substanciais ao longo do tempo, comportamento que está representado pela linha horizontal (sem P+L). Quando se tem um programa de P+L implantado, a princípio ocorre uma redução dos custos totais pela adoção de medidas sem investimento, como por exemplo, ações de boas práticas operacionais (*good-housekeeping*). Visualmente isso corresponde ao segmento A na Figura 3.4.

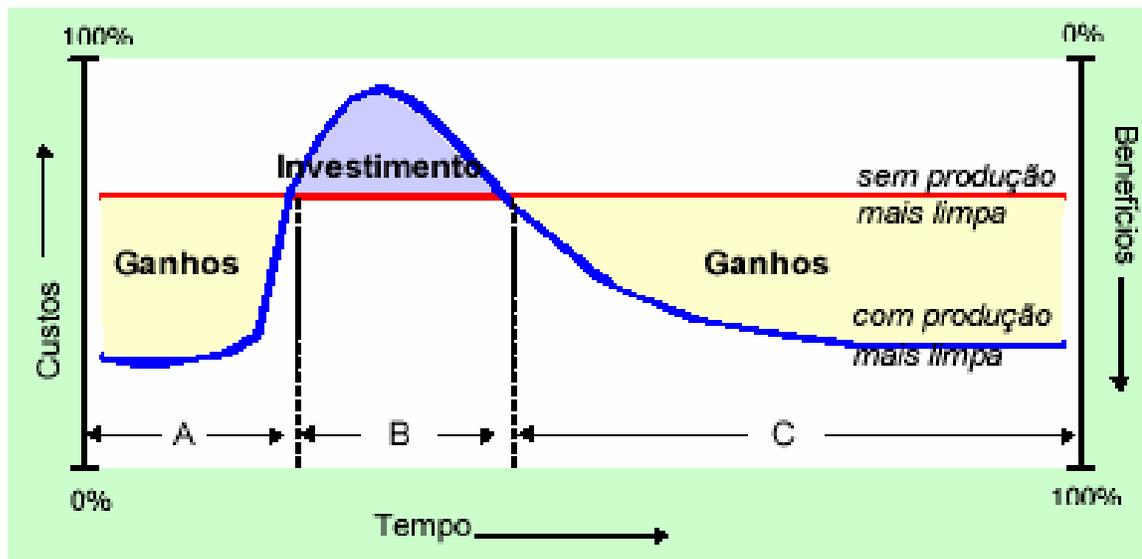


Figura 3.4 – Custos e benefícios com implementação de medidas de P+L

Fonte: CNTL (2003)

Num segundo momento (segmento B) ocorre um incremento nos custos totais, resultado dos investimentos feitos para as adaptações necessárias, incluindo a adoção de novas tecnologias e modificações no processo existente. Com a entrada em ação dos processos otimizados e de novas tecnologias, ocorre uma redução nos custos totais que permite a recuperação do investimento inicial e, com o passar do tempo, os ganhos com a maior eficiência permitem uma redução permanente nos custos totais. Visualmente esta redução de custos pode ser observada na diferença entre as duas curvas, no segmento C da Figura 3.4 (CNTL, 2003).

3.8 Implementação de um Programa de Produção Mais Limpa

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

A sistemática de implantação envolve um cuidadoso planejamento e determinação de objetivos a serem alcançados, o estudo do processo de geração do resíduo com seleção das áreas

específicas de aplicação do programa e elaboração de alternativas de minimização, uma avaliação da viabilidade das alternativas quanto aos aspectos técnicos, ambientais e econômicos, seleção das melhores opções e, por fim, a implementação. Uma contínua análise dos resultados é efetuada, a fim de avaliar o desempenho do programa no que se refere à concretização das metas traçadas no planejamento.

De acordo com Carvalho & Frosini (1995)⁹, qualquer organização que possua um ou mais sistemas de gestão bem definidos utiliza um padrão preestabelecido para fundamentar a concepção, o planejamento, o desenvolvimento, a implementação e a manutenção de tais sistemas, na medida em que cada etapa estabelece o que fazer e como fazer. É dentro desse contexto que se constitui os fundamentos do processo de implementação de P+L, segundo a metodologia da UNIDO, cujas etapas de aplicação estão ilustradas na Figura 3.5.

⁹ CARVALHO, A.B.M. FROSINI, L.H. **Auditorias de sistema de qualidade ambiental**. Controle da Qualidade, n.37, jun. 1995. apud 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.

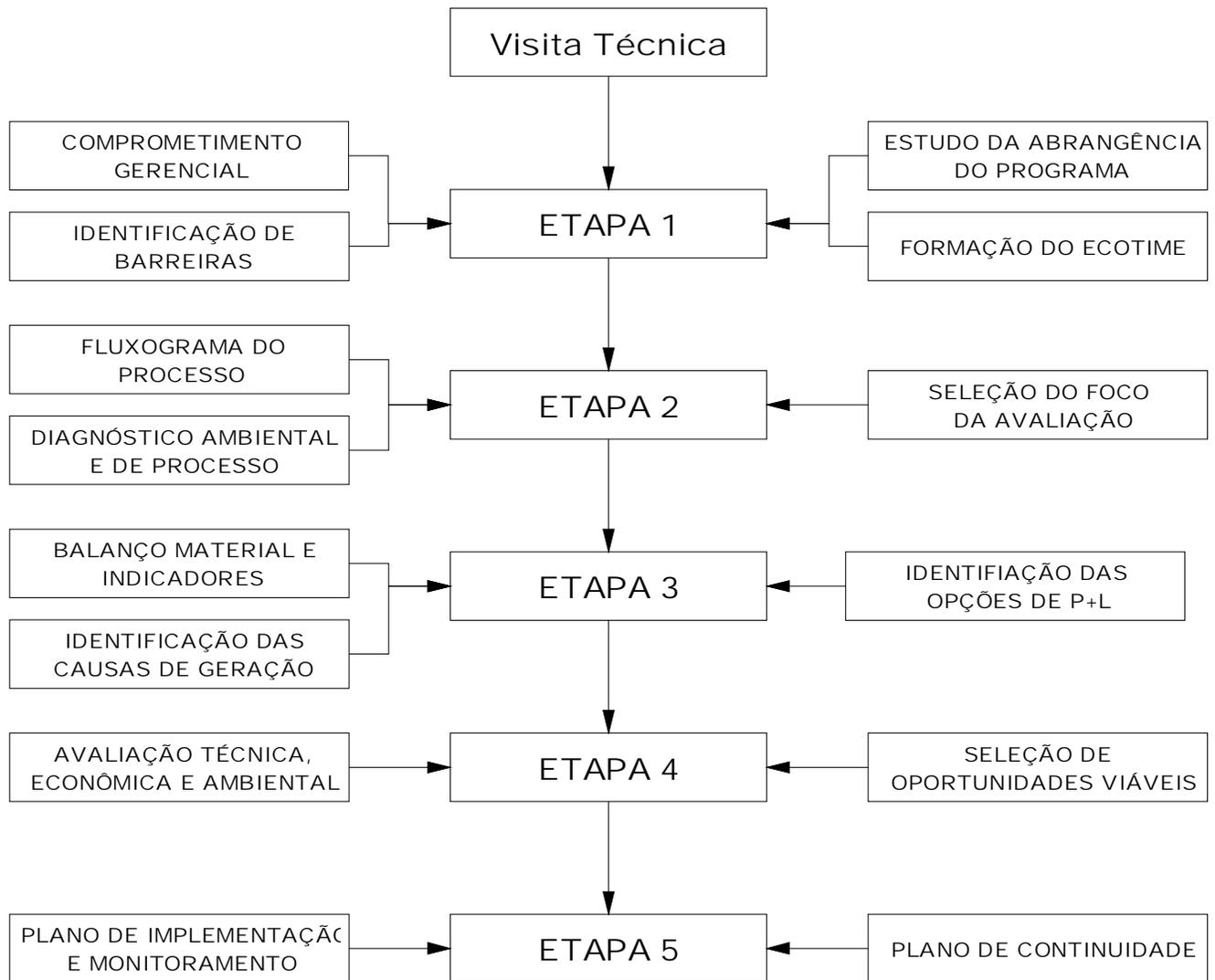


Figura 3.5 – Passos para implementação de um programa de Produção mais Limpa

Fonte: CNTL, 2003, adaptado

A seguir as etapas apresentadas na Figura 3.5 são analisadas sucintamente.

➤ ETAPA 1

Segundo Freeman (1990)¹⁰, o primeiro passo para a implementação de um programa de minimização de resíduos é, sem dúvida, a obtenção do comprometimento e conscientização de todo o pessoal da organização. Questões do tipo por que implementar um programa de redução de resíduos, quais são os benefícios e como atingi-los, devem ser amplamente esclarecidas. CNTL (2003) afirma que é fundamental sensibilizar a gerência para garantir o sucesso do programa.

O passo seguinte consiste na identificação de barreiras à implementação e busca de soluções. Para que o programa tenha um bom andamento é essencial que sejam identificadas as barreiras que serão encontradas durante o desenvolvimento do programa e buscar soluções adequadas para superá-las.

Ainda nesta etapa procede-se ao estabelecimento da amplitude do programa na empresa, aonde é necessário definir em conjunto com a empresa a abrangência do programa, como, por exemplo, incluirá toda a empresa, iniciará em um setor crítico, etc.

Nesta etapa também ocorre a formação e capacitação do Ecotime. É um grupo formado por representantes dos diversos setores da empresa, que se encarregará de realizar o diagnóstico, implantar o programa, identificar oportunidade de Produção mais Limpa, monitorar o programa e dar continuidade ao programa. Para o desempenho da função o Ecotime recebe treinamento sobre Sistema de Gerenciamento de Resíduos; Análise de Fluxo de Material; Requisitos Legais e Avaliação Energética.

➤ ETAPA 2

Conforme o CNTL (2003), a etapa 2 contempla o estudo do fluxograma do processo produtivo, realização do diagnóstico ambiental e de processo e a seleção do foco de avaliação.

A análise detalhada do fluxograma permite a visualização e a definição do fluxo qualitativo de matéria-prima, água e energia no processo produtivo, visualização da geração de resíduos durante o processo, agindo desta forma como uma ferramenta para obtenção de dados

¹⁰ FREEMAN, H. Editor. Hazardous waste minimization. McGraw-Hill, Singapore, 1990. apud 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.

necessários para a formação de uma estratégia de minimização da geração de resíduos, efluentes e emissões.

Segundo Newton (1990), o percurso do resíduo dentro do processo pode ser determinado por intermédio de diagramas de fluxo. Estes são ferramentas geográficas chave para o entendimento das correntes de fluxo, identificação das fontes de poluentes e etapas importantes do processo. Esta ferramenta ainda ajuda, entre outros fatores, a estabelecer uma base de mensuração da redução do resíduo e a fornecer dados necessários para estimar o dimensionamento e o custo de materiais adicionais.

Após o levantamento do fluxograma do processo produtivo da empresa, será necessário levantar os dados quantitativos de produção e ambientais existentes, utilizando fontes disponíveis como, por exemplo, estimativas do setor de compras, etc. Nesta etapa se procede a quantificação de entradas (matérias-primas, água, energia e outros insumos) e saídas (resíduos sólidos, efluentes, emissões, subprodutos e produtos), verifica-se a situação ambiental da empresa e levantam-se os dados referentes à estocagem, armazenamento e acondicionamento. Kiperstock *et al* (2002) ressalta que a coleta de dados é a base para Produção mais Limpa.

Ainda nesta etapa é selecionado entre todas as atividades e operações da empresa o foco de trabalho, com base no diagnóstico ambiental e na planilha dos principais aspectos ambientais. Estas informações são analisadas considerando os regulamentos legais, a quantidade de resíduos gerados, a toxicidade dos resíduos e os custos envolvidos.

➤ ETAPA 3

Nesta etapa é elaborado o balanço de material e são estabelecidos indicadores, são identificadas as causas da geração de resíduos e é feita a identificação das opções de produção mais limpa.

Esta fase tem início com o levantamento dos dados quantitativos mais detalhados nas etapas do processo priorizadas durante a atividade de seleção do foco da Etapa 2.

Segundo CNTL (2003), a identificação dos indicadores é fundamental para avaliar a eficiência da metodologia empregada e acompanhar o desenvolvimento das medidas de Produção mais Limpa implantadas. Serão analisados os indicadores atuais da empresa e os indicadores estabelecidos durante a etapa de quantificação. Dessa forma, será possível comparar os mesmos com os indicadores determinados após a etapa de implementação das opções de P+L. Contudo

Kiperstock et al (2002) atenta para que a criação dos indicadores deve se basear nas metas de redução a serem atingidas. Como por exemplo: consumo de água/tonelada de produto produzido/ano; consumo de energia - kWh/tonelada de produto produzido/ano; tonelada de um resíduo gerada/tonelada de produto produzido/ano.



Figura 3.6 - Indicadores ambientais e econômicos

Fonte: CNTL, 2003

Após o levantamento dos dados pelo balanço material quantitativo são avaliadas pelo Ecotime as causas da geração dos resíduos na empresa. Segundo Kiperstock et al (2002), há uma infinidade de campos que devem ser levados em conta quando se pensa em fatores que influenciam na geração de resíduos e emissões. Os principais aspectos que podem indicar a origem dos resíduos e emissões são os seguintes:

- Pessoal (falta de pessoal qualificado);
- Tecnologias (uso de tecnologia ultrapassada);
- Matérias-primas (uso de recursos não renováveis e compostos tóxicos);
- Produtos (de difícil degradabilidade – pós-uso);
- Capital (escassez de recursos financeiros);
- *Know-how* do processo (resistência à mudança);
- Fornecedores/parceiros comerciais (falta de alinhamento com os princípios de gestão ambiental adotados).

Com base nas causas de geração de resíduos, é possível utilizar técnicas ou medidas entendidas como de P+L visando à minimização de resíduos. Estas estão agrupadas

representando níveis diferenciados de eficiência de aplicação de P+L (CNTL, 2003, KIPERSTOCK et al, 2002).

A Figura 3.7 a seguir apresenta estes níveis e constitui um organograma de Produção mais Limpa.

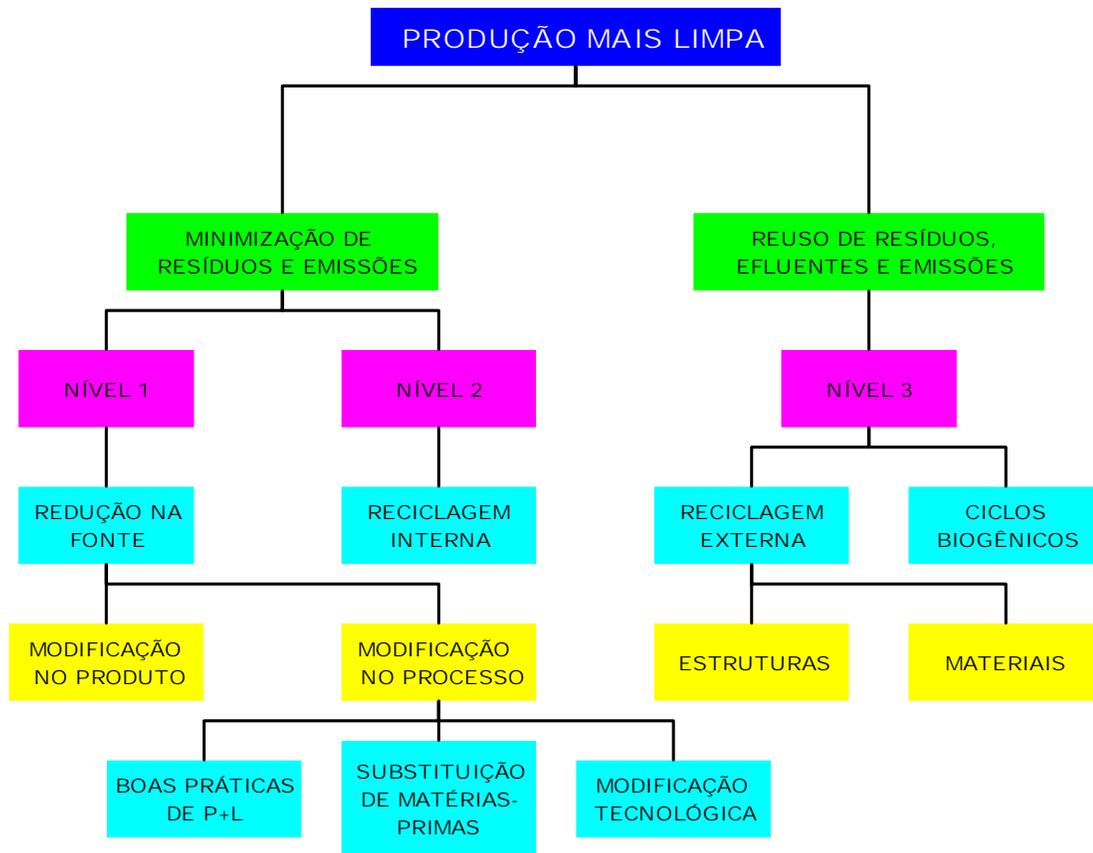


Figura 3.7 - Organograma da geração de opções de Produção mais Limpa

Fonte: CNTL, 2003, Kiperstock et al, 2002, adaptado

Vale ressaltar que a Produção mais Limpa é caracterizada por ações que privilegiem o Nível 1 como prioritárias, seguidas do Nível 2 e Nível 3, nesta ordem. Portanto, a principal meta é encontrar medidas que evitem a geração de resíduos na fonte (nível 1). Estas incluem modificações tanto no processo de produção quanto no próprio produto (CNTL, 1998, 2003).

- As **modificações no produto** podem levar a uma situação ecológica melhorada em termos de produção, utilização e disposição do produto. Neste contexto o termo

“*ecodesign*” tem ganhado importância recentemente. Contudo, a modificação no produto é uma abordagem complexa e geralmente de difícil implementação.

- As **modificações no processo** podem ajudar a reduzir muito os resíduos e emissões. Por processo, entende-se todo o sistema de produção dentro da empresa. As medidas deste tipo podem ser: boas práticas operacionais (*good housekeeping*) – utilização cuidadosa de matérias-primas e materiais auxiliares, operação adequada de equipamentos e melhor organização interna; substituição de matérias-primas e materiais auxiliares e modificações tecnológicas.
- **Substituição de matérias-primas e auxiliares de processo** – as matérias-primas e auxiliares de processo que são tóxicos ou têm diferentes dificuldades para reciclagem podem, muitas vezes, ser substituídas por outras menos prejudiciais a saúde e ao meio ambiente, ajudando assim a reduzir a quantidade de resíduos perigosos ou não inertes.
- As **modificações tecnológicas** são orientadas para as modificações de processo e de equipamento para reduzir resíduos, efluentes e emissões no sistema de produção. Estas podem ser simples, que podem ser implementadas num curto período, até mudanças complexas e onerosas, como a substituição completa de um processo.

Os resíduos que não podem ser evitados com a ajuda das medidas acima descritas devem ser reintegrados ao processo de produção da empresa (reciclagem interna, nível 2): dentro do próprio processo original de produção, em outro processo, ou através da recuperação parcial de uma substância residual.

Somente quando tecnicamente descartadas as opções dos níveis 1 e 2 deve-se optar por medidas de reciclagem fora da empresa (nível 3). Isto pode acontecer na forma de reciclagem externa ou de uma reintegração ao ciclo biogênico (por exemplo, compostagem).

➤ ETAPA 4

O produto final da Etapa 3 é uma lista de opções de P+L que são avaliadas segundo os fatores dos quais dependem as implementações dessas opções, quais sejam, aspecto técnico, aspecto ambiental e aspecto econômico.

- Avaliação técnica:

Segundo WMOAM (1988), a avaliação técnica determina se a opção apresenta os resultados esperados numa aplicação específica onde se incluem os aspectos ambientais e

técnicos de determinada alternativa. O fator ambiental é considerado quando se analisam questões como segurança no sistema operacional, o não surgimento de outros problemas ambientais e o atendimento às legislações. No que se refere ao aspecto técnico, os critérios analisados incluem a garantia da qualidade do produto, a compatibilidade das modificações com os procedimentos operacionais, fluxo de trabalho, taxa de produção e viabilidade de instalação do equipamento, dentre outros.

- Avaliação econômica:

Segundo Freeman (1990)⁹, os custos dos elementos de uma oportunidade de minimização podem inviabilizar o empreendimento devido a custos operacionais e aos elevados investimentos. A avaliação pode ser elaborada utilizando-se medidores comuns de economia, tais como medidas de lucro, tempo de retorno do investimento, etc. Cada organização pode utilizar seu próprio critério de avaliação de projetos para implementação.

- Avaliação ambiental:

Na avaliação ambiental considera-se a quantidade de resíduos, efluentes e emissões que será reduzida, bem como a qualidade dos resíduos que tenham sido eliminados, para verificação do nível de toxicidade e da quantidade de componentes reutilizáveis.

Esta avaliação inclui também a redução na utilização de recursos naturais, como, por exemplo, água e energia.

Os resultados encontrados durante a atividade de avaliação técnica, ambiental e econômica possibilitarão a seleção das medidas viáveis de acordo com os critérios estabelecidos pelo Ecotime.

➤ ETAPA 5

Esta etapa constitui-se do plano de implementação e monitoramento e do plano de continuidade.

A eficiência da escolha das melhores opções de P+L é comprovada na fase de implementação onde se compara o resultado obtido com os esperados. As ações que envolvem simples modificações de operação, procedimentos e materiais, são implantadas tão logo os benefícios ambientais, os potenciais de economia e viabilidade técnica tenham sido determinados.

Para modificações mais complexas, que exigem mudança ou instalação de equipamentos, deve-se proceder de maneira usual em casos de implantação de projetos, ou seja, planejar, projetar, levantar recursos e instalar (CNTL, 2003).

Juntamente com o plano de implementação deve ser planejado o sistema de monitoramento das medidas a serem implantadas. Nessa etapa é essencial considerar:

- Quando devem acontecer as atividades determinadas;
- Quem é o responsável por estas atividades;
- Quando são esperados os resultados;
- Quando e por quanto tempo devem-se monitorar as mudanças;
- Quando avaliar o progresso;
- Quando devem ser assegurados os recursos financeiros;
- Quando a opção deve ser implantada;
- Qual a data da conclusão da implementação.

O plano de monitoramento deverá ser dividido em quatro estágios: planejamento, preparação, implementação, análise e relatório de dados.

O programa de P+L é antes de tudo um processo contínuo. Uma vez avaliadas as linhas de fluxo de resíduos prioritárias e implementadas suas propostas de minimização, o programa de avaliação deve dar prosseguimento analisando os demais resíduos e otimizando as técnicas de minimização em uso.

O plano de continuidade deve criar condições para que o programa tenha sua continuidade assegurada através da aplicação da metodologia de trabalho e da criação de ferramentas que possibilitem a manutenção da cultura estabelecida, bem como sua evolução em conjunto com as atividades futuras da empresa.

3.9 Outros Aspectos Relacionados á Implementação de um Programa de Produção Mais Limpa

Um efetivo processo de minimização de resíduos, tanto no âmbito de uma indústria como no de uma nação, envolve, segundo Newton (1990), aspectos educacionais políticos e legislativos que conferem ao programa uma infra-estrutura abrangente e sólida garantindo, assim, seu sucesso e continuidade.

Segundo CNTL (2003), apesar de ganhos econômicos atraentes e reduções significativas nos impactos ambientais, a adoção generalizada de ações de Produção mais Limpa permanece ainda limitada. Estudos identificaram uma série de barreiras potenciais que podem impedir ou retardar a adoção deste tipo de programa em empresas, vide Quadro 3.1.

Quadro 3.1-Barreiras potenciais que impedem a adoção do Programa de Produção mais Limpa

BARREIRAS	SUB-CATEGORIAS
1. Conceituais	<ul style="list-style-type: none"> • Indiferença: falta de percepção do potencial papel positivo da empresa na solução dos problemas ambientais; • Interpretação limitada ou incorreta do conceito de Produção mais Limpa; • Resistência à mudança;
2. Organizacionais	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de liderança interna nas questões ambientais; • Percepção pelos gerentes do esforço e risco relacionados à implementação do programa (falta de incentivos para participação e possibilidade de revelação dos erros operacionais existentes); • Abrangência limitada das ações ambientais dentro da empresa; • Estrutura organizacional inadequada e sistema de informação incompleto; • Experiência limitada com o envolvimento dos empregados em projetos da empresa;
3. Técnicas	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de uma base operacional sólida (com práticas de produção bem estabelecidas, manutenção preventiva, etc.); • Complexidade da P+L (necessidade de empreender uma avaliação extensa e profunda para identificação de oportunidades de P+L); • Acesso limitado à informação técnica mais adequada à empresa bem como desconhecimento da capacidade de assimilação destas técnicas pela empresa;
4. Econômicas	<ul style="list-style-type: none"> • Investimentos em P+L não são rentáveis quando comparados a outras alternativas de investimento; • Desconhecimento do montante real de custos ambientais da empresa; • Alocação incorreta dos custos ambientais aos setores onde são gerados;
5. Financeiras	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo do capital externo para investimentos em tecnologias; • Falta de linhas de financiamento e mecanismos específicos de incentivo para investimentos em P+L; • Percepção incorreta de que investimentos em P+L representam um risco financeiro alto devido à natureza inovadora destes projetos;
6. Políticas	<ul style="list-style-type: none"> • Foco insuficiente em P+L nas estratégias ambientais, tecnológicas, comerciais e de desenvolvimento industrial; • Desenvolvimento insuficiente da estrutura de política ambiental, incluindo a falta de aplicação das políticas existentes.

Fonte: CNTL (2003).

Ainda segundo o item Políticas do Quadro 3.1, Castro Neto (1991) afirma que uma política ambiental efetiva deve ter como objetivo a garantia da proteção do meio ambiente por intermédio da adoção de um sistema de gerenciamento fundamentado na prevenção dos resíduos, pois só assim haverá redução nos danos à saúde pública, permitindo o crescimento econômico de forma sustentável. Dentre as linhas de ação desta política, estaria o incentivo ou obrigação do desenvolvimento de novos produtos e de novos processos produtivos que gerem menos resíduos ou que possam ser menos tóxicos.

No que se refere aos regulamentos ambientais, Newton (1990) afirma que a criação de legislações específicas deve abranger as seguintes áreas: a captação do recurso natural, os resíduos gerados pelas indústrias e os produtos que se tornam resíduos após serem utilizados ou seja, o seu ciclo de vida. Segundo Matos (1997) uma legislação específica e bem elaborada pressiona os esforços para a minimização, ao tempo em que fiscaliza, regulamenta, informa, fornece recursos e incentiva atividades que promovam a redução da geração de resíduos.

3.10 A Indústria de Fundição

Segundo Siegel (1978), a indústria de fundição é de importância relevante para o desenvolvimento industrial de um país. A fabricação dos mais diferentes tipos de máquinas e equipamentos depende da disponibilidade de peças metálicas, produzidas em processos de fundição.

3.10.1 Situação Brasileira da Indústria de Fundição

A indústria de fundição é um segmento da economia que se caracteriza pela produção de bens intermediários, fornecendo em sua maioria peças fundidas para diversas outras indústrias.

O processo de produção desta indústria, em sua essência, consiste na fusão de ferro, aço ou ligas de metais não ferrosos – cobre, zinco, alumínio e magnésio – visando obter as propriedades que se deseja atribuir ao produto final.

No Brasil, a abundante ocorrência de sucatas, minerais, como minério de ferro, a disponibilidade energética e de insumos, como a areia de fundição, bentonitas, resinas,

catalisadores e coque de babaçu, contribuíram decisivamente para a definição do parque industrial de fundição nos moldes e dimensões atuais (GOMES OLIVEIRA, 1996).

Conforme informações da Associação Brasileira de Fundição (ABIFA, 1999), o Brasil é o 11º produtor mundial de fundidos, produzindo em torno de 1.600.000 toneladas/ano, propiciando uma receita de 2,7 bilhões de dólares por ano. Segundo a mesma referência este segmento do setor metalúrgico emprega aproximadamente 55 mil trabalhadores em cerca de 1000 empresas, 90% das quais de pequeno e médio porte, localizadas em todas as regiões do país, com maior concentração na região sudeste.

Devido a grande produção, somente no Brasil, todo ano são descartadas cerca de 2 milhões de toneladas de areia usadas, o que corresponde a três quartos do total de resíduos sólidos gerados pela indústria de Fundição (MARIOTTO & BONIN, 1996; ABIFA, 1996).

Segundo inventário realizado no ano de 1993, no pólo metal-mecânico da cidade de Caxias do Sul - RS, o setor produzia aproximadamente 1.300 ton/mês de fundidos, utilizando como matéria-prima, areia de fundição formada por 69% de areia verde, 11,6% de areia fenólica e 10,7% de areia CO₂, gerando 367 ton/mês de resíduos de areias de fundição, composta de 37% de areia verde, 29% de areia CO₂, 20% de areia fenólica e 14% de areia alquídica (TEIXEIRA,1993).

Segundo Mariotto (2000), estima-se que mais de 80% das peças fundidas produzidas, utilizam moldes feitos de areia aglomerada, sendo o aglomerante mais comum a argila, que é empregada para confeccionar os moldes, dando forma às faces externas das peças fundidas.

O descarte inadequado da areia usada pode causar vários problemas. Um dos problemas decorrentes é quando esta é submetida a intempéries e seus contaminantes mais prováveis como resinas fenólicas, metais e não metais dissolvem-se e podem contaminar os solos e o lençol freático. Esta contaminação tende a ocorrer mesmo em aterros legalizados, pois muitos não foram devidamente preparados para receber este material, além do que o descarte em aterros consiste em um elevado custo. Segundo um levantamento de informações realizado pela ABIFA no ano de 1996, este custo gira em torno de 20 a 178 reais por tonelada, conforme o tipo de areia descartada e o porte da fundição, os valores mais baixos são praticados para grandes quantidades de areias classificadas como resíduos “não-inertes” e os mais altos para aquelas tidas como resíduos “perigosos”.

Neste contexto, as empresas pequenas, médias e grandes do setor de fundição têm o dever de estudar a minimização, o reaproveitamento ou a reciclagem dos seus resíduos areias de fundição, evitando sua disposição em aterros, podendo gerar desta forma uma economia considerável, tornando-a mais competitiva no mercado (MARIOTTO, 2000).

3.10.2 O Processo de Fundição

A fundição é um processo que consiste em aquecer o metal até que ele se funda e se transforme em um líquido homogêneo. Em seguida o metal líquido é vertido em moldes adequados onde, ao solidificar-se, adquirirá a forma desejada (SIEGEL, 1978). Os vários processos de fundição diferem, principalmente, na maneira de formar o molde. Em alguns casos, como no da moldagem em areia, constrói-se um molde para cada peça a ser fundida e em seguida ele é rompido para remover-se o fundido. Em outros casos os moldes são permanentes, como na fundição sob pressão, usa-se o mesmo molde repetidas vezes (CAMPOS FILHO, 1978).

Conforme o fluxograma apresentado na Figura 3.8, podem ser observadas as etapas envolvidas na produção de peças metálicas fundidas, que podem ser descritas resumidamente como segue:

- Confecção do modelo (modelação) – Um modelo pode ser fabricado em madeira, metal ou outros materiais (cera, poliestireno ou resina epóxi), ao redor da qual é compactada o material de moldagem, dando forma à cavidade do molde que receberá o material fundido (Bradaschia, 1974). O molde é feito por empacotamento de areia, em torno do modelo, toda a estrutura estando contida numa caixa de moldagem (CAMPOS FILHO, 1978).
- Confecção dos moldes (moldagem) – O molde é confeccionado em material refratário moldado sobre o modelo; quando extraído, deixa uma cavidade correspondente a peça a ser fundida. Os processos básicos de fundição são caracterizados pelo sistema de moldagem empregado (SIEGEL, 1978). Os processos de fundição segundo o molde podem ser classificados em: moldagem em areia, moldagem em casca, moldagem em gesso, moldagem por cera perdida, fundição de molde permanente, fundição sob pressão, fundição em molde cheio e fundição contínua. A moldagem em areia é o processo com maior emprego para a obtenção de peças fundidas

(SIEGEL, 1978; CAMPOS FILHO, 1978). Os principais elementos constituintes do molde são: canais (de entrada, descida, alimentação), massalotes (para compensar as contrações dimensionais do metal durante a solidificação) e macho (componente utilizado para evitar que o metal ocupe um determinado espaço do molde, gerando uma cavidade na peça final) (MORAES, 2000).

- Confeção dos machos (macharia) – Se o fundido deve possuir regiões ocas, são feitos modelos separados denominados machos, que são colocados no interior da cavidade deixada pelo modelo do fundido. O espaço entre a cavidade e o macho será então preenchida pelo metal líquido, que solidificará, formando-se a peça fundida. O macho é uma porção de areia aglomerada, que após moldagem se apresenta consistente, por secagem ou como consequência do processo de fabricação (MORAES, 2000).
- Obtenção do metal líquido (fusão) – Nesta fase é obtido o metal no estado líquido com a utilização de fornos de fusão, como forno de cadinho, forno de reverberação, cubilô, forno de indução, forno de resistência elétrica, entre outros (CAMPOS FILHO, 1978).
- Enchimento do molde com metal líquido (vazamento) – Após o processo de fusão, o metal no estado líquido é vazado no molde à temperatura adequada e, quando possível, com vazão controlada. A técnica de vazamento consiste na colocação da borda do cadinho ou da panela o mais próximo possível do canal de entrada do molde, diminuindo a distância de queda do metal através do ar. A temperatura adequada de vazamento é aquela que permita preencher completamente o molde e garanta o tempo necessário para a completa alimentação (RECUSANI FILHO, 1974).
- Retirada da peça solidificada do molde (desmoldagem) – Terminada a etapa de vazamento e solidificação, a peça fundida é removida do molde por um processo conhecido como desmoldagem. Em seguida, os machos são extraídos por impacto e os alimentadores são cortados. A areia restante é removida e a peça fundida está pronta para as operações de usinagem superficial, denominada rebarbação e limpeza (CAMPOS FILHO, 1978).
- Limpeza, quebra de canais e rebarbas (limpeza e rebarbação) – consiste na separação (quebra ou corte) entre a peça e os canais de alimentação e massalotes (estes últimos retornarão ao forno para uma próxima fusão, consistindo a parte da matéria-prima

denominado “retorno”). Também se realizam operações de rebarbação e jateamento de areia na etapa de acabamento (MORAES, 2000).

- Outras operações – dependendo das exigências do produto, podem ser realizadas ainda operações complementares de usinagem e tratamento térmico na peça fundida (MORAES, 2000).

Observando o fluxograma da Figura 3.8 é possível distinguir dois grupos independentes de operações: uma relacionada às operações que têm por finalidade fundir o metal, isto é, transformá-lo em um líquido homogêneo e a outra relacionada com a produção dos moldes e machos.

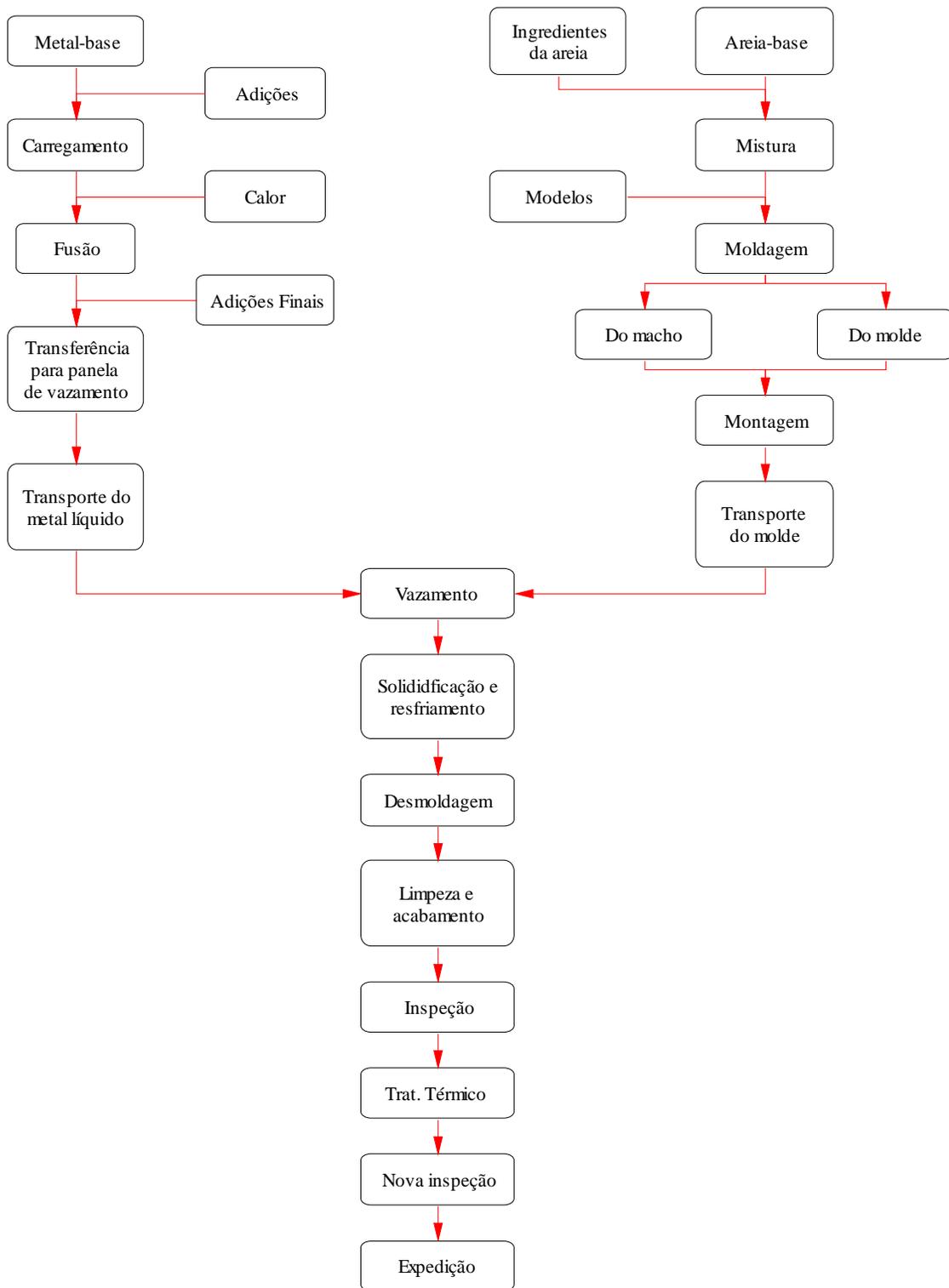


Figura 3.8 - Seqüência das operações na fundição de um metal em molde de areia

Fonte: Bradaschia (1974)

De uma forma geral o processo tem início com a alimentação de argila, areia base, areia de retorno e aditivos necessários (devidamente balanceados para atenderem às aplicações específicas) que entram no misturador para a adequada homogeneização dos componentes e de onde saem como areia de moldagem diretamente para a fase de preparação dos moldes onde os machos¹¹ são colocados. A etapa seguinte consiste no vazamento do metal líquido nos moldes. Após rápida transferência de calor entre o metal e a areia, ocorre o processo de separação peça-molde. Da separação, a areia é retornada ao processo para preparação da areia de moldagem e as peças metálicas são enviadas à etapa de acabamento e controle de qualidade.

3.10.3 Características dos Processos de Moldagem/Macharia

Segundo Lo Ré (1978), a moldagem em areia é ainda hoje o processo mais amplamente empregado para a obtenção de peças fundidas. A versatilidade e economia deste processo permitem a sua liderança em confronto com os demais processos existentes.

A areia de moldagem ou também conhecida como areia de fundição é um sistema heterogêneo, constituído essencialmente de um elemento granular refratário que representa a base, geralmente areia de sílica, um elemento aglomerante ou ligante, que permite ligar entre si os grãos de areia, e que pode ser mineral (argila ou cimento) ou orgânico (óleos, farinhas de cereais e resinas), e elementos aditivos que são utilizados para melhorar as propriedades mecânicas da areia (LO RÉ, 1978).

Conforme relatório elaborado pela ABIFA (1999) as fundições para atenderem as exigências tecnológicas específicas são obrigadas a utilizar vários tipos de ligantes ou aglomerantes, além de aditivos.

Ainda segundo ABIFA (1999), considerando o sistema ligante adotado, a indústria de fundição distingue dois tipos genéricos principais de areias de moldagem/macharia: a “areia verde” e a “areia ligada quimicamente”. Na “areia verde” o agente aglomerante principal é uma argila umedecida, mas toda areia verde contém uma parcela ponderável de materiais orgânicos decorrentes do emprego de aditivos, tais como pó de carvão, e/ou incorporação de machos desagregados à areia recirculante. Já o termo “areia ligada quimicamente” aplica-se a uma grande

¹¹ Materiais responsáveis pelas partes vazias da peça, geralmente confeccionados em resina fenólica num processo de prensagem. Materiais normalmente utilizados: gás liquefeito de petróleo (GLP), emulsão de silicone e areia.

variedade de materiais de moldagem e macharia que utilizam sistemas ligantes orgânicos (tais como resinas furânicas, fenólicas, uretânicas, etc) inorgânicos (como silicato de sódio e o cimento portland) e mistos (como resinas fenólicas alcalinas) e podem conter também aditivos, como óxido de ferro.

3.10.3.1 Componentes da Areia de Moldagem a Verde

Segundo Apostila SENAI (1987)¹², o processo de moldagem através de areias aglomeradas com argila responde pela maior parcela de peças fundidas produzidas em todo o mundo, por ter menor custo e ser menos prejudicial à saúde que os processos químicos. No Brasil cerca de 80% das fundições utilizam moldagem em areia verde.

As areias de moldagem ligadas com argila são constituídas essencialmente por areia, argila e água (MARIOTTO, 1974). Ainda segundo o mesmo autor a areia base é o agregado mineral granular, principal componente desta mistura, sendo o constituinte básico das diversas areias de moldagem. A maioria das areias é composta principalmente por sílica que, devido à abundância, facilidade de extração e beneficiamento, e à densidade relativamente baixa, é a mais utilizada pelas fundições.

A argila é um outro material componente da mistura de areia de moldagem. Segundo D'elboux (2000), a argila pode ser definida como uma rocha, geralmente plástica, constituída essencialmente de silicatos de alumínio hidratados, denominados minerais de argila.

Ainda segundo o mesmo autor, as bentonitas são argilas constituídas principalmente pelo argilo-mineral montmorilonita, as quais têm a função de aglomerante da areia base, que na presença de água interlamelar aumenta as forças de ligação entre as lamelas de bentonita, dando mais resistência aos moldes.

A presença dessa argila fornece a força coesiva exigida por um material de moldagem que a água sozinha não seria capaz de fornecer. Devido às perdas das características coesivas e refratárias há necessidade de constante reposição de bentonita.

¹² SENAI – Departamento Regional de Minas Gerais. **Areias de Fundição Aglomeradas com Argila**. 2 ed., Belo Horizonte. Vol.: I, II, III, IV, 1985. apud TEIXEIRA, C.E. **Ensaio de tratabilidade resíduos sólidos industrial areia fenólica**: isolamento, identificação e seleção de fungos filamentosos. Campinas-SP, 1993. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Sanamento). Universidade Estadual de Campinas, 1993.

Além dos três componentes essenciais – areia, argila e água – outras substâncias são eventualmente adicionadas às areias de moldagem a verde, com a finalidade de melhorar certas propriedades. Um dos principais aditivos é o pó de carvão mineral (conhecido como pó Cardiff). Este é utilizado com a intenção de melhorar o acabamento superficial e evitar defeitos de expansão. O pó de carvão, no entanto, consiste em um dos materiais mais poluentes utilizados na mistura de areia de moldagem e, conforme cita Bonin & Rossini (1994), é ainda responsável pela geração de finos no ambiente da fundição.

Os aditivos amiláceos (amido de milho) são, segundo D'elboux (2000), usados como aditivos em areias para os mais diversos tipos de ligas fundidas, com objetivo de aumentar a plasticidade a verde da areia, o que reduz a incidência de quebra de moldes no ato da extração do modelo. Segundo Mariotto (1974), suas funções principais são aumentar a resiliência, a resistência a seco e a colapsibilidade.

Segundo Mariotto (1974), as areias de moldagem ligadas com argila são normalmente recuperadas após cada fundição e reutilizadas no ciclo seguinte, depois de se proceder as adições de areia nova, argila, água ou outros componentes perdidos parcialmente durante o ciclo. A areia de retorno é o componente de maior proporção no total da quantidade de materiais. Ainda segundo o mesmo autor as perdas que se verificam a cada fundição podem ser expressas como:

- a) perdas de areia: que fica aderida às peças, que é retirada propositadamente do sistema para possibilitar renovação, que se perde pelo chão, etc;
- b) perdas de argila: por desidratação e altas temperaturas ou removidas num exaustor de finos.

A mesma referência afirma que o problema é saber quais as quantidades de areia e argila perdidos, para que se possa estabelecer em que proporções devem ser feitas às correções a fim de manter as características e qualidade da areia de moldagem durante uma seqüência indefinida de ciclos de fundição.

3.10.3.2 Componentes da Areia de Moldagem em Casca – Shell Molding

O processo de fundição em casca é baseado no uso de uma mistura de resina sintética com areia sobre uma placa metálica aquecida, formando uma casca de pequena espessura sobre a mesma. As resinas empregadas são normalmente do tipo fenólica e a areia deve apresentar um

módulo de finura em torno de 100 AFS isenta de qualquer impureza (BEREZIN, 1978). Quando a mistura for aquecida, entre 230 e 250°C, a resina cura, provocando a ligação dos grãos de areia entre si, formando uma casca rígida que constitui meia parte do molde. Após a casca ter sido curada e extraída do modelo, os machos são posicionados, as metades do molde são, ligadas, colocadas em uma caixa suporte onde é adicionado material de apoio, assim o molde está pronto para ser vazado (FINARDI, 1974).

Os componentes básicos do processo de moldagem/macharia em casca são a resina sintética do tipo fenol/formol (fenólicas), catalisadores e areia base.

As resinas fenólicas são resinas sintéticas termofixas produzidas através da reação química de fenol e formol. Segundo D'elboux (2000) as resinas fenólicas podem ser produzidas por catalisadores de síntese em meio alcalino ou ácido. As resinas produzidas em meio alcalino são conhecidas como resóis e são empregadas em fundição como aglomerantes para a resina fenólica de cura a frio. Enquanto que as resinas produzidas em meio ácido são conhecidas como novolaca e são utilizadas no processo Shell Molding para confecção de machos e moldes.

Segundo Mariotto (1974), as resinas possibilitam resistências a verde muito baixas. Pelo aquecimento e em presença de catalisadores passam por um processo de cura e polimerização e as redes então formadas têm grande resistência mecânica. Por essas razões, esses ligantes químicos são mais usados na fabricação de machos, onde a resistência a verde, pode ser bem mais baixa do que no caso de moldes.

3.10.3.3 Componentes da Areia de Moldagem pelo Processo de Caixa Fria (*Cold Box*)

O processo caixa fria (*cold box*) é empregado desde 1967, e se constitui na mistura de dois tipos de resina e areia que depois de soprada, gasa-se o catalisador pulverizado, obtendo-se já em condições de uso o macho ou mesmo o molde (Moraes, 2000). Entretanto, como salienta o mesmo autor, o processo apresenta uma toxidez elevada, o que exige ambiente arejado e um sistema de exaustão controlado.

Neste processo qualquer tipo de areia pode ser empregado, entretanto recomenda-se areia grossa de módulo 45/50 AFS, por consumir menos resina e dar melhor permeabilidade (MORAES, 2000).

Conforme o mesmo autor, outro componente essencial para o sistema é a resina, que é constituído de um sistema orgânico de duas partes que reagem entre si e curam à temperatura ambiente na presença de um catalisador gasoso. A parte um é do tipo fenol-éter-poli-benzílica dissolvida em uma mistura de hidrocarbonetos aromáticos e ponto de ebulição alto (158°C). A parte dois é um poli-isocianato (difetil-metano-di-isocianato) conhecido como MDI, dissolvido com solventes orgânicos voláteis.

O terceiro componente é o catalisador, que são compostos químicos auxiliares utilizados em conjunto com as resinas para promover a polimerização ou cura. Os catalisadores do processo caixa fria são normalmente um composto da família das aminas, podendo ser o TEA – trietilamina, DMEA – dimetilamina, TMA – trimetilamina, DMIA – dimetil isopropilamina. De acordo com D’elboux (2000), o catalisador para resina amina-uretânica-fenólica mais usado no Brasil é o TEA, por ter menor custo comparado aos outros e com menor odor.

3.10.4 Geração de Poluentes

Segundo Nonato Filho (1988), poluente é toda substância que adicionada ao meio ambiente, em determinada concentração, passa a produzir um efeito negativo mensurável sobre o homem, animais, vegetais ou materiais. Há três fatores utilizados na caracterização de um processo poluente, são eles: intensidade – fator quantitativo da poluição; continuidade – permanência de sua ação nociva, ocasionada pela dificuldade na sua eliminação; efetividade – ação sobre os seres vivos existentes no meio ambiente.

Mariotto (2000) afirma que se por um lado à indústria de fundição contribui para a limpeza do ambiente ao consumir as mais diversas sucatas metálicas, por outro ela gera apreciáveis volumes de resíduos sólidos não metálicos, além de efluentes gasosos e líquidos, resultantes da degradação de materiais auxiliares empregados, com níveis de poluentes variáveis.

Segundo um trabalho de levantamento de dados realizado por Mariotto & Bonin (1996), a quantidade de fundidos produzidos no território nacional é de aproximadamente 165.000 toneladas ao mês (t/mês). O mesmo levantamento mostrou que a geração de descartes é de aproximadamente 37.100 t/mês de resíduos Classes II e III. Tomando dados globais as fundições consomem 1 tonelada de areia para produzir 1,6 toneladas de fundidos. Da produção nacional de fundidos, 85 % é ferro fundido e 6% é aço. Como os ferros fundidos são preferencialmente

produzidos em moldes de areia verde, pode-se concluir que os grandes volumes de areia usada descartada provêm dos sistemas de moldagem a verde. Sendo este um dos principais poluentes gerados pela indústria da fundição.

Segundo o Guides to Pollution Prevention (1992), a geração de resíduos está diretamente relacionada com o tipo de material usado (ferro fundido, aço, bronze ou alumínio) e depende do tipo de moldes e machos utilizados, assim também como da tecnologia empregada. Ainda segundo a mesma fonte, os resíduos das operações de fundição em areia são inerentemente maiores do que as operações com moldes permanentes ou matrizes. A Tabela 3.4 apresenta os resíduos gerados como resultado dos processos de fundição de metais usando moldes de areia.

Tabela 3.4 – Processos geradores de desperdícios na indústria de fundição

PROCESSO	RESÍDUO
Elaboração de moldes e machos	Areia usada, resíduo de varrição e dos machos, particulados e lodo.
Fusão	Pó, fumos metálicos, escória e material refratário.
Vazamento	Fumos metálicos e pó.
Desmoldagem	Areia usada, resíduo de varrição, restos de machos, pó e finos de areia.
Limpeza	Rebarbas, restos de areia aderidos à peça, particulados e resíduos diversos.

Fonte: Guides to Pollution Prevention, 1992, adaptado.

A seguir se faz uma breve descrição dos resíduos listados na Tabela 3.4.

- Areia usada – A maioria das fundições reutilizam certa porção da areia usada para a fabricação de machos e moldes, em muitos casos, se utiliza a maior parte da areia. A areia verde pode ser reutilizada repetidas vezes. À medida que reutiliza-se a areia, são formados acúmulos de finos, devido a isso certa quantidade de areia do sistema deve ser retirada regularmente para manter as propriedades desejadas da areia. A areia retirada juntamente com a areia perdida por fugas e durante a desmoldagem, converte-se em resíduos de areia.

O pó e o lodo gerados pela areia de moldagem são com frequência re-coletados como parte do sistema de controle da contaminação do ar sobre os lugares onde se

realizam as operações de moldagem e desmoldagem. Também existem resíduos na forma de grandes aglomerados que são retirados mediante peneiramento no sistema de reciclagem de areia para fabricação de moldes ou na forma de areia retirada na limpeza das peças fundidas.

Os aglomerantes da areia dos machos se degradam parcialmente ou completamente ao serem expostos ao calor do metal fundido durante a operação de vazamento. Os resíduos de machos são compostos por areia parcialmente decomposta, retirada durante a desmoldagem. Estes contêm aglomerantes degradados parcialmente. Os resíduos de machos podem ser separados e reciclados na linha de areia para elaboração de moldes ou podem ser levados a um aterro industrial junto com os machos quebrados ou que não cumprem as especificações e os resíduos obtidos na varrição do setor de macharia. Os resíduos de areia de moldes e de machos representam de 66 a 88 % do total de resíduos gerados pelas fundições de ferro (GUIDES TO POLLUTION PREVENTION, 1992).

- Resíduos de limpeza: os resíduos de limpeza normalmente são enviados para aterros industriais, pois estes incluem rodas de moagem usadas, resíduos de varrição do piso e finos dos coletores de pó na limpeza do setor. Estes resíduos podem ser perigosos se conterem níveis excessivos de metais pesados tóxicos.
- Resíduos do coletor de pó e do lavador de gases: durante o processo de fusão, uma pequena porcentagem da carga se converte em pó ou em fumos recoletados pelas câmaras de filtros ou por lavadores de gases.
- Resíduos de escória: a escória é uma massa vidrosa, relativamente inerte, com uma estrutura química complexa. É composta de óxidos metálicos do processo de fusão, refratários fundidos, areia, cinzas de coque e outros materiais. A escória pode ser acondicionada usando fundentes que facilitam a retirada do forno.
- Resíduos diversos: a maioria das fundições geram resíduos diversos que variam grandemente em sua composição, mas estes constituem somente uma pequena porcentagem do total de resíduos gerados. Estes resíduos incluem material de solda, óleos contaminados, embalagens contaminadas vazias, resíduos de limpeza e rebarbação das peças, entre outros (GUIDES TO POLLUTION PREVENTION, 1992).

Segundo Leidel (1996), os problemas ambientais de hoje das indústrias de fundição são frutos das soluções de ontem. Para comprovar esta teoria Leidel (1996) cita que em 1958 as resinas furânicas foram introduzidas ao processo, a fim de aumentar a qualidade da areia no controle de sua temperatura, pois este fator era considerado primordial no desempenho da produção. Não demorou muito e a concorrência do mercado encontrou uma solução “mais eficiente”, utilizando catalisadores mais fortes no combate a problemas com areias alcalinamente contaminadas. À medida que estes paliativos eram aplicados aumentava o surgimento de defeitos nas peças produzidas, originários principalmente do nível de enxofre introduzido pelos catalisadores utilizados. A nova solução aplicada foi à diluição da areia reciclada, aumentando a quantidade de areia nova introduzida no sistema, cuja consequência foi o aumento da geração de resíduos. Conforme os custos com tratamento e disposição final dos resíduos foram elevando e os regulamentos ambientais se tornando mais severos, outra solução foi adotada: recuperar a areia termicamente.

Ainda segundo o mesmo autor, as tecnologias desenvolvidas nos últimos 50 anos em fundições concentraram-se em como aumentar a produção e como recuperar defeitos nos fundidos através da automação do processo, deixando de lado questões relativas ao controle do mesmo.

O resultado desta falta de controles pode ser observado no aumento de quantidade de resíduo gerado, no desperdício de energia na produção de elementos inadequados (refugos) e na geração de poluentes por meio de técnicas de tratamento não efetivas – como é o caso da geração de poluentes atmosféricos no processo de regeneração da areia.

Como já foi comentado, a maior parte dos resíduos gerados no processo de fundição são em sua maioria sólidos (90%), mas existem consideráveis quantidades de efluentes líquidos e gasosos. Os resíduos líquidos geralmente são provenientes da água utilizada para resfriamento da areia do sistema de lavagem de particulados do sistema de exaustão. Já os poluentes gasosos são decorrentes do vapor da fusão e vazamento dos metais e do material particulado, disperso na atmosfera, proveniente das partículas muito pequenas presentes na areia utilizada no processo.

3.11 Produção Mais Limpa Aplicada 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, colocam à atividade de fundição são:

- Racionalizar o consumo de areia nova;
- Minimização de resíduos sólidos e líquidos;
- Reduzir as emissões atmosféricas;
- Reduzir o consumo de energia;
- Reduzir o consumo de recursos naturais;
- Implementação de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA), como por exemplo, ISO 14000 e Programa de Produção mais Limpa;
- Prevenção da Poluição (P2);
- 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.

Para minorar o ônus financeiro representado pela necessidade de descartar diversos resíduos, para se adequar às novas legislações ambientais e ainda para atender aos desafios impostos pela sociedade, a indústria de fundição brasileira deve intensificar ações e estratégias que propiciem a minimização dos seus descartes.

Diante do exposto, os sistemas de gerenciamento ambiental na indústria surgiram para satisfazer as necessidades de controlar e melhorar o desempenho ambiental das organizações, em consequência das atividades ambientalmente negligentes, aplicadas até então, e das pressões do mercado.

Dentro do seu conceito, a gestão ambiental industrial visa, de acordo com Carvalho & Frosini (1995)¹³, assumir um compromisso com a ação de empreender, com base na perpetuação do negócio e na fundamentação de uma estratégia que se alinhe à produção comprometida com os valores de criação e de multiplicação de riquezas, bem como a sua distribuição e perpetuação.

Os sistemas de gestão ambiental são, portanto, uma estrutura organizacional das atividades industriais relativas ao meio ambiente, cujos objetivos, conforme enumera o mesmo autor, são:

- Reduzir custos;
- Evitar penalidades;
- Obter diferencial de “marketing”;
- Desenvolver e manter os negócios de forma sustentável;
- Contribuir com a preservação, conservação e recuperação de fontes de recursos naturais e nichos ecológicos estratégicos;

¹³ CARVALHO, A.B.M. FROSINI, L.H. **Auditorias de sistema de qualidade ambiental**. Controle da Qualidade, n.37, jun. 1995. apud 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.

- Responder a desafios mundiais.

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 a Produção mais Limpa provoca uma mudança de cultura organizacional, de forma a atender aos requisitos ambientais e de mercado no sentido da minimização de resíduos. Trata-se, portanto, de um programa que contempla os aspectos qualitativos e quantitativos de melhoria dos produtos, serviços e seus efeitos ao meio ambiente e à qualidade de vida das pessoas.

As vantagens de se implantar o programa de Produção mais Limpa numa empresa utilizando esta metodologia, por sua vez, são inúmeras (KIPERSTOCK *et al*, 2002):

- Disponibiliza uma metodologia que representa o passo a passo para a implementação de P+L;
- Não requer custos adicionais com certificações e desenvolvimento de modelos mais sofisticados de sistematização de informações.
- 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;
- Proporciona melhoria de imagem da empresa diante da sociedade e aumento da competitividade no mercado globalizado;
- Evita custos crescentes devido ao tratamento de resíduos;
- Apresenta menos suscetibilidade as condições que impactam no desempenho da empresa: necessidade crescente de espaço para disposição de resíduos, dificuldades na

obtenção de licenças para exportação, passivos ambientais, produtos/processo considerados ambientalmente incorretos, etc.

4 METODOLOGIA

4.1 A Empresa

O trabalho será realizado na empresa METALCORTE METALURGIA – DIVISÃO FUNDIÇÃO, na cidade de Caxias do Sul – RS. A empresa iniciou suas atividades em 1952 e atualmente é a maior fundição do Rio Grande do Sul.

Em maio de 2003, a empresa Metalcorte Metalurgia adquiriu os ativos da Fundição Eberle, visando diversificar sua participação no mercado. 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 m² 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.

4.2 Etapas Desenvolvidas no Trabalho Baseadas na Metodologia de Implementação 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 (1994). Na Figura 4.1 estão apresentadas as etapas desenvolvidas no trabalho, as quais serão descritas nos itens subsequentes.

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.

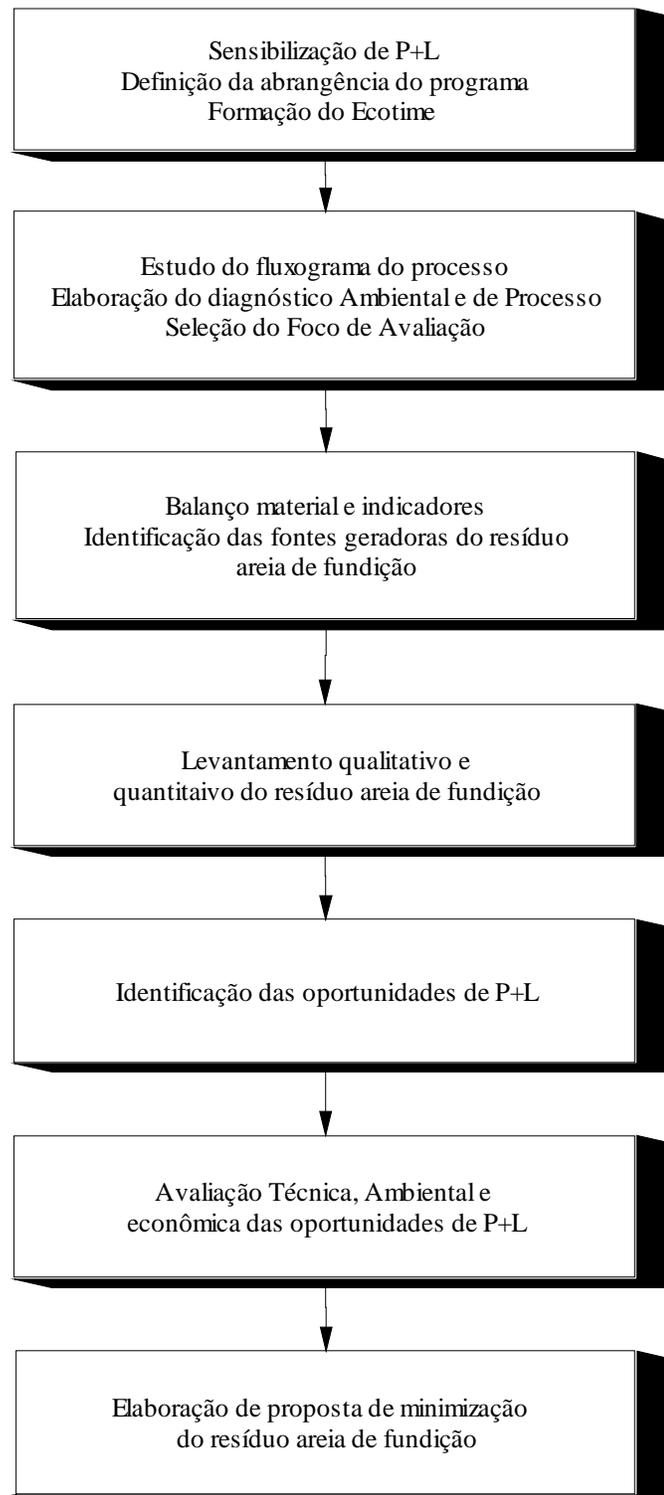


Figura 4.1 – Seqüência de etapas para implementação de um programa de Produção mais Limpa do estudo de caso, baseado no modelo UNIDO/UNEP criado em 1994. Adaptado.

4.2.1 Sensibilização da Equipe da Empresa para Realização do Trabalho, Definição da Abrangência e Formação do Ecotime

O primeiro passo antes da implementação de um Programa de produção mais Limpa é a sensibilização do público alvo, ou seja, gerentes e coordenadores. A sensibilização foi realizada através de um seminário de duração de duas horas, bem como através de treinamentos ao longo do trabalho. O seminário foi realizado em maio de 2004 e foi intitulado “I Seminário de Sensibilização Ambiental” e contou com a participação de 50 pessoas, entre estas, o gerente industrial, comercial, administrativo, de qualidade, diretor da unidade, coordenadores de produção e demais envolvidos do processo de fabricação. Este seminário teve como objetivo principal obter o comprometimento gerencial da empresa com a proposta de trabalho de melhoria ambiental, enfocando tecnologias limpas.

Neste seminário apresentaram-se casos bem sucedidos, ressaltando os benefícios econômicos e ambientais. Além disso, foram evidenciados os seguintes aspectos:

- Reconhecimento da prevenção como etapa anterior às ações de fim-de-tubo;
- As pressões do órgão ambiental para o cumprimento dos padrões ambientais;
- Custo na aquisição e manutenção de equipamentos de fim-de-tubo;
- Outros fatores relevantes para que o público alvo visualize-se os benefícios da abordagem de P+L.

A partir deste seminário, estabeleceu-se qual seria a abrangência de implementação do programa de Produção mais Limpa. Para tanto, consideraram-se fatores como limitações da pesquisa (prazo de conclusão e recursos), quantidade de resíduo gerado, qual resíduo seria estudado, em que setor seria inicialmente implementado o programa, entre outros. A pesquisa foi desenvolvida na Fundação B.

Para a implantação do Programa de P+L formaram-se dois Ecotimes, o primeiro denominado de ecotime coordenador, formado pelo gerente industrial, um profissional de marketing, a mestranda do PPGEM e um estagiário da UNISINOS, este Ecotime não se reunia periodicamente como é o caso do Ecotime de Trabalho, ressalta-se que a mestranda é funcionária da empresa ocupando o cargo de Coordenadora de Meio Ambiente. E o segundo Ecotime, denominado ecotime de trabalho, formado por profissionais das áreas de fusão, rebarbação,

moldagem, qualidade, manutenção, compras e administrativo, os quais reuniram-se quinzenalmente durante o período de implantação do programa.

4.2.2 Estudo do Processo Produtivo – Elaboração de um Fluxograma da Fundição B

Este item contempla a apresentação de informações relativas ao processo de fundição e observações sobre fatores operacionais. Foi realizada uma análise detalhada do fluxograma geral da Fundição B, com o objetivo de se conhecer melhor os fluxos qualitativos e quantitativos de matéria-prima, água e energia no processo produtivo, e visualizar a geração de resíduos.

4.2.3 Identificação das Fontes Geradoras e Tipos de Resíduos

A partir do fluxograma do processo da Fundição B, foram elaborados diagramas de blocos das diferentes etapas (setores) do processo, identificando as entradas de matérias-primas e insumos, bem como as saídas, no caso os resíduos sólidos gerados, efluentes e emissões atmosféricas. Estes levantamentos foram realizados durante 12 (doze) meses no período de 01/08/04 a 31/07/05, através do acompanhamento do processo, bem como do levantamento de informações junto aos membros do Ecotime. Convém ressaltar que nesta etapa do trabalho, foram identificados todas as fontes e tipos de resíduos, não somente as areias de fundição, escopo deste trabalho. Os resultados dos demais resíduos foram também apresentados no item 5.3.

4.2.4 Quantificação das matérias-primas, insumos e produtos fabricados

Após a elaboração dos diagramas do processo da Fundição B, levantaram-se os dados de quantidade de produtos fabricados, quantidades de entradas de matérias-primas e insumos, e saídas de resíduos sólidos, efluentes e emissões. O levantamento dos dados foi realizado através das planilhas de controle de consumo de matérias-primas e insumos mensais durante 12 (doze) meses, conforme Anexo B. Os dados de produtos fabricados foram obtidos a partir de relatórios gerados no departamento comercial da empresa.

4.2.5 Elaboração do Balanço de Massa do Processo de Moldagem

Sabe-se que o princípio de conservação das massas deve ser mantido para qualquer um dos elementos do sistema definido como “etapas da produção” ou para a empresa como um todo. Em um sistema estável, a massa de entrada de um elemento deve ser equivalente a de saída. Toda matéria-prima e materiais de processos de entrada em certa etapa da produção devem deixar este na forma de produto ou de resíduo ou de emissões. Por esta razão tem-se que calcular em unidade de massa (kg). A abrangência do balanço depende uma vez mais do objetivo da análise.

Para a realização do balanço de massa utilizaram-se as unidades em kg e o período de tempo do balanço de um ano 01/08/04 a 31/07/05.

O balanço de massa do processo de moldagem foi elaborado a partir de dados da quantidade de material utilizado na moldagem e do resultado da quantificação do resíduo gerado.

4.2.6 Levantamento dos Pontos de Geração e inventário quali-quantitativo do resíduo sólido areia de fundição

A partir do fluxograma do processo e diagramas de blocos obtidos foi possível identificar os pontos de geração e coleta dos resíduos areia de fundição no processo produtivo. Estes dados constituem-se num dos elementos chaves na coleta de dados sobre o resíduo, citados por Newton (1990) e por diversos autores. Estas informações permitem identificar a origem de pontos geradores de resíduo de areia, bem como definir as ações para a minimização da geração.

Os dados quali-quantitativos dos resíduos em cada ponto de geração foram obtidos através da elaboração de tabelas de acompanhamento da coleta dos resíduos nos setores e das caçambas nos diversos pontos da planta industrial, nas quais os membros do Ecotime e os operadores das empilhadeiras preenchem os dados da tabela. O Anexo A mostra os modelos de tabelas utilizados. Outra fonte de dados utilizada foi o acompanhamento dos caminhões com resíduo para disposição em aterro, através do controle da metragem cúbica em notas fiscais e do Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR, tais dados foram fornecidos pelo setor de meio ambiente da empresa.

Nesta etapa também foram levantados dados sobre fatores operacionais que influenciam na geração de resíduos, tais dados foram provenientes de observações dos procedimentos

operacionais durante as visitas as instalações do processo industrial e da experiência dos membros do Ecotime.

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

A partir das informações e dados obtidos nas etapas anteriores foram identificadas oportunidades para elaborar uma estratégia de minimização dos resíduos areais de fundição, tais oportunidades estão listadas em uma lista de opções de minimização, as quais foram, nesta etapa, comentadas quanto aos aspectos ambientais, técnicos e econômicos relacionados à sua implementação.

As considerações sobre a viabilidade ambiental das alternativas foram fundamentadas no princípio da não transferência do poluente de um meio para o outro e no atendimento a legislação ambiental.

As considerações técnicas, conforme sugere a metodologia desenvolvida pelo CNTL, foram baseadas nos seguintes critérios:

- Garantia da qualidade do produto;
- Compatibilidade das modificações com os procedimentos operacionais;
- Fluxo de trabalho;
- Taxa de produção;
- Viabilidade de instalação do equipamento
- Tempo de instalação;
- Área disponível.

No caso de opções tecnológicas complexas, o critério adotado foi baseado em informações disponíveis na literatura consultada.

Em relação às considerações sobre viabilidade econômica, dada a sua complexidade e indisponibilidade de recursos, estas se basearam no bom senso e em informações coletadas na literatura sobre os custos envolvidos na implantação de determinadas alternativas.

Convém ressaltar que apesar da identificação de oportunidades, as mesmas ainda não foram implementadas e, portanto não constam como resultado neste trabalho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, são apresentados os resultados, bem como as discussões pertinentes, obtidos nas etapas que compuseram a seqüência de ações da sistemática de implementação do programa de Produção mais Limpa visando à minimização do resíduo de areia de fundição.

5.1 Etapa de Sensibilização, Abrangência do Programa e Formação do Ecotime

A partir do seminário de sensibilização foi obtido o comprometimento gerencial, o qual permitiu que o diagnóstico ambiental fosse discutido e definido o seu escopo. Para tanto foi efetuado um levantamento da situação atual da empresa no que se refere às questões ambientais.

Os principais pontos mencionados pelos Ecotimes foram:

- Implantação de sistema de coleta seletiva de resíduos para todos os setores da empresa;
- 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;
- Controle da quantidade total de resíduos sólidos e líquidos gerados. Não há 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;
- Não havia verificação 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;

- Mistura de diferentes resíduos em containeres;
- Há uma grande quantidade de diferentes resíduos no chão do pátio de sucatas, além da compra de sucata com contaminantes, sendo que uma parte significativa era contaminante;
- Problemas de manutenção de equipamentos, sendo observados vazamentos de areia recuperada dos mesmos;
- Utilização de lixeiras inadequadas para coleta seletiva, causando desta forma mistura de diversos tipos de resíduos que poderiam ser reciclados se estivessem separados.

Após a realização do diagnóstico ambiental ficou evidente a necessidade de realizar um estudo aprofundado da geração de resíduos na empresa, criação de normas e procedimentos ambientais, orientação e treinamentos para os funcionários.

5.2 Estudo do Fluxograma de Processo

Na Figura 5.1 está apresentado o Fluxograma geral da Fundação B, no qual todas as etapas do processo foram identificadas.

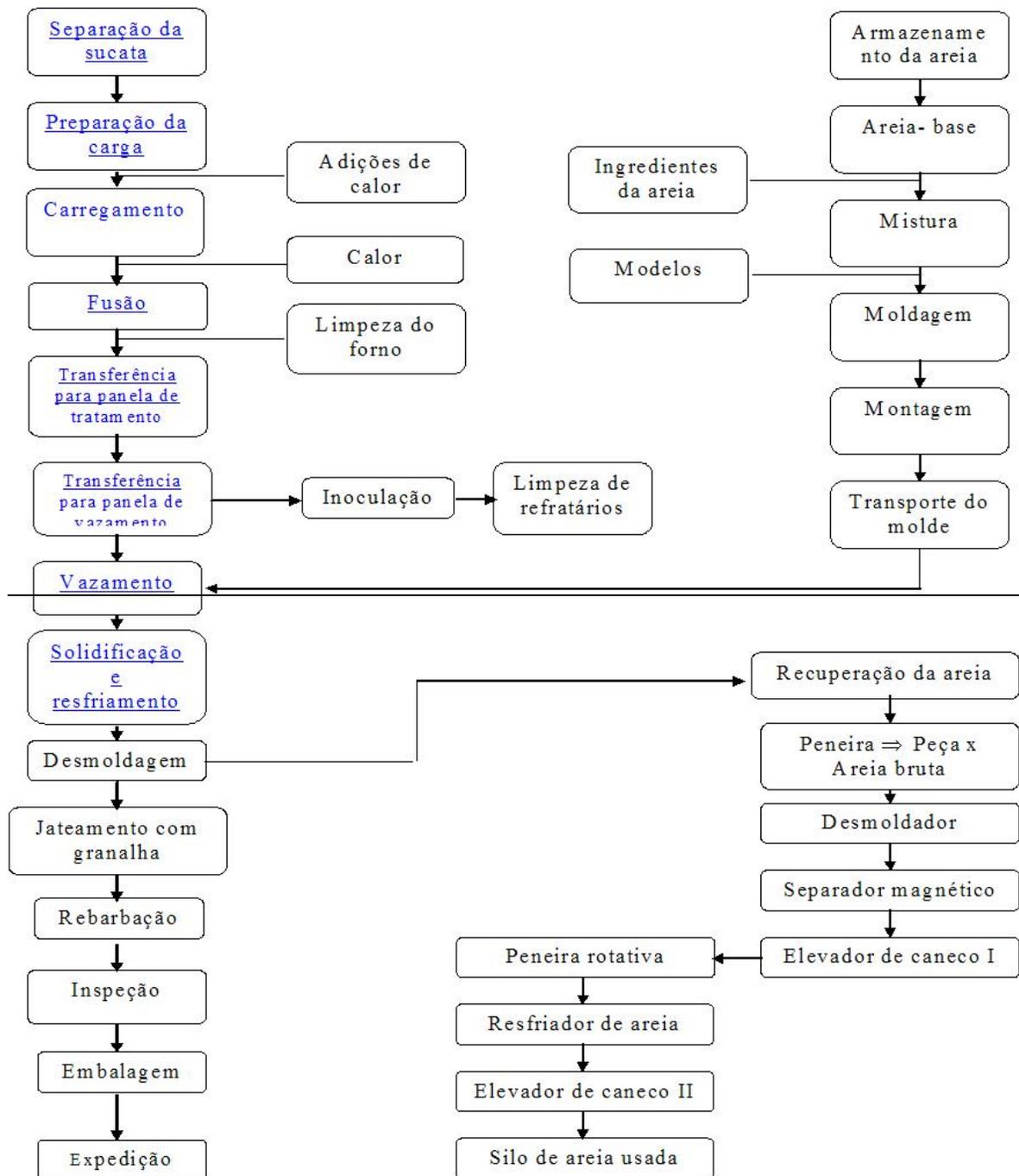


Figura 5.1-Fluxograma detalhado do processo produtivo da Fundição B

A fabricação das peças tem início com a alimentação dos materiais que formam a mistura para a areia de moldagem e com a fusão dos metais que constituem a peça fundida. Na mistura de preparação da areia de moldagem, os constituintes básicos são: areia base, bentonita, carvão, areia de retorno e água. Após a homogeneização desses componentes no misturador, a

areia preparada é transferida para as máquinas de moldagem por meio de esteiras transportadoras. O molde que dá origem à peça é então preparado, e os machos são colocados para ter início à etapa de vazamento do metal. Durante os percursos feitos pelos moldes, desde as máquinas moldadoras até a desmoldagem, ocorre o resfriamento do metal devido à intensa troca térmica entre este e a areia. Na desmoldagem, as peças são separadas da areia. Após a retirada de pequenos pedaços de metal, por meio de um eletroímã, a areia separada é transferida para o resfriador, enquanto que as peças seguem para as etapas de acabamento (granalhadeira, rebarbação e usinagem). Após a passagem pelo resfriador, que funciona como um leito fluidizado juntamente com a adição de água através de bicos aspersores, a areia de retorno é peneirada para a retirada de pequenos metais que não ficaram presos no eletroímã, restos de machos e outros materiais, seguindo, finalmente, para o silo de armazenamento de onde é novamente incorporada à preparação da areia de moldagem. Uma vez efetuada a mistura, são feitas análises em laboratório interno para controle das características da areia. As correções necessárias são realizadas através de variações nas quantidades de materiais que compõem a mistura, baseadas na experiência operacional dos funcionários.

A partir do acompanhamento do processo, dividiu-se o mesmo por setores, onde os quais são apresentados próximo item nos diagramas de blocos com as entradas e saídas de insumos e, produtos e resíduos, respectivamente. Convém ressaltar que nesta etapa além do resíduo areia de fundição foram também identificados os demais resíduos gerados em cada etapa do processo. Estes resultados estão também apresentados.

5.3 Identificação das Fontes Geradoras e dos Tipos de Resíduos, Levantamento Qualitativo e Quantitativo dos Resíduos e Balanço de Massa do Processo de Moldagem

Os Quadros 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4 mostram, respectivamente, os diagramas de blocos qualitativos das etapas de fusão, moldagem, vazamento/desmoldagem e rebarbação, com as entradas e saídas de matéria-prima e insumos, produtos e resíduos de cada etapa do processo, respectivamente.

Quadro 5.1 – Diagrama de blocos qualitativos do setor de fusão considerando as entradas e saídas de materiais e resíduos de cada etapa do processo – balanço de massa qualitativo

ENTRADAS	SEQUENCIA DE ETAPAS – SETOR FUSÃO	SAÍDAS
Matéria-prima: Sucata recebida Insumos: energia elétrica, GLP, EPI's.	Separação da sucata	Produto: sucata separada Resíduos: sucata galvanizada, alumínio, aço inox, pó de oxicorte, serragem contaminada, papel, plástico, lixo orgânico, vassouras, EPI's usados, resíduo de varrição.
Matéria-prima: sucata preparada Insumos: peças de retorno, canais, massalotes, grafite, piritá, ferro gusa, silício, carbetó de silício, manganês, energia elétrica, EPI's.	Preparação da carga	Produto: carga preparada. Resíduos: resíduos de varrição, areia de fundição, vassouras, embalagens de produtos, restos de madeira, EPI's usados.
Matéria-prima: carga preparada. Insumos: energia elétrica, EPI's.	Carregamento	Produto: carga dentro do forno. Resíduos: EPI's usados, vassouras, resíduo de varrição.
Matéria-prima: carga dentro do forno. Insumos: energia elétrica, ferro silício, ferro manganês, água, grafite, refratários, escorificante, argila, silicato, cápsulas de medição de temperatura, EPI's.	Fusão	Produto: metal líquido fundido Resíduos: escória de forno, emissões atmosféricas (CO, CO ₂ , NO _x , SO _x), EPI's usados, cápsulas descartadas, resíduos de varrição.
Matéria-prima: metal líquido fundido. Insumos: silicato, areia de painéis, ferro silício, ferro manganês, sucata de aço, gás GLP, gás oxigênio, energia elétrica, escorificante, EPI's.	Transferência para painéis de tratamento	Produto: ferro líquido tratado, pode ser cinzento ou nodular. Resíduos: areia das painéis, escória de forno, emissões atmosféricas (CO, CO ₂ , NO _x , SO _x), papel, embalagens, EPI's usados.

Matéria-prima: ferro líquido tratado. Insumos: inoculante, areia de panelas, refratários, gás oxigênio, ferro silício, escorificante, energia elétrica, EPI's.	Transferência para panela de vazamento	Produto: ferro líquido inoculado. Resíduos: areia de panelas, refratários, escória, embalagens, EPI's usados, emissões atmosféricas (CO, CO ₂ , NO _x , SO _x).
Matéria-prima: ferro líquido inoculado. Insumos: cápsula de medição de temperatura, refratários, energia elétrica, EPI's.	Limpeza de refratários	Produto: ferro vazado. Resíduos: cápsula usada, emissões atmosféricas (CO, CO ₂ , NO _x , SO _x), refratários, EPI's usados.

Quadro 5.2 – Diagrama de blocos qualitativos do setor de moldagem considerando as entradas e saídas de materiais e resíduos de cada etapa do processo – balanço de massa qualitativo

ENTRADAS	SEQUENCIA DE ETAPAS - SETOR MOLDAGEM	SAÍDAS
Matéria-prima: areia Insumos: -	Recebimento e armazenamento da areia base em silos	Produto: areia base armazenada Resíduos: areia que cai no chão, embalagens big bags.
Matéria-prima: areia base, areia de retorno. Insumos: bentonita nacional, bentonita importada, carvão mineral, energia elétrica, EPI's, água.	Mistura	Produto: areia misturada e pronta para moldagem. Resíduos: resíduos de varrição, areia de fundição, vassouras, embalagens de produtos, EPI's usados, particulados finos, restos de madeira.
Matéria-prima: areia misturada Insumos: energia elétrica, grafite em pó, EPI's, Separol 11.	Moldagem	Produto: molde de areia Resíduos: EPI's usados, vassouras, resíduo de varrição, embalagens de produtos, papel, particulados finos, areia de fundição.
Matéria-prima: molde.	Montagem	Produto: molde montado.

Insumos: machos, filtros, energia elétrica, EPI's.		Resíduos: resíduos de varrição, papel, papelão, EPI's usados.
Matéria-prima: molde e metal líquido fundido. Insumos: energia elétrica, EPI's.	Transporte do molde e vazamento	Produto: ferro vazado dentro do molde. Resíduos: pequenos pedaços de metais, emissões atmosféricas, EPI's usados, resíduo de varrição.

Quadro 5.3 - Diagrama de blocos qualitativos do setor de vazamento e desmoldagem considerando as entradas e saídas de materiais e resíduos de cada etapa do processo – balanço de massa qualitativo

ENTRADAS	SEQUENCIA DE ETAPAS - SETOR VAZAMENTO E DESMOLDAGEM	SAÍDAS
Matéria-prima: ferro vazando no molde montado. Insumos: energia elétrica, EPI's, cápsulas de medição de temperatura.	Vazamento	Produto: ferro líquido vazado. Resíduos: pequenos pedaços de metais, emissões atmosféricas, EPI's usados, resíduo de varrição, cápsulas usadas.
Matéria-prima: peça líquida vazada Insumos: -	Solidificação e resfriamento	Produto: peça solidificada e resfriada no molde. Resíduos: emissões atmosféricas.
Matéria-prima: peça solidificada e resfriada no molde. Insumos: energia elétrica, EPI's.	Desmoldagem	Produto: peça bruta, canais e massalotes. Resíduos: EPI's usados, vassouras, resíduo de varrição, areia de fundição, resíduos metálicos, finos de exaustão.

Quadro 5.4 - Diagrama de blocos qualitativos do setor de rebarbação considerando as entradas e saídas de materiais e resíduos de cada etapa do processo – balanço de massa qualitativo

ENTRADAS	SEQUENCIA DE ETAPAS - SETOR REBARBAÇÃO	SAÍDAS
Matéria-prima: peça bruta. Insumos: energia elétrica, EPI's, granalha de aço.	Jateamento com granalha	Produto: peça granalhada. Resíduos: emissões atmosféricas, EPI's usados, resíduo de varrição, areia de fundição, pós metálicos, papel, papelão, embalagens de produtos diversas, finos de exaustão.
Matéria-prima: peça granalhada. Insumos: rebolos, disco de esmeril, disco de corte, disco de desbaste, lima, energia elétrica.	Rebarbação	Produto: peça rebarbada. Resíduos: emissões atmosféricas, pós metálicos, papel, plástico, resíduos de varrição, finos de exaustão, EPI's usados, vassouras.
Matéria-prima: peça rebarbada. Insumos: energia elétrica, EPI's, óleo solúvel.	Inspeção	Produto: peça inspecionada. Resíduos: EPI's usados, vassouras, resíduo de varrição, papel, papelão, tambores.
Matéria-prima: peça inspecionada. Insumos: energia elétrica, EPI's, plástico, papelão, pallets de madeira, cinta de poliéster, gás GLP, cintas metálicas, etiqueta para identificação.	Embalagem	Produto: peça embalada. Resíduos: EPI's usados, vassouras, resíduo de varrição, papel, papelão, sobras de cintas metálicas, sobras de cintas de poliéster, restos de pallets quebrados.
Matéria-prima: peça embalada e identificada. Insumos: energia elétrica, EPI's.	Expedição	Produto: Peça entregue. Resíduos: EPI's usados, vassouras, resíduo de varrição.

Os principais resíduos gerados inerentes ao processo de fusão conforme apresentado no Quadro 5.1 são: pó de oxicorte, escória, areia de panelas, refratários e areia de fundição. Além destes são gerados resíduos de varrição, de embalagens de matérias-primas, de equipamentos de proteção individual, cápsulas de medição, entre outros.

No processo de moldagem os principais resíduos gerados inerentes ao processo, conforme Quadro 5.2 são: finos de exaustão e lama e lodo do sistema de exaustão. Também são gerados resíduos secundários do tipo: papel, papelão, embalagens de plástico, madeira, varrição, entre outros. Os resultados referentes à quantificação destes resíduos estão apresentados na Tabela 5.4.

Conforme o Quadro 5.3 do diagrama de blocos do setor de vazamento e desmoldagem o principal resíduo gerado inerente a esta etapa é a areia de fundição. Além destes são gerados resíduos metálicos, de varrição e equipamentos de proteção individual.

No setor de rebarbação os principais resíduos gerados conforme o Quadro 5.4 são: areia de fundição, pós metálicos e pó de granalha. Os resíduos secundários são: papel, papelão, equipamentos de proteção individual, embalagens plásticas e pallets de madeira.

Estes resíduos estão sendo segregados na origem, acondicionados, transportados e destinados, conforme o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, o qual faz parte do Manual de Qualidade da empresa, sendo auditado internamente e externamente, segundo as normas ISO 9001 e TS 16949. O Plano de Gerenciamento foi elaborado a partir deste trabalho. O mesmo está apresentado no Anexo C.

5.3.1 Quantificação das Matérias-Primas, Insumos e Produtos Fabricados

A Tabela 5.1 apresenta a quantidade anual de peças de ferro fundido cinzento e nodular fabricadas na Fundição B.

Tabela 5.1 – Tabela de dados de avaliação dos principais produtos da Fundição B

PRINCIPAIS PRODUTOS		
Produtos	Quantidade por ano	Unidade
PEÇAS EM FERRO CINZENTO	8.080.857,70	kg
PEÇAS EM FERRO NODULAR	1.242.425,50	kg

A Fundição B produziu no período do estudo em média mensalmente uma quantidade de 673,40 toneladas de peças fundidas em ferro cinzento e em média 103,53 toneladas de peças fundidas em ferro nodular.

Na Tabela 5.2 estão apresentados os dados da quantificação das principais matérias-primas e insumos que compõem os custos do produto final.

Tabela 5.2 – Quantidade de matérias-primas e auxiliares no período referido

MATÉRIAS-PRIMAS E AUXILIARES					
Material	Quantidade por ano	Unidade	Custo unitário de compra (R\$)	Custo total (R\$)	Participação no custo total do produto (%)
Sucata de aço	7.531.395	kg	0,40/kg	3.012.558,00	65,46 %
Ferro Gusa Nodular*	1.119.734	kg	0,67/kg	750.221,78	28,92 %
Sucata de cobre*	14.556	kg	13,00/kg	189.228,00	0,86 %
Ferro Silício*	8.604	kg	2,4/kg	20.649,60	0,23 %
Ferro Manganês*	320,50	kg	2,2/kg	705,10	0,48 %
Carburante grafite*	8.268	kg	1,3/T	10.748,40	2,06 %
Bentonita nacional*	424.820	kg	0,44/kg	186.920,80	-
Bentonita importada*	295.780	kg	0,52/kg	153.805,60	-
Carvão Mineral pó – Cardif *	280.743	kg	0,45/kg	126.334,35	-
Areia Nova Base 50/60 **	715.137	kg	0,095/kg	67.938,01	4,95%
Areia Nova Base 45/50 **	202.239	kg	0,106/kg	21.437,33	-
Areia Base - recuperada	70.262.210	kg	-	-	-
Pirita	2.071	kg	0,18/kg	372,81	0,39 %
Inoculante cinzento	4000	kg	4,47/kg	17.880,00	0,58 %
Carbeto de silício	44.256	kg	2,50/kg	110.640,00	1,00 %
Escorificante	44.640	kg	0,87/kg	38.836,80	-
Água	-	m ³	-	-	-
Energia fora de ponta	15.856.099,00	kwh	0,181779/kwh	2.882.305,80	21,00 %

* Icms incluso – 12%

** Valores com frete incluso.

Os itens sucata de aço, ferro gusa nodular, sucata de cobre, ferro silício, ferro manganês, carburante grafite, pirita, inoculante cinzento e carbeto de silício, compõem o custo total do produto. A energia fora de ponta e a areia nova base 50/60 representam custos que tem participação no preço do produto, mas não entram na composição de valores.

A partir da quantificação das matérias-primas utilizadas no processo pode-se observar que a sucata de aço é a principal matéria-prima do processo, representando uma participação no custo total do produto de 65,46%. A energia elétrica representa 21,00% do custo total da peça fundida, e a areia base 50/60 representa 4,95 %.

5.3.2 Balanço de Massa do Processo de Moldagem

A partir dos dados disponíveis no processo e da determinação da quantidade de resíduo gerado, elaborou-se o balanço de massa para o fluxo de areia de moldagem na Fundição B.

O Quadro 5.5 apresenta os principais aspectos do processo de produção da indústria em estudo, com ênfase na Fundição B.

Quadro 5.5 – Dados operacionais do processo de produção da Fundição B

Dados operacionais	Fundição B
Materiais utilizados e sua composição (em %) na massa total de areia de moldagem preparada	Areia nova – 0,50 – 1,00 % Areia de retorno – 98,25 – 98,75 % Carvão – 0,25 % Bentonita – 0,50 %
Sistema de moldagem	Automática
Sistema de fusão	Forno a indução
Sistema de vazamento	Semi-automático
Sistema de resfriamento	Resfriador de leito fluidizado
Sistema de separação modelo-peça	Mesa vibratória
Volume de produção mensal	780.000 kg
Sistema de exaustão da central de areia	Abrange somente o resfriador
Sistema de lavagem de pó	Composta de um lavador de pó

O balanço de massa foi obtido considerando a seguinte equação:

$$A = B - C + D + E, \text{ onde:}$$

A = todas as entradas, no caso todas as quantidades em kg de matérias-primas e insumos do processo de moldagem (areia nova, bentonita, carvão e areia de retorno);

B = resíduo de areia de fundição e resíduo da exaustão úmida (lodo e lama) (kg/dia);

C = areia que sai na limpeza das peças (kg/dia);

D = areia de retorno (kg/dia)

E = acúmulo no silo de areia de retorno (kg/dia)

Substituindo os termos da equação temos:

[areia nova (12 kg/carga) + bentonita (6 kg/carga) + carvão (3 kg/carga) + areia de retorno (1.179 kg/carga)] * 415 cargas/dia = [resíduo de areia (14.826 kg/dia) – areia que sai na limpeza das peças + areia de retorno (489.285 kg/dia) + acúmulo no silo de areia de retorno]

[498 t/dia **] = [504,11 t/dia – areia que sai na limpeza das peças (valor não disponível) + acúmulo no silo de areia de retorno (valor não disponível)]

**Cada carga tem 1200 kg e por dia são em média misturadas 415 cargas.

5.3.3 Descrição do Processo de Geração de Resíduos

Os resíduos areias de fundição, de uma forma geral, são normalmente provenientes de pedaços de moldes que se desagregam durante o trajeto e caem no chão, assim como vazamentos de equipamentos, do pó coletado por meio do sistema de exaustão, do sistema de lavagem de pó, do processo de limpeza (granalhadeira), além do esvaziamento parcial do silo de armazenamento de areia de retorno.

Uma das etapas que geram resíduos areias de fundição é o sistema de exaustão de finos, ponto 10 na Figura 5.2. O manuseio da areia de moldagem desde o processo de desmoldagem, onde se separa a areia da peça de ferro fundido até o retorno ao silo de areia de retorno, gera-se uma quantidade considerável de finos, ou seja, partículas muito pequenas (entre 35 e 75 microns) que precisam ser coletadas por meio de um sistema de exaustão. O processo de remoção de finos da Fundição B coleta o pó somente do resfriador e do misturador de areia que o envia diretamente

ao único lavador de pó do setor, deixando outras áreas de produção de finos sem acesso ao referido sistema.

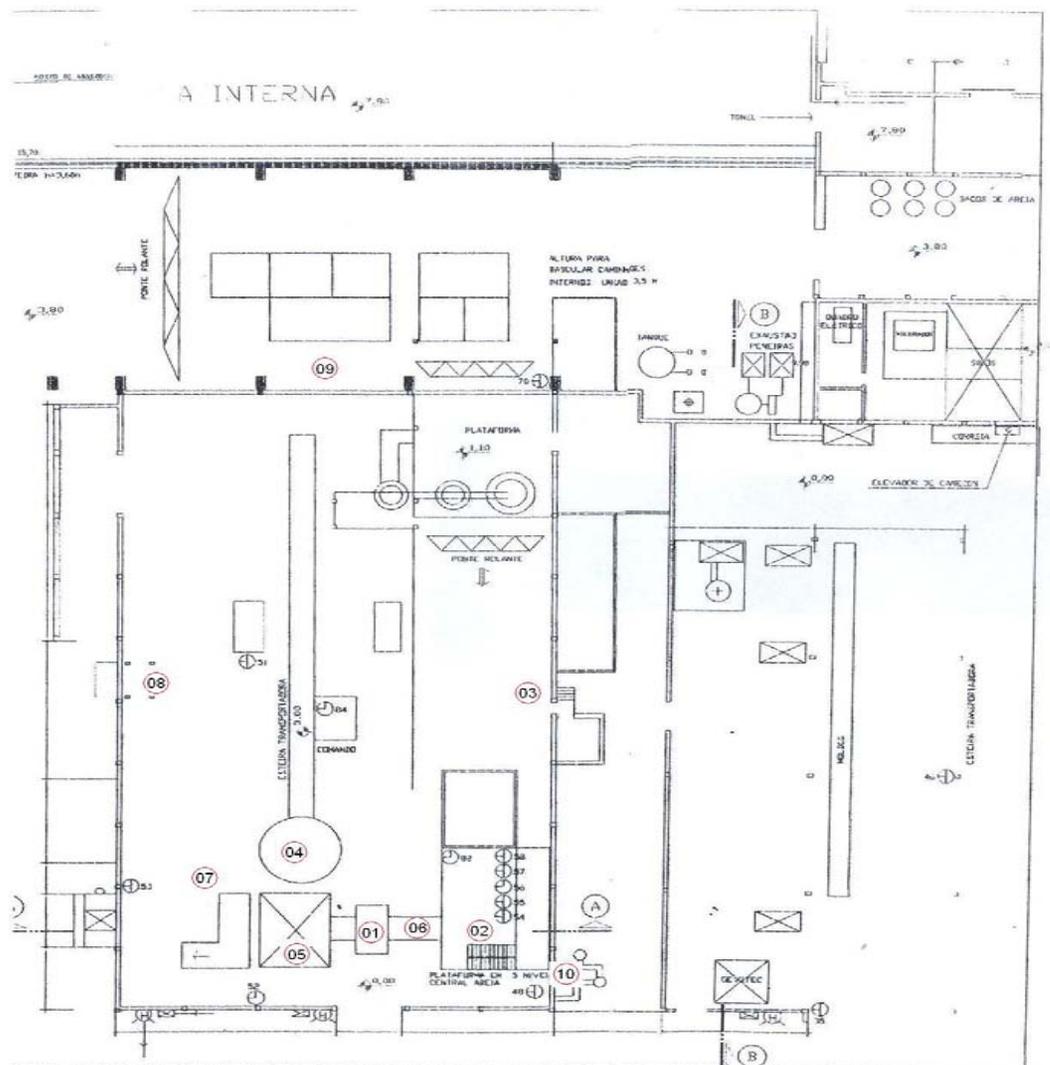
Este fato constitui um dos responsáveis pelo aumento da geração de resíduos, devido a: 1) favorecer a dispersão de pó na atmosfera dentro e em volta das instalações, 2) alterar a granulometria da areia de retorno, exigindo a necessidade do uso de maior quantidade de areia nova para garantir as especificações da mistura na moldagem.

Após a coleta do pó pelo sistema de exaustão esse é lavado por meio de um lavador de pó, que consiste num hidro-filtro no qual o pó é arrastado pela linha de exaustão entrando pela parte inferior do equipamento, passando através de uma chapa perfurada, onde há uma coluna d'água situada acima que efetua a lavagem. A água que sai pelo ladrão vai para a caixa do raspador, retornando para a parte superior do hidro-filtro por meio da bomba de recirculação, que trabalha continuamente ligada. O lodo e a lama que saem da lavagem cai em uma caçamba e são levados ao depósito intermediário de resíduos.

Esse equipamento apresenta claramente ineficiência operacional. Frequentemente, é necessária manutenção, pois os tubos de saída de ar enchem de lama, bem como a tubulação que leva água para o reservatório, entopem, inclusive, a bomba pneumática responsável pelo transporte do líquido.

O fluxograma da Figura 5.2 e o Quadro 5.6 identificam e informam sobre as causas dos pontos de geração e de coleta do resíduo de areia de fundição nas instalações industriais.

Pode-se observar, por exemplo, a contribuição de fatores como o vazamento em equipamentos para o aumento na geração de resíduo, bem como a necessidade de manutenção e operacionalização adequadas, no setor de produção industrial.



GERAÇÃO DE RESÍDUOS - FUNDIÇÃO B

PONTO	RESÍDUO
01	Metais do separador magnético
02	Finos de areia
03	Areia que cai das correias transp.
04	Areia que cai das correias transp.
05	Finos de areia da desmoldagem
06	Areia que cai das correias transp.
07	Areia da varrição da fábrica
08	Pó da granalhadeira
09	Escória do forno
10	Lodo e lama do sistema de exaustão

Figura 5.2 – Planta baixa da Fundição B identificando os pontos de geração e de coleta de resíduos

Após a identificação e a coleta de informações foi elaborado o Quadro 5.6, com os pontos de geração e de coleta de resíduos da Fundação B.

Quadro 5.6 – Pontos de geração e coleta de resíduos de areia da Fundação B

Identificação dos pontos de geração	Causas da geração
1. Caçambas com peças de refugo que são viradas no chão do pátio de sucata, possuem muita areia dentro.	Má separação da areia do metal, problemas no separador magnético.
2. Caçambas de coleta de metais junto ao separador magnético (eletroímã).	Ineficiência do sistema de separação de metais – muita areia na caçamba junto com os metais.
3. Área em torno do misturador, silos e correia transportadora de areia de moldagem.	Vazamento do equipamento. Procedimento de alimentação de material errôneo.
4. Área em torno do leito fluidizado.	Vazamento do equipamento.
5. Esteira de transporte de areia de retorno – diversos pontos.	Vazamento do equipamento. Falta de manutenção no equipamento.
6. Área próxima à peneira.	Vazamento do equipamento.
7. Em baixo da peneira vibratória da desmoldagem.	Transbordamento de areia da calha da peneira vibratória do equipamento.
8. Na frente das máquinas de moldagem.	Derramamento de areia no momento de descarga de areia do silo para as máquinas de moldagem.
9. Área em torno da caçamba de finos da granalhadeira.	Procedimento de coleta dos finos e troca das caçambas.
10. Muita areia no ar e no piso em toda a fábrica.	Ineficiência na exaustão da central de areia e dos fornos.
11. Área em baixo dos elevadores de caneca.	Vazamento nos elevadores de caneca.
12. Área em torno do lavador de pó.	Ineficiência do lavador gerando lama e lodo em excesso.
Pontos de coleta de resíduos	Causa
01.Caçamba de coleta de metais embaixo do	Metais separados da areia de retorno, muita

separador magnético.	areia junto a estes metais.
02. Caçamba de coleta de areia do elevador de canecas.	Vazamento nos elevadores de canecas.
03. Caçamba de coleta de areia das correias transportadoras.	Queda de areia das esteiras transportadoras. Vazamento de diversos equipamentos.
04. Caçamba de coleta de areia das correias transportadoras.	Queda de areia das esteiras transportadoras. Vazamento de diversos equipamentos.
05. Caçamba de coleta de finos de areia na desmoldagem.	Exaustão do sistema.
06. Caçamba de coleta de areia das correias transportadoras.	Queda de areia das esteiras transportadoras. Vazamento de diversos equipamentos.
07. Caçamba de coleta de areia de varrição.	Queda de areia no chão da fábrica. Vazamento de diversos equipamentos. Sedimentação do pó disperso na atmosfera do ambiente.
08. Caçamba de coleta de pó da granalhadeira.	Processo de limpeza das peças, gera finos no sistema de exaustão.
09. Caçamba de coleta de escória dos fornos.	Retirada de impurezas do metal fundido e areia agregada às peças de retorno.
10. Caçamba de lodo e lama do sistema de lavagem do pó de exaustão.	Sistema de exaustão a úmido.

5.3.4 Resultados Relativos aos Levantamentos Quantitativos do Resíduo Areia de Fundição

O Anexo 1 mostra o modelo de tabela utilizada na determinação da quantidade de resíduo gerado nos 10 pontos listados abaixo e os resultados do levantamento estão expostos na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Quantificação dos resíduos por ponto de coleta na Fundição B

Ponto de coleta de resíduo	Número médio de caçambas coletadas em cada ponto por dia	Volume da caçamba (m ³)	kg de resíduo/dia
01	2	0,5	*
02	1	0,5	600
03	3	0,5	1.800
04	1	0,5	600
05	2	2,6	6.240
06	2	0,5	1.200
07	< 1	2,6	1.032
08	< 1	2,6	1.032
09	1	2,6	2.938
10	< 1	2,6	3.354
Total do resíduo areia de fundição	-	-	14.826
Total resíduo de areia de fundição, escória e pós-metálicos.	-	-	18.796

* Este ponto de coleta não foi quantificado.

Período de coleta dos dados: 06/12/04 a 13/12/04.

A Figura 5.3 ilustra o percentual de contribuição para a quantidade total de resíduo gerado em cada ponto de coleta. A partir destas informações identificam-se os pontos 03, 05, 06,

09 e 10, como sendo os maiores contribuintes para o volume total de resíduo coletado. Tais dados ajudam a priorizar as áreas de estudo e busca de soluções de minimização, em concordância com a metodologia da UNIDO-CNTL Programas de Produção mais Limpa.

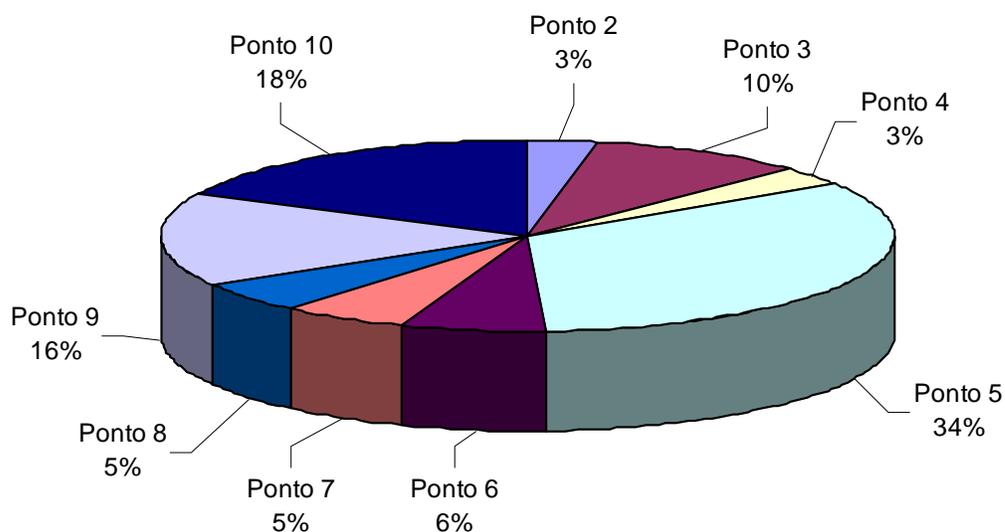


Figura 5.3 – Percentual de coleta de resíduo na Fundição B

Na Figura 5.3 é possível verificar que os quatro maiores pontos geradores do resíduo areia de fundição são os pontos 03, 05, 06 e 10, os quais estão representados através de fotos nas Figuras 5.4 e 5.5. No ponto 09 são coletados os resíduos de escória gerados no forno da fusão, por este motivo eles não estão sendo contabilizados.



(a)



(b)

Figura 5.4 – Fotos dos principais pontos geradores de resíduos areias de fundição na Fundição B.

(a) Foto do ponto 05 – nesse ponto são gerados finos do processo de desmoldagem. (b) Foto do ponto 06 – nesse ponto é coletada a areia que cai da correia transportadora



(a)



(b)

Figura 5.5 - Fotos dos principais pontos geradores de resíduos areias de fundição na Fundição B. (a) Foto do ponto 03 – nesse ponto é coletada a areia que cai da correia transportadora.. (b) Foto do ponto 10 – nesse ponto é coletado o lodo e a lama do processo de exaustão a úmido.

Convém ressaltar, que nos pontos 03 e 06 uma das prováveis causas da geração do resíduo areia de fundição é a falta de manutenção e otimização do processo de transporte da areia até o silo de armazenamento. Este fato constitui uma oportunidade simples de melhoria enquadrada no nível 1 dos níveis de Produção mais Limpa, que envolve uma modificação no processo aplicando boas práticas operacionais (*good housekeeping*).

Na Tabela 5.4 estão listados e quantificados os principais resíduos gerados, conforme os diagramas de blocos qualitativos dos setores apresentados no item 5.3.

A0020	Resíduo gerado fora do processo industrial (orgânico, banheiros, varrição não perigoso)	76,80	m ³	-	2.841,60	-	2.841,60
A0040	Sucata de metais ferrosos	224.000,00	T	89.600,00	-		
A0050	Sucata de metais não ferrosos	12.832,00	T	5.132,80	-		
A0060	Resíduo de papel/papelão	10,78	T	-	-	1.940,40	1.940,40
A0071	Resíduo plástico – filmes e pequenas embalagens	5,60	T	-	-	1.400,00	1.400,00
A0170	Resíduo de refratário	374,56	T	37.456,00	29.215,93	-	66.671,93

Segundo o acompanhamento do controle de pesagem dos caminhões e através da emissão de nota fiscal e MTR – Manifesto de Transporte de cada carga com resíduo que saiu para disposição em aterro industrial, o valor da quantidade de resíduo sólido coletado nas Fundições A e B, no período, é de 17.025,60 T. Sendo que deste total 13.155,46 T são de resíduos de areias de fundição, o que corresponde a 76,5 % do total gerado, o restante está dividido entre escória de fundição 10,5%, refratário 5,5%, pós metálicos 6,9%, resíduos perigosos diversos 0,5%, EPI's contaminados 0,2%. A geração da Fundição B representa 40% do total de resíduos gerados pela empresa, portanto 5.262,16 T de areia são gerados na Fundição B, conforme ilustrado nas Figuras 5.6, 5.7, 5.8 e 5.9.

Na Tabela 5.4 estão também listados os custos referentes à compra da matéria-prima e a disposição do resíduo. É importante observar os custos elevados com disposição e a perda de matéria-prima não processada englobada nestes resíduos. Estes dados estão de acordo com Furtado (2001), que afirma que a contabilização dos custos não demonstra o quanto representam os gastos envolvendo as questões ambientais, pois, a gestão contábil não apura quais são os gastos reais nessa área. E que entre tantos itens envolvidos destacam-se os gastos com uso

ineficiente de matérias-primas, gestão de resíduos antes da destinação e descarte, tratamento final dos resíduos, multas e outras despesas.

Além disso, Matos (1997) em seu estudo verificou dificuldades na coleta de informações precisas relativas aos custos da empresa, sendo um dos fatores mais importantes os dados de custos indiretos.

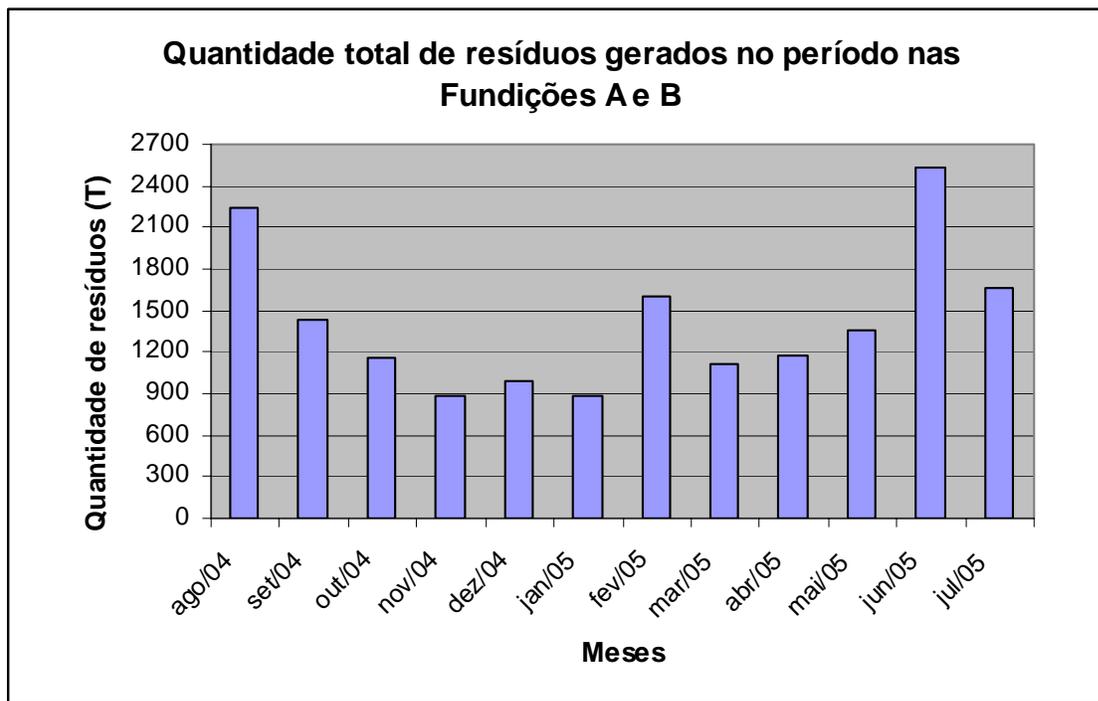


Figura 5.6 – Quantidades total de resíduos (areia de fundição, escória, refratários, pós metálicos, resíduos perigosos diversos, finos) gerada e descartada no período de 01/08/04 a 31/07/05, em toneladas.

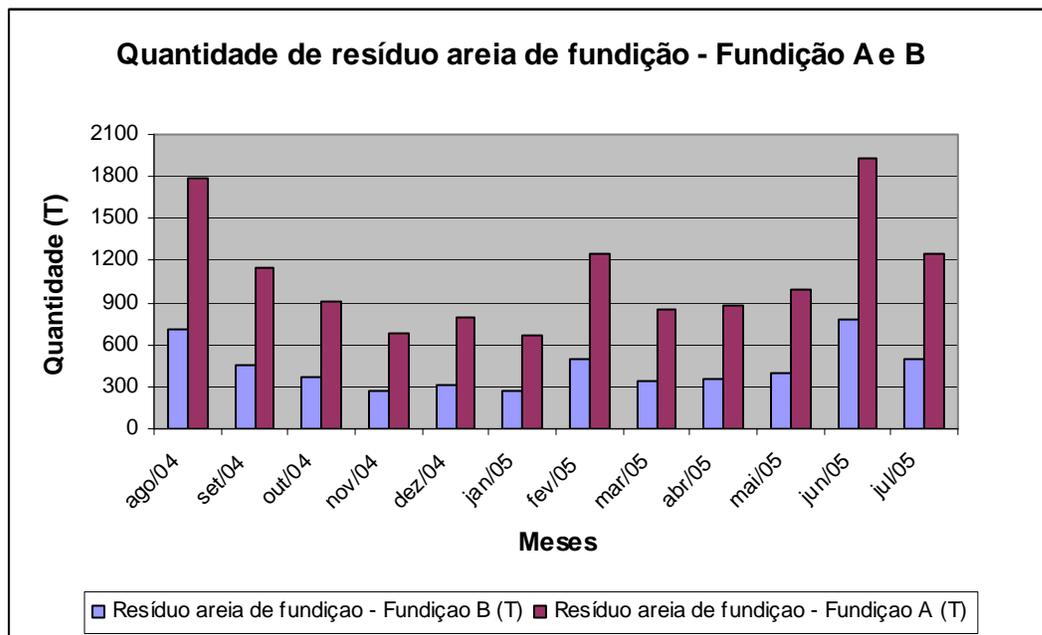


Figura 5.7 – Quantidades do resíduo areia de fundição gerada na Fundição B e comparativamente na Fundição A e B.

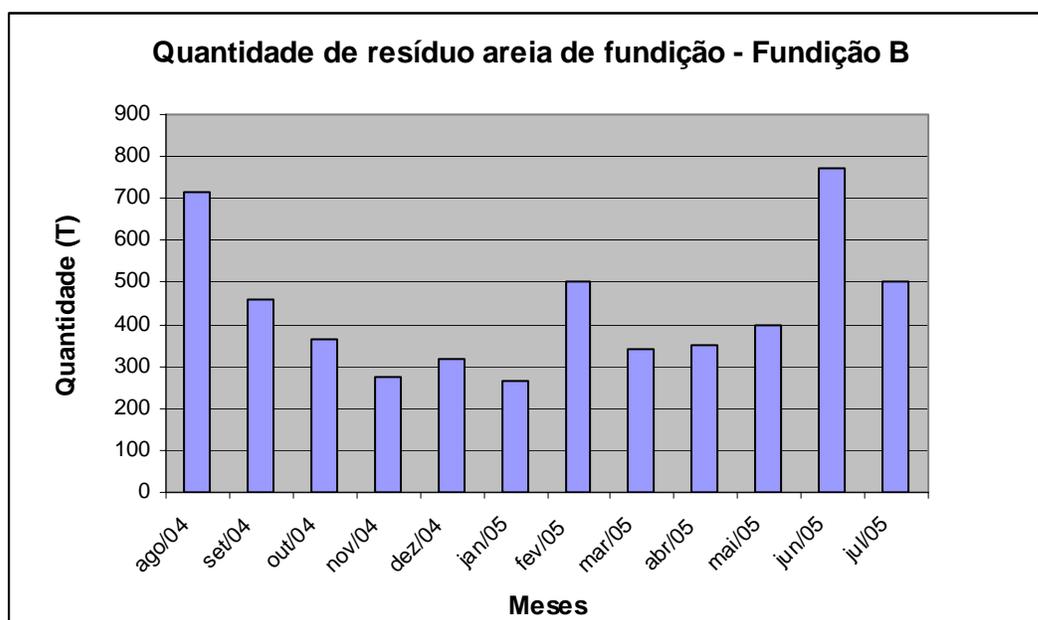


Figura 5.8 – Quantidade em toneladas do resíduo areia de fundição gerada no período na Fundição B.

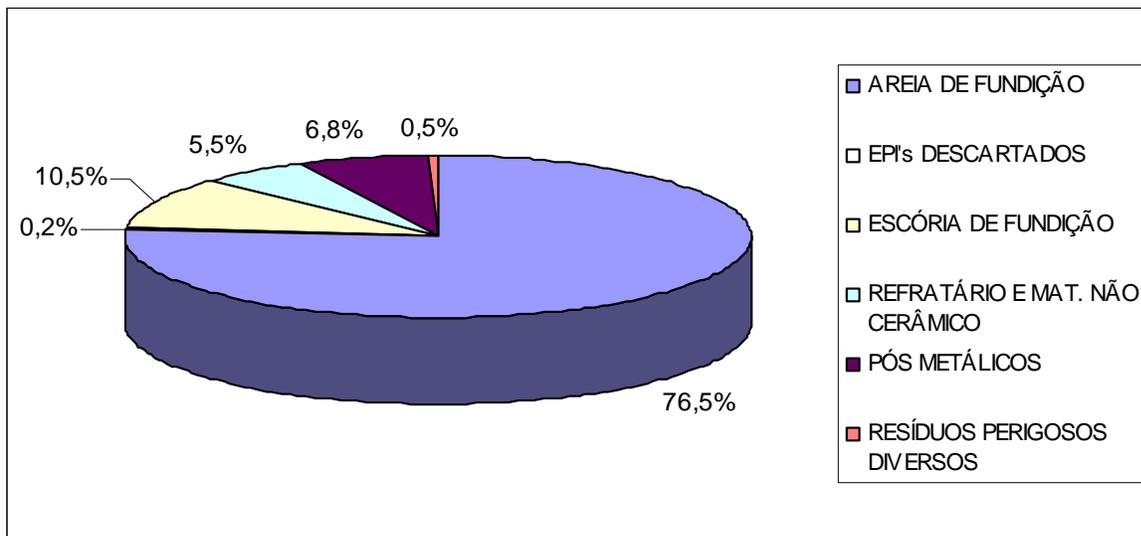


Figura 5.9 – Porcentagem de resíduos do total.

Na Figura 5.6 está apresentado por mês a quantidade total de resíduos gerados nas fundições A e B. Observa-se que nos meses de agosto de 2004, fevereiro e junho de 2005, a geração de resíduos teve um aumento significativo em relação aos demais meses do ano. Comparando esta figura com as Figuras 5.7 e 5.8 pode-se constatar que o principal constituinte dos resíduos na empresa são as areias de fundição, e que as mesmas representam 76,5% conforme apresentado na Figura 5.9. A quantidade gerada do resíduo areia de fundição é um reflexo direto do processo produtivo. Na Figura 5.8 este fato pode ser observado, contudo constata-se que nos meses de agosto de 2004 e junho de 2005 a quantidade de resíduo gerado foi maior do que o comportamento do processo. Este fato se explica pela retirada de um passivo ambiental armazenado na empresa que nesses meses foi destinado a aterro industrial.

A partir dos dados de geração de resíduos e de produção de ferro fundido gerou-se a Figura 5.10 que relaciona a quantidade total do resíduo areia de fundição (t) pela quantidade total de ferro fundido bruto produzido (t) no período de 01/08/04 a 31/07/05 mensalmente.

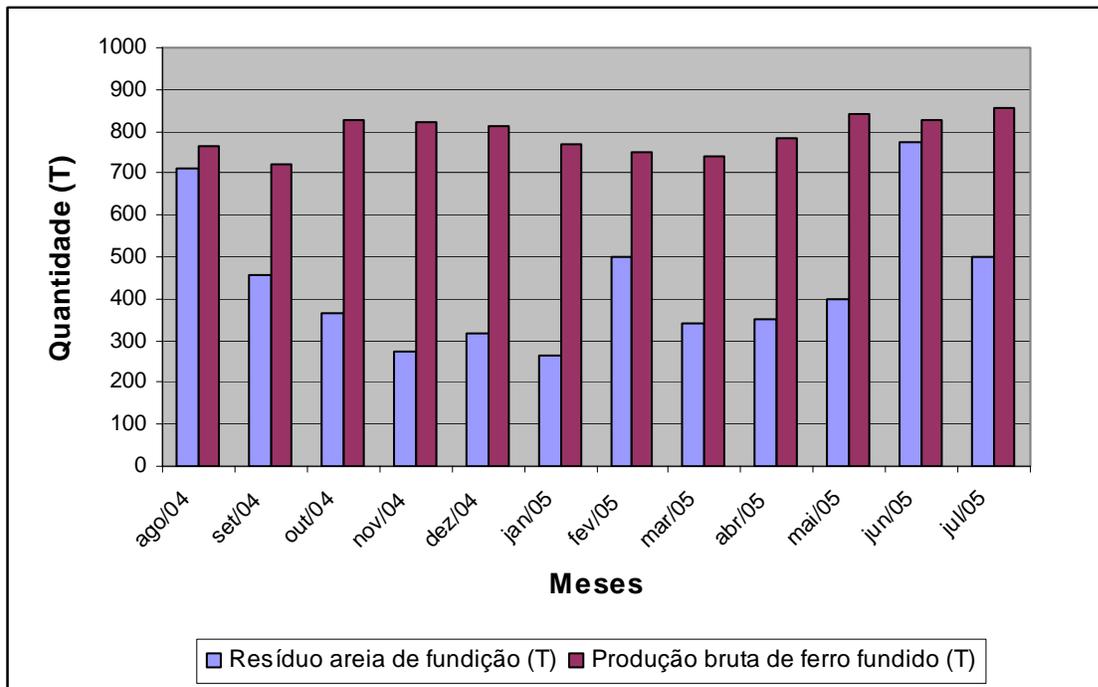


Figura 5.10 – Relação entre a quantidade de ferro fundido bruto produzido pela quantidade de resíduo areia de fundição.

Calculando a média dos 12 (doze) meses entre as quantidades de ferro fundido bruto produzido e resíduo areia de fundição e fazendo o cálculo da relação entre elas obtém-se uma relação de 2:1. Em outras palavras cada tonelada de peças de ferro fundido produzido gera meia tonelada de resíduo.

Cardoso (2004) identificou os Indicadores de Produção Limpa. Dentre estes pelo Princípio da Prevenção o indicador quantidade de resíduos sólidos gerados por unidade de produto (t/t). Este foi um dos indicadores utilizados neste trabalho.

5.4 Identificação das Oportunidades de Minimização de Resíduos e Avaliação Ambiental, Técnica e Econômicas das Oportunidades:

No Quadro 5.7, a seguir, é apresentado uma lista de oportunidades de minimização de resíduo areia de fundição e dos principais resíduos gerados, fundamentada nas informações elaboradas nas etapas anteriores, bem como considerações sobre a viabilidade técnica, ambiental e econômica das mesmas.

Quadro 5.7 – Lista de oportunidades de minimização do resíduo areia de fundição.

OPORTUNIDADES	JUSTIFICATIVA	CONSIDERAÇÕES			PRAZO DE IMPLEM.	NÍVEIS DE P+L
		AMBIENTAIS	TÉCNICAS	ECONOMICAS		
Pesquisa e desenvolvimento de soluções para a diminuição da quantidade de areia nova utilizada no processo.	Redução da geração de resíduo. Otimização do processo. Redução de custos.	Alto desempenho ambiental em face de eliminação ou redução de um dos fatores-chaves na geração do resíduo.	A viabilidade técnica depende do desenvolvimento das pesquisas.	Alto custo.	Longo prazo.	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	Médio prazo.	Nível 2 – Reciclagem interna.
Reutilização da lama e do lodo dos lavadores de pó da exaustão.	Reuso deste material no misturador de areia. Redução do volume descartado de resíduo.	Alto desempenho ambiental.	Relativo desempenho técnico devido a algumas dificuldades operacionais, depende de desenvolvimento de pesquisas.	Médio custo.	Médio prazo.	Nível 1 e 2 – Reciclagem interna por modificação no processo e parcial substituição de matérias-primas.
Doação de areia usada para outras fundições.	Reaproveitamento do resíduo como matéria	Desempenho ambiental baixo devido a	Tecnicamente viável, mas depende de estudos.	Baixo custo.	Baixo prazo.	Nível 3 – Reciclagem

		CONSIDERAÇÕES				
	prima em outro processo.	transferência do resíduo de um lugar para outro.				externa.
Substituição do lavador de pó ou otimização de seu desempenho.	Redução da quantidade de finos na atmosfera e resíduo de varrição. Redução de homem/hora utilizados na limpeza da máquina e do setor.	Relativo desempenho ambiental.	Tecnicamente viável	Médio custo.	Médio prazo.	Nível 1 – Redução na fonte através de modificação no processo com mudança de tecnologia.
Aproveitamento da água dos lavadores para adição de água no processo.	Reaproveitamento da água e de matéria prima. Redução da geração de efluentes líquidos.	Alto desempenho ambiental devido a economia de água, recurso natural escasso na natureza.	Tecnicamente viável.	Baixo custo.	Médio prazo.	Nível 2 – Reciclagem interna.
Diminuição da quantidade de areia agregada às peças na desmoldagem.	Redução do volume de areia coletado nas caçambas da granalhadeira. Melhoria de controle das propriedades da areia de retorno. Redução na formação de escória, devido a menor quantidade de areia nas	Alto desempenho ambiental devido a diminuição de dois resíduos – areia e escória.	Tecnicamente viável, porém necessita de desenvolvimento de pesquisas.	Médio custo.	Longo prazo.	Nível 1 – redução na fonte com modificação no processo através de mudança tecnológica.

		CONSIDERAÇÕES				
	peças que retornam e nos canais. Aumento da vida útil da granalhadeira e redução no consumo de granalha de aço.					
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.	Longo prazo.	Nível 3 – Reciclagem externa – uso e reuso do resíduo em outro processo.
Alteração no sistema de coleta, armazenamento temporário e segregação dos resíduos.	Separação dos diversos tipos de resíduos, para uma melhor destinação final, com possível venda de alguns resíduos ou reutilização. Limpeza e organização dos setores da fábrica e do depósito temporário.	Alto desempenho ambiental.	Simples operacionalização, dependendo de treinamento, portanto viável tecnicamente. Já está implantado na empresa o <u>Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – Anexo 3.</u>	Baixo custo.	Médio prazo.	Nível 1 – redução na fonte com modificação de processo aplicando boas práticas operacionais (<i>good housekeeping</i>).
Melhoria na separação da	Diminuição da geração de	Desempenho ambiental	Opção simples e, portanto	Baixo custo.	Curto prazo.	Nível 1 –

		CONSIDERAÇÕES				
areia e das peças de retorno e também das caçambas de armazenamento das peças para retorno.	escória devido a presença de areia agregada as peças. Diminuição da geração de resíduo de areia no setor de fusão. Limpeza de vários setores.	bom.	sem dificuldades técnicas.			redução na fonte com modificação de processo aplicando boas práticas operacionais (<i>good housekeeping</i>).
Adoção de um sistema de gerenciamento ambiental fundamentado na prevenção de resíduos.	Redução da geração de resíduos. Atendimento a exigências legais e de clientes. Otimização do processo produtivo. Minimização da geração de resíduos.	Alto desempenho ambiental.	Tecnicamente viável.	Médio custo.	Médio prazo.	Nível 1 – redução na fonte com modificação de processo aplicando boas práticas operacionais (<i>good housekeeping</i>).
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.	Alto desempenho ambiental em face de redução das emissões atmosféricas e conseqüentemente redução da geração de resíduos.	Tecnicamente viável,	Alto custo.	Médio prazo.	Nível 1 – redução na fonte com modificação no processo através de mudança tecnológica.

		CONSIDERAÇÕES				
	<p>Melhor organização e limpeza dos setores.</p> <p>Redução de homem/hora utilizada para limpeza.</p> <p>Diminuição nas reclamações de vizinhos.</p> <p>Cumprimento de exigências do órgão ambiental.</p>	<p>Melhora da imagem da empresa diante dos vizinhos e órgão ambiental.</p>				
<p>Implantação do sistema de exaustão de particulados dos fornos de fusão.</p>	<p>Controle das emissões de particulados internamente e externamente a empresa.</p> <p>Evitar e diminuir reclamações de vizinhos.</p> <p>Melhor organização e limpeza.</p> <p>Melhorias nas condições de trabalho.</p> <p>Cumprimento de exigências do órgão ambiental.</p>	<p>Alto desempenho ambiental em face de se alcançar uma significativa redução na emissão de particulados.</p> <p>Melhora da imagem da empresa diante dos vizinhos e órgão ambiental.</p>	<p>Tecnicamente viável.</p>	<p>Alto custo.</p>	<p>Médio prazo.</p>	<p>Nível 1 – redução na fonte com modificação no processo através de mudança tecnológica.</p>
<p>Eliminação de vazamentos de equipamentos (correias</p>	<p>Redução da quantidade de resíduos coletados por vazamentos e problemas</p>	<p>Bom desempenho ambiental devido a eliminação de um fator</p>	<p>Completamente viável, pois depende somente de manutenção da empresa.</p>	<p>Baixo custo.</p>	<p>Curto prazo.</p>	<p>Nível 1 – redução na fonte com modificação</p>

		CONSIDERAÇÕES				
transportadoras, elevador de canecas, etc.)	de manutenção. Diminuição da necessidade de limpeza da área. Redução de homem/hora no trabalho de limpeza. Diminuição no consumo de matérias-primas e insumos.	de grande contribuição para a poluição do ambiente de trabalho e desperdício de material. Redução da geração de resíduos.				de processo aplicando boas práticas operacionais (<i>good housekeeping</i>).
Melhoria do procedimento de troca de caçambas de coleta de resíduos.	Evita vazamentos e diminui os procedimentos de limpeza em torno da caçamba. Redução de homem/hora no trabalho de limpeza.	Bom desempenho ambiental, devido a contribuição para a limpeza do ambiente.	Tecnicamente viável, pois depende de conscientização e treinamento dos operadores de empilhadeira.	Baixo custo.	Curto prazo.	Nível 1 – redução na fonte com modificação de processo aplicando boas práticas operacionais (<i>good housekeeping</i>).
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.	Curto prazo.	Nível 1 – redução na fonte com modificação de processo aplicando boas práticas

		CONSIDERAÇÕES				
						operacionais (<i>good housekeeping</i>).
Melhorias no separador magnético.	Ineficiência do sistema de separação de metais – muita areia na caçamba junto com os metais. Prevenção na geração de escória.	Relativo desempenho ambiental, pois reduz a quantidade de escória gerada e utiliza melhor a areia de moldagem.	Tecnicamente viável, dependendo de melhor manutenção ou troca do equipamento.	Baixo custo.	Curto prazo.	Nível 1 – redução na fonte com modificação de processo aplicando boas práticas operacionais (<i>good housekeeping</i>).
Utilização de sucatas mais limpas e apropriadas para o processo. A partir de treinamentos e capacitação dos fornecedores de sucata.	A sucata estando suja aumenta o volume de escória gerada. Recebem-se junto com a sucata diversos tipos de resíduos, que a empresa assumi o custo da destinação. Geração de emissões atmosféricas.	Relativo desempenho ambiental, pois reduz a quantidade de escória gerada e diminui as emissões atmosféricas.	Tecnicamente viável, depende somente de treinamento e capacitação dos envolvidos.	Baixo custo.	Médio prazo.	Nível 1 – redução na fonte com modificação de processo aplicando a substituição de matérias-primas, através da escolha de matérias-primas com menor teor de impurezas e

CONSIDERAÇÕES						
						com menor possibilidade de gerar subprodutos.
Secagem do lodo e da lama antes do envio a aterro industrial.	Redução do volume de resíduos enviados para aterro industrial.	Alto desempenho ambiental em face da redução da quantidade de resíduo enviada a aterro.	Tecnicamente viável.	Médio custo.	Médio prazo.	Nível 1 – redução na fonte através de mudança de tecnologia aplicada.

O Quadro 5.7 nos 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 – Implementação de Programas de Produção mais Limpa (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 contínua e otimização de soluções para os problemas ambientais da organização.

As alternativas de mudança de tecnologia, como por exemplo, implantação do sistema de exaustão de particulados dos fornos de fusão, são as que apresentam melhor desempenho ambiental, por reduzirem o poluente na fonte, e por promover significativa redução do volume do resíduo.

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.

5.4.1 Limitações Encontradas no Estudo de Caso

As dificuldades encontradas no decorrer da realização deste trabalho foram de ordem conceitual, organizacional, técnicas, econômicas, política, educacionais e legislativas.

Outros fatores que também geraram dificuldade para aquisição de dados e na implementação total do programa, foram os listados abaixo:

Quadro 5.8 – Limitações encontradas divididas em sub-categorias.

LIMITAÇÕES	SUB-CATEGORIAS
1. Conceituais	<ul style="list-style-type: none"> • Resistência à mudança, por parte de alguns membros do Ecotime. • Falta de percepção por parte da alta direção (coordenadores e gerentes) do esforço relacionado à implantação do programa de produção mais limpa;
2. Organizacionais	<ul style="list-style-type: none"> • Abrangência limitada das ações ambientais dentro da empresa; • Falta de engajamento no programa pelos três turnos, o que gerou uma quebra da rotina criada entre os próprios membros dos ecotimes para a coleta de dados; • Dificuldade dos funcionários de se reunirem fora do horário de trabalho para a realização de reuniões, sem contrapartida da empresa; • Estrutura organizacional inadequada e sistema de informação incompleto; • Experiência limitada com o envolvimento dos empregados em projetos da empresa; • Falta de estrutura ambiental dentro da empresa; • Como o programa estava sendo implantado somente na Fundação B, isso gerou um descontentamento por parte dos membros dos ecotimes, pois estes não viam um comprometimento dos outros colegas;
3. Técnicas	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de precisão nos valores coletados, sendo algumas vezes estes repetidos, por se achar que não haveria mudanças de um dia para outro, gerando baixo índice de confiabilidade; • Necessidade de adequação da metodologia desenvolvida pelo CNTL de implementação à empresa, sendo a metodologia muito complexa, em função de especificidades do processo e organização da fundição estudada; • Acesso limitado à informação técnica mais adequada à empresa bem como desconhecimento da capacidade de assimilação destas técnicas pela empresa;
4. Econômicas	<ul style="list-style-type: none"> • Total desconhecimento do montante real de custos ambientais da empresa; • Alocação incorreta dos custos ambientais aos setores onde são gerados;
5. Financeiras	<ul style="list-style-type: none"> • Percepção incorreta de que investimentos em P+L representam um risco financeiro alto devido à natureza inovadora destes projetos;

	<ul style="list-style-type: none"> • Foco exagerado na produção sem a avaliação da geração de resíduos;
6. Políticas	<ul style="list-style-type: none"> • Foco insuficiente em P+L nas estratégias ambientais, tecnológicas, comerciais e de desenvolvimento industrial;

Nesse sentido, Matos (1997, p. 93) fez algumas observações em seu trabalho quanto aos aspectos educacionais, políticos e legislativos, são elas:

[...] a falta de conscientização da importância de aplicação de esforços em prevenção de resíduos por parte do pessoal envolvido na organização, bem como a visão do resíduo como lixo e não como matéria-prima e energia em potenciais, geram dificuldades na obtenção de dados para a elaboração de pesquisas e, por extensão, no desenvolvimento de soluções em redução de poluentes e obtenção de recursos para implementação. Este aspecto parece estar intimamente relacionado com o sistema produtivo atual que, fundamentado nos critérios capitalistas, tem suas ações regidas pelas necessidades deste sistema. Para muitos, o gerenciamento ambiental não faz parte, ainda, dessas ditas necessidades. Assim sendo, os órgãos reguladores e políticos cometem um grave erro ao deixarem de exercer seu poder de criação de necessidades ambientalmente corretas, influenciando e incentivando o desenvolvimento e efetivação de atitudes de prevenção de resíduos.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

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 da metodologia de Produção mais Limpa desenvolvida 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. Esta etapa também permitiu que o diagnóstico ambiental fosse discutido e definido o seu escopo.

Os resíduos areias de fundição gerados no período de agosto de 2004 a julho de 2005 no processo produtivo da empresa, englobado pelas Fundições A e B, perfazem um total de 13.155,46 T, o que corresponde a 76,5 % do total gerado, o restante está dividido entre escória de fundição 10,5%, refratário 5,5%, pós metálicos 6,9%, resíduos perigosos diversos 0,5%, EPI's contaminados 0,2%. A geração da Fundição B representa 40% do total de resíduos gerados pela empresa, portanto 5.262,16 T de areia são gerados na Fundição B.

Dentre os pontos de maior geração da Fundição B estão os pontos 03 – caçamba de coleta de areia que cai nas correias transportadoras, 05 – caçamba de coleta de finos do processo de desmoldagem, 06 – caçamba de areia que cai na correia transportadora e 10 – caçamba de coleta de lama e lodo do sistema de exaustão. Nos pontos 03 e 06 a causa principal de geração é a falta de manutenção e otimização do processo de transporte da areia até o silo de armazenamento. Este fato constitui uma oportunidade simples de melhoria enquadrada no nível 1 dos níveis de Produção mais Limpa, que envolve uma modificação no processo aplicando boas práticas operacionais (*good housekeeping*).

A relação entre a quantidade de ferro fundido bruto produzido e o resíduo areia de fundição é de 2:1. Em outras palavras cada tonelada de peças de ferro fundido produzido gera meia tonelada de resíduo.

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.

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.

Buscando dar continuidade a pesquisa desenvolvida no presente trabalho, sugere-se a elaboração de pesquisas que englobem:

- 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 eficiência energética do processo, visto que esse insumo representa 21% do custo do produto para a empresa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABETRE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS. Panorama das Estimativas de Geração de Resíduos Industriais. São Paulo. Abril. 2003.
2. ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. **Manual de Regeneração e Reuso de Areias de Fundição**. São Paulo, 1999.
3. ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. Workshop sobre descartes de areia de fundição – **Plano integrado para tratamento dos descartes de areia de fundição**. São Paulo. Mai. 1996.
4. AMARAL, A.P. **Contabilidade Ambiental e Produção mais Limpa**. Disponível na internet em: <<http://www.pmaisl.com.br.html>>, jun. 2002. 2 p.
5. ANDRADE, J.C.S.; MARINHO, M.M.O.; KIPERSTOK, A. **Diretrizes para uma política nacional de meio ambiente focada na produção limpa: elementos para discussão**. Bahia Análise & Dados, Salvador, v.10, n.4, p.326-332, mar.2001.
6. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004 – Resíduos Sólidos – Classificação**. Setembro, 1987, 33p.
7. BEREZIN, I. Processo de fundição em casca. Histórico. Generalidades. Resinas. Areias. Misturas. Processos de Recobrimento. Placas de aquecimento. Alimentação. Fabricação de machos. Ponto 13. In: **Fundição**. 10^o edição. Associação Brasileira de Metais – ABM, São Paulo, 1978.
8. BONIN, A.L.; ROSSINI, A.J. **Reutilização da areia preta de fundição na construção civil**. Limeira, 1994. CESET – UNICAMP.
9. BONET, I.I. **Valorização do resíduo areia de fundição (RAF). Incorporação nas massas asfálticas do tipo C.B.U.Q.** Florianópolis, 2002. 131 P. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal Santa Catarina.
10. BRADASCHIA, C. **Métodos usuais de se dar formas aos metais**. Importância relativa da fundição, suas peculiaridades, vantagens e desvantagens. Aula nº 1. In: Curso de Fundição de Ligas Não-Ferrosas. Associação Brasileira de Metais-ABM, 3^o edição, São Paulo, 1974.

11. CAMPOS FILHO, M.P. **Solidificação e fundição de metais e suas ligas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1978.
12. CASTRO NETO, P.P. **Minimização de resíduos**. In: I Seminário Internacional de Gestão e Tecnologias de Tratamento de Resíduos. Anais. São Paulo, p.10-14.1991.
13. CARDOSO, LIGIA MARIA FRANÇA. **Indicadores de Produção Limpa: uma proposta para análise de relatórios ambientais de empresas**. Salvador-Ba, 2004, 155p.
14. CNTL. **ECOPROFIT – Produção mais limpa e minimização de resíduos**. Porto Alegre, CNTL/SENAI-RS/UNIDO/UNEP, vol.1. 1998. 48 p.
15. CNTL. **Implementação de programas de produção mais limpa**. Porto Alegre, CNTL/SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 2003.42 p.
16. DIEHL, M.D. **Planejamento da Regeneração de Areias de Fundição**. 51º Congresso Anual da ABM . Porto Alegre. 1996.
17. D’ELBOUX, F.A. **Minimização de descarte de areias de fundição**. Santa Bárbara d’oeste, 2000. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Metodista de Piracicaba.
18. EPA. **Toxics release inventory, office of pollution prevention and toxics**. U.S. Environmental, 1990.
19. FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental. **Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais**. Porto Alegre, 2003.
20. FINARDI, J. Técnica de fundição em casca. Sua aplicabilidade as ligas consideradas. Aula nº 16. In: **Fundição de ligas não ferrosas**. 3º edição. Associação Brasileira de Metais – ABM, São Paulo, 1974.
21. FURTADO, J.S. **Produção Limpa**. Disponível na internet em:<<http://www.teclim.ufba.br/jsfurtado.html>>, nov. 2001. 2 p.
22. GOMES OLIVEIRA, M.T. *et al.* Indústria de Fundição – Segmento de peças para o setor automotivo. Junho. 1996.
23. GREENPEACE. O que é produção limpa? Disponível na internet em:<<http://www.greenpeace.org.br.html>>, 2003. 12 p.
24. GUIDES TO POLLUTION PREVENTION. **Metal Casting and Heat Treating Industry**. EPA/625/R-92/009. Washington, USA. Sept. 1992.
25. KIPERSTOK, Asher *et al.* **Prevenção da poluição**. Brasília: SENAI/DN, 2002.290p.

26. KIPERSTOK, Asher. **Tecnologias limpas – porque não fazer já o que certamente virá amanhã.** Revista Tecbahia, 2002.
27. LEIDEL, D.S. Pollution prevention: the options. Castespo 96 and 10th AFS casting congress. 1996.
28. LERIPIO, A.A. **GAIA: Um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais.** Florianópolis, 2001, 161 p. Tese (Doutorado) - Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
29. LO RÉ, V. Areias de fundição. Generalidades. Classificação. Técnica de preparo. Componente. Tintas e revestimentos. Ensaio e Controle. Composição e aplicação de areias e tintas. Ponto 8. In: **Fundição.** 10^o edição. Associação Brasileira de Metais – ABM, São Paulo, 1978.
30. MARIOTTO, C.L. Estudo das areias para confecção de moldes e machos, composição, propriedades, aplicações, métodos de ensaio. Aula n^o 13. In: **Fundição de ligas não ferrosas.** 3^o edição. Associação Brasileira de Metais – ABM, São Paulo, 1974.
31. MARIOTTO, C.L.; BONIN, A.L. **Tratamento dos descartes de areia.** Revista Fundição e matérias-primas. mar/abr. 1996. p.28-32.
32. MARIOTTO, C.L. **Regeneração de areias: Como selecionar um processo?.** São Paulo: Instituto de Pesquisas tecnológicas – IPT. 2000.
33. MARIOTTO, C.L. **Regeneração de areias: uma tentativa de discussão sistemática.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. São Paulo. 2000.
34. 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.
35. MOURA, L.A.A. **Qualidade e Gestão Ambiental.** 3^o edição, São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2002.
36. MORAES, C.A.M. (Org.). **Apostila de fundição I.** Apostila da disciplina Eng 06620, vol.1.abr. 2000.
37. NEWTON, J. **Setting up a waste minimization program.** Pollution Engineering. 1990. abr. p. 75-80.
38. NONATO FILHO. O. O controle da poluição ambiental na fundição. Revista Fundição e Matérias-primas. Ano 10, n^o94, nov-dez. 1988. p.67-74.

39. OECD. **Climate change: mobilising global effort**. Washington, D.C.: Organization for Economic Co-operation and Development, 1997.
40. RECUSANI FILHO, A. Estudo das operações de vazamento. Desmoldagem e rebarbação. Aula nº 24. In: **Curso de Fundição de Ligas não Ferrosas**. Associação Brasileira de Metais – ABM, 3. ed. São Paulo, 1974.
41. SIEGEL, M. Processos de fundição: generalidades, considerações gerais sobre a escolha do processo, importância relativa dos diversos processos. Ponto 7. In: **Fundição**. 10ª edição. Associação Brasileira de Metais – ABM, São Paulo, 1978.
42. SOUZA, L.E. **Aposta na Limpeza**. Revista Pequenas Empresas Grandes Negócios. Dez. 2002. 5 p.
43. TACHIZAWA, T.; CARVALHO, A.B. **Gestão Ambiental – Enfoque Estratégico Aplicado ao Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2002.
44. TEIXEIRA, C.E. **Ensaio de tratabilidade de resíduo sólido industrial – areia fenólica: isolamento, identificação e seleção de fungos filamentosos**. São Paulo, 1993. 108 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Universidade de Campinas.
45. TOCHETTO, M.R.L. **Resíduos Sólidos Industriais: Gerenciamento e Destinação Final – Módulo I**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – Seção RS, 2000. 73p.
46. VALLE, C.E. **Qualidade Ambiental: ISO 14000**. São Paulo: Editora Pioneira, 2002.
47. WASTE MINIMIZATION OPPORTUNITY ASSESSMENT MANUAL. EPA/625/7-88/003. Ohio, USA, jul, 1988.

ANEXO B

Dados de consumo de bentonita e carvão mineral do período de julho de 2004 a agosto de 2005.

CONTROLE DO CONSUMO MENSAL DE BENTONITA E CARVÃO MINERAL DA FUNDIÇÃO B NO PERÍODO DE AGOSTO/04 A JULHO/05

Mês	Bentonita nacional (kg)	Bentonita importada (kg)	Quantidade total nacional + imp.(kg)	Número de caixas feitas	Quantidade média em cada caixa (kg/caixa)	Carvão mineral pó (kg)
Agos/04	30.650	21.150	51.800	87.810	0,59	28.672
Set/04	32.875	22.100	54.975	82.170	0,67	15.960
Out/04	38.975	24.690	63.665	94.816	0,67	24.388
Nov/04	32.575	24.770	57.345	90.768	0,63	27.916
Dez/04	24.625	29.290	53.915	68.554	0,79	20.944
Jan/05	36.350	24.160	60.510	82.917	0,73	23.056
Fev/05	37.850	23.850	61.700	81.932	0,75	17.164
Mar/05	30.950	25.100	56.050	89.642	0,63	23.296
Abr/05	37.845	20.510	58.355	83.447	0,70	14.051
Mai/05	42.250	28.880	71.130	89.972	0,79	30.658
Jun/05	39.025	25.760	64.785	87.861	0,74	28.188
Jul/05	40.850	25.520	66.370	91.270	0,73	26.450

Dados de consumo de ferro gusa e sucata da Fundação B no ano de 2004 e 2005.

**CONTROLE DO CONSUMO MENSAL DE FERRO GUSA E SUCATA DE AÇO DA
FUNDAÇÃO B NO PERÍODO DE AGOSTO/04 A JULHO/05**

Mês	Ferro Gusa (kg)	Sucata de aço (kg)	%
Ago/04	72.300	558.280	11,47
Set/04	100.250	581.870	14,70
Out/04	128.200	650.995	16,45
Nov/04	121.900	687.420	15,06
Dez/04	76.220	555.990	12,06
Jan/05	108.770	550.250	16,50
Fev/05	111.950	558.785	16,69
Mar/05	93.944	578.880	13,96
Abr/05	114.675	532.070	17,73
Mai/05	75.485	586.195	11,41
Jun/05	20.910	761.920	2,67
Jul/05	17.040	789.350	2,11
Média	70.265	571.240	-

Acompanhamento de indicadores de produção da Fundação B.

**ACOMPANHAMENTO DE INDICADORES DE PRODUÇÃO DA FUNDIÇÃO B NO
PERÍODO AGOSTO/04 A JULHO/05**

Mês	Produção bruta (T)	Produção líquida (T)	Refugo (T)	Percentual de Refugo (%)	Total de caixas/ mês	Média de caixas/dia	Média de tonelada produzido/ dia	Dias úteis
Agos/04	763,10	739,30	23,80	3,12	87.810	2.993	26,00	29
Set/04	719,30	694,50	24,80	3,45	82.170	3.120	27,30	26
Out/04	827,90	798,20	29,70	3,59	94.816	3.160	27,60	30
Nov/04	820,10	775,10	45,00	5,49	90.768	3.025	27,30	30
Dez/04	810,8	780,80	30,00	3,70	88.765	2.958	27,00	30
Jan/05	771,30	726,60	44,60	5,79	82.917	2.763	25,70	30
Fev/05	748,50	698,70	49,80	6,66	80.743	2.883	26,70	28
Mar/05	739,80	681,10	58,70	7,94	81.932	2.731	24,70	30
Abr/05	785,30	726,00	59,20	7,54	83.447	2.877	27,10	29
Mai/05	840,30	791,20	49,10	5,84	89.972	3.049	28,50	29,5
Jun/05	826,70	785,40	41,30	4,99	87.861	2.928	27,60	30
Jul/05	857,30	805,90	51,40	6,00	91.270	2.992	28,10	30,5

ANEXO C



SISTEMA DA
QUALIDADE

JUN / 05

PB0001

PROCEDIMENTOS

**PLANO DE GERENCIAMENTO
DE RESÍDUOS**

SUMÁRIO:

DOCUMENTOS COMPLEMENTARES
DEFINIÇÕES
COMPETÊNCIAS
CLASSIFICAÇÃO POR NATUREZA E CORES
DOS RESÍDUOS
LISTAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS PARA
DISPOSIÇÃO TEMPORÁRIA
COLETA E DISPOSIÇÃO EM PONTOS
INTERNOS AOS PRÉDIOS
ENVIO DE RESÍDUOS PARA
ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA NAS
INSTALAÇÕES INTERNAS
ENVIO DE RESÍDUOS PARA INSTALAÇÕES
EXTERNAS
ANEXOS

Fonte: Metalcorte
Revisão: 00
Data: 06/05
Redator: Glademir Campos

14
páginas

Objetivo e Aplicação: Esta Norma define os procedimentos para identificar, segregar, acondicionar, descartar, e direcionar para disposição os resíduos gerados pela Metalcorte Metalurgia Ltda – Fundição, de forma a facilitar a destinação final, minimizar impactos e atender as exigências de controle ambiental. Também definem qual a documentação pertinente para manuseio interno, transporte e tratamento final de cada tipo de resíduo. Aplica-se a todas as fontes geradoras de resíduos da Unidade Fundição, abrangendo Resíduos classe – I – perigosos, Resíduos classe – II A – não inertes e Resíduos classe – II B – inertes.

1 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 10006 – Solubilização de resíduos;

NBR 10007 – Amostragem de resíduos;

NBR 10004 – Resíduos sólidos – classificação;

NBR 13221 – Transporte Terrestre de Resíduos;

NBR 12235 – Armazenamento de resíduos sólidos perigosos;

NBR 11174 – Armazenamento de resíduos classe II – não inerte e III – inertes.

Resolução Conama 09/93 – dispõe sobre a destinação de óleos lubrificantes usados.

Resolução Conama 275/01 – dispõe sobre as cores da coleta seletiva.

2 DEFINIÇÕES

2.1 Resíduo

Qualquer material de geração inevitável com o uso da tecnologia atual, resultante de operações humanas e ou operação industrial e sem utilidade futura.

2.2 Resíduo sólido

Qualquer sólido ou semi-sólido, resultante das atividades industriais, sem utilização futura na fabricação de um produto ou serviço.

2.3 Classificação de resíduos

É o estabelecimento das características de periculosidade do resíduo incluindo toxicidade, corrosividade, inflamabilidade e reatividade, utilizando-se métodos de amostragem e analíticos indicados na legislação e normas técnicas.

2.4 Resíduos classe I . Perigosos

São resíduos que apresentam risco a saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou incidência de doenças, e/ou riscos ao meio ambiente, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada. Estes resíduos podem apresentar uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Estes resíduos estão referenciados na Norma NBR 10004.

2.5 Resíduos classe II A. Não inertes

Estes resíduos podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – perigosos ou de resíduos classe II B – inertes.

2.6 Resíduos classe II B. Inertes

Quaisquer resíduos que quando amostrados de forma representativa (NBR 10007) e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização (NBR 10006), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos adões de potabilidade de água.

2.7 Resíduo reciclável

São materiais que após uso podem retornar ao ciclo de produção industrial, agrícola ou artesanal para serem reutilizados.

2.8 Reciclagem

É o processo de reintrodução de resíduos no ciclo de produção, fazendo que após alguma transformação o mesmo venha a ter valor sócio-econômico.

2.9 Fonte geradora

É qualquer processo, sub-processo, unidade, área, ou equipamento da unidade Fundação, cujo negócio ou atividade gere resíduos.

2.10 Minimização

É qualquer atividade com o objetivo de reduzir a quantidade de resíduos gerados ou a sua toxicidade, incluindo redução na fonte e reciclagem.

2.11 Coleta seletiva

Sistema de segregação e recolhimento de resíduos recicláveis, previamente separados na fonte geradora.

2.12 Tratamento

É qualquer método, técnica ou processo, inclusive incineração, utilizado para transformar um resíduo perigoso em não perigoso ou menos perigoso, ou para dele recuperar energia ou outros materiais.

2.13 CRS - Central de resíduos sólidos

É o pavilhão coberto localizado próximo a Fundação B, dotada de pátio e depósito para estocagem temporária de resíduos perigosos ou não.

2.14 CRL - Central de resíduos líquidos

É o pavilhão coberto localizado próximo ao almoxarifado de produtos químicos, que serve para estocagem temporária de resíduos líquidos perigosos ou não.

2.15 CLF- Central de lâmpadas fluorescentes

É o pavilhão coberto localizado ao lado do almoxarifado de produtos químicos, que tem por objetivo estocar temporariamente as lâmpadas fluorescentes queimadas até posterior envio para descontaminação.

2.16 Depósito Intermediário

É o pavilhão coberto localizado próximo a usinagem, que tem por objetivo armazenar temporariamente os resíduos gerados em quantidades grandes, como por exemplo, areia de fundição, finos de exaustão, lodo de exaustão, machos quebrados, refratários de forno, entre outros.

2.17 Ponto de Coleta Seletiva

Pontos de coleta de pequeno porte com conjunto de coletores disponibilizados nos postos de trabalho ou próximos destes, na área industrial, na praça de alimentação, nos postos de café e água, nas entradas dos prédios e no pátio.

2.18 CODECA

Empresa de limpeza pública de Caxias do Sul, responsável pelo aterro sanitário.

2.19 PGR – Plano de Gerenciamento de Resíduos

Este plano é um documento baseado nos princípios da responsabilidade da fonte geradora com a não geração de resíduos, minimização da geração, reciclagem, transporte e destinação adequada. Deve ser atualizado anualmente.

2.20 FEPAM – Fundação estadual de proteção ambiental

Órgão do governo do estado do Rio Grande do Sul responsável pelo controle e fiscalização ambiental.

2.21 Órgão de Controle Ambiental

Instituição governamental responsável pelo gerenciamento do meio ambiente. Pode ser federal, estadual ou municipal.

2.22 Co-processamento

Queima de resíduos em fornos de clínquer com o reaproveitamento energético e incorporação das cinzas resultantes no produto final.

3 COMPETÊNCIAS

3.1 Compete ao Coordenador de Meio Ambiente

Aprovar as modificações propostas a esta norma e seus anexos.

3.2 Compete ao time de meio ambiente

3.2.1 Propor modificações a esta norma;

3.2.2 Buscar desenvolver melhor alternativas de tratamento/destinação de resíduos;

3.2.3 Assessorar os setores da Unidade Fundição no cumprimento dos dispositivos legais quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos conforme diretrizes do PGR;

3.2.4 Classificar os resíduos sólidos gerados na **Unidade Fundição** segundo critérios da NBR 10.004, e definir a destinação final para os mesmos;

3.2.5 Requerer a FEPAM a autorização para confecção do MTR – Manifesto de Transporte de

Resíduos Perigosos e controlar o envio para instalações externas através da emissão deste;

3.2.6 Expedir e controlar a emissão de MTRs – Manifesto de Transporte de Resíduos Perigosos, fichas e envelopes de emergência;

3.2.7 Gerenciar a destinação dos resíduos, garantindo o cumprimento de leis e condicionantes da Licença de operação;

3.2.8 Identificar e avaliar instalações e ou empresas que possam receber para tratamento e ou disposição final, os resíduos gerados nas atividades da **Unidade Fundição**;

3.2.9 Inspeccionar as fontes geradoras quanto à segregação dos materiais recicláveis e não recicláveis;

3.2.10 Divulgar os resultados e criar mecanismos de incentivo para melhoria continua da coleta seletiva;

3.3 Compete a fonte geradora

3.3.1 Desenvolver estudos, propor e executar, procedimentos ou modificações de projetos na fonte geradora, visando a não geração ou redução do volume gerado do resíduo, e tornando-o, quando possível menos perigoso para o transporte e destinação final;

3.3.2 Solicitar ao setor de meio ambiente, quando necessário, a emissão dos documentos necessários para o transporte de resíduos, tais como, MTR, notas fiscais, fichas de emergência e envelopes de emergência.

3.3.3 Executar/orientar a coleta, segregação, acondicionamento e transporte do resíduo, responsabilizando-se pelo mesmo até a **C.R.S, C.R.L , C.L.F ou depósito intermediário** para os resíduos enviados para estocagem temporária.

3.3.4 Garantir a remoção de todos os resíduos de forma segura, definindo em suas rotinas de trabalho a proteção à saúde do homem e ao meio ambiente.

3.3.5 Informar previamente ainda na fase de planejamento quando da geração de resíduos em larga escala.

COR AZUL: Utilizada para resíduos de papel reciclado. Classificados como classe II A.

3.3.6 Executar a segregação dos resíduos Classe II B, conforme a orientação da coleta seletiva, conforme anexo **Anexo I**.

COR VERDE: Utilizada para resíduos de vidro. Classificados como classe II A.

3.3.7 Orientar os executantes / usuários quanto à localização e uso adequado dos coletores de resíduos existentes na área sob sua responsabilidade.

COR PRETA: Para resíduos orgânicos. Classificados como classe II A.

3.3.8 Manter as estruturas dos pontos de coleta seletiva, fazendo substituição dos coletores quando for necessário.

COR VERMELHA: Resíduos de plástico reciclável. Classificados como classe II A.

3.3.9 Orientar os funcionários quanto aos procedimentos da coleta seletiva, inclusive quanto as localizações dos pontos de coleta seletiva nas áreas de sua responsabilidade.

COR AMARELA: Para resíduos de metais. Classificados como classe II A.

3.3.10 Participar das campanhas de educação e incentivo para o sucesso e a sustentabilidade da coleta seletiva.

COR CINZA: Para resíduo perigoso classe I e resíduos não recicláveis ou contaminados em geral.

COR LARANJA: Para resíduo perigoso classe I e resíduos não recicláveis ou contaminados em geral (utilizado somente em alguns setores)

3.4 Compete ao Setor de Almoxarifado

COR BRANCA: Utilizada para resíduos do ambulatório médico, classificados como classe I.

3.4.1 Armazenar e enviar para higienização segura os EPIs e uniformes, utilizados e ou obsoletos.

Nota 01: A responsabilidade pela correta identificação de cada resíduo no respectivo recipiente, nas áreas administrativas, técnicas ou fabris, é dos gerentes, coordenadores, ou do monitor da área geradora, que devem orientar os colaboradores e prestadores de serviço.

3.4.2 Participar das campanhas de educação e incentivo para o sucesso e a sustentabilidade da coleta seletiva.

Nota 02: Todos são responsáveis pela correta disposição e segregação dos resíduos, conforme as identificações.

3.5 Compete ao Setor de Enfermaria

3.5.1 Acondicionar e armazenar temporariamente e de forma adequada os resíduos gerados nos procedimentos internos de saúde.

3.5.2 Acionar a empresa de incineração quando da necessidade de remoção e transporte do resíduo para destinação final.

5 LISTAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

5.1 A Empresa Metalcorte Metalurgia Ltda – Unidade Fundição

É constituída de Sistemas Operacionais que atuam de forma integrada gerando como produto peças em ferro fundido e ferro cinzento para o mercado consumidor. Nesta conjuntura são bem definidas as atuações operacionais, técnicas e adm

4 CLASSIFICAÇÃO POR NATUREZA E CORES DOS RESÍDUOS

nistrativas que ocorrem junto aos Sistemas Operacionais. A seguir são citados os Sistemas e áreas de maior geração de resíduos e que possuem disposição temporária ou coleta de resíduos:

- a) Administração geral
- b) Engenharia
- c) Expedição
- d) Fusão A
- e) Fusão B
- f) Macharia manual
- g) Macharia *Shell*
- h) Macharia *Cold-Box*
- i) Manutenção
- j) Meio Ambiente
- k) Modelaria
- l) Moldagem B
- m) Moldagem de carcaças
- n) Moldagem manual
- o) Moldagem GV3
- p) Moldagem pesada
- q) Qualidade
- r) Rebarbação A
- s) Rebarbação B
- t) Almojarifado
- u) Usinagem

5.1.1 No **Anexo II** encontra-se uma listagem com a descrição de todos os resíduos sólidos gerados na **Unidade Fundição**, apontando a forma de acondicionamento e as responsabilidades internas e as responsabilidades pelo destino final.

6 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS PARA DISPOSIÇÃO TEMPORÁRIA

6.1 Disposição temporária de resíduos sólidos

A frequência de coleta expressa o período máximo para coleta dos resíduos sólidos, podendo ocorrer a qualquer momento coletas em períodos menores ou quando se fizer necessário.

6.1.1 Seguir conforme **Anexo III**.

6.2 Depósito intermediário

O depósito intermediário armazena provisoriamente as caçambas de 2,6 m³ contendo os seguintes resíduos: areia de fundição não fenólica, refratários de forno, finos de exaustão, pó de caldeira e lodo do sistema de captação de material particulado.

A **frequência de coleta** neste depósito é de três vezes por dia ou mais conforme a geração.

7 COLETA E DISPOSIÇÃO EM PONTOS INTERNOS AOS PRÉDIOS

7.1 Para a coleta dos resíduos do processo operacional, consideramos a necessidade de coletores junto às máquinas do processo ou em postos de trabalho manuais. Os coletores encontram-se junto a estes postos ou mesmo acoplados diretamente aos equipamentos geradores de resíduos sólidos.

7.2 Todos os resíduos coletados devem ser dispostos nos coletores próprios para as características destes resíduos, conforme citado no item 5 **Anexo II**.

7.3 Nos Sistemas cujas atividades são técnicas e administrativas, são utilizados coletores (cestos de lixos) que identificam o tipo de resíduo pela cor do saco plástico utilizado nestes coletores, conforme itens 4.

7.3.1 Em áreas de maior fluxo de pessoas estão dispostos coletores múltiplos onde estão escritos os tipos de resíduos por compartimento, ou seja: papel, plástico ou orgânico. Estes resíduos são coletados diariamente, pelos responsáveis da limpeza, em sacos plásticos com as cores correspondentes ao tipo de resíduo e encaminhados à Central de Resíduos Sólidos – C.R.S. O setor de RH é responsável pelas atividades desenvolvidas por estas pessoas.

7.4 É responsabilidade do Gerente ou coordenador ou chefia imediata a manutenção e suprimento das condições materiais, bem como, prover o treinamento necessário dos funcionários e para a adequada segregação e disposição dos resíduos.

7.4.1 Cabe também, a estes a correta orientação aos Prestadores de Serviços, quando em atividade

em seus setores, para evitar a geração e, quando existente, a correta identificação e disposição dos resíduos gerados.

8 ENVIO DE RESÍDUOS PARA ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA NAS INSTALAÇÕES INTERNAS

8.1 Segregação

8.1.1 Não misturar resíduos diferentes. Os resíduos devem ser segregados e acondicionados conforme suas características, para não haver mistura de resíduos incompatíveis, facilitando a contabilização, caracterização e destinação final dos mesmos.

8.1.2 Evitar a adição de água, e de outros materiais como areia, madeira, trapos de limpeza para não haver aumento desnecessário do volume final do resíduo.

8.2 Acondicionamento

8.2.1 O acondicionamento deverá ser feito seguindo as orientações **Anexo II**.

8.2.2 Quando utilizar tambores estes deverão estar em perfeito estado de conservação e possuírem tampa e cinto.

8.2.3 O reaproveitamento de tambores deverá ser verificado com o setor de meio ambiente.

8.2.4 Resíduos com características corrosivas ou contendo água, se acondicionados em tambores, estes terão que ser revestidos com sacos de polietileno.

8.2.5 Os tambores devem ser organizados em “pallets”, colocando-se em cada um apenas tambores de um único tipo de resíduo.

8.2.6 As caçambas utilizadas para acondicionamento têm volumes entre 3 e 5 m³, e são dotadas de cobertura nas aberturas, por onde é feito o carregamento dos resíduos e, posteriormente, o descarregamento quando a empilhadeira chega no depósito intermediário.

8.3 Identificação dos tambores

8.3.1 É responsabilidade da fonte geradora a etiquetagem dos tambores para transporte, devendo em cada tambor ser colado dois adesivos: um com a classificação de risco do resíduo, e o outro com o nome genérico do resíduo e o número da ONU e fonte geradora.

8.3.2 É de responsabilidade do setor de meio ambiente definir o modelo da etiqueta conforme NBR vigente e a fonte geradora é responsável pela aquisição e utilização dos mesmos.

8.4 Transporte interno

É de responsabilidade de cada setor, a coleta e o transporte dos resíduos até a Central de resíduos adequada conforme o tipo de resíduo gerado. Se houver a necessidade do uso de empilhadeiras para o transporte deverá ser solicitado ao setor de Transportes internos a disposição de equipamento para o carregamento.

9 ENVIO DE RESÍDUOS PARA INSTALAÇÕES EXTERNAS

9.1 Movimentação de resíduos Classe I - perigosos

9.1.1 A instalação de destino deverá estar autorizada pelo órgão de controle ambiental competente.

9.1.2 O transportador deverá estar autorizado previamente pela FEPAM, conforme estabelece o regulamento da Lei Estadual n° 9.077 de 04/06/90.

9.1.3 As cargas deverão estar acompanhadas do envelope e ficha de emergência, juntamente com o MTR – Manifesto de transporte de resíduos emitido pelo setor de meio ambiente, conforme **Anexo IV**.

9.1.4 O veículo deve ser inspecionado pelo setor de meio ambiente, conforme check list em **Anexo V**.

9.1.5 As cargas transportadas em carrocerias e/ou caçambas deverão estar cobertas por lona.

9.1.6 O veículo deverá estar identificado com o nome da transportadora e o número do telefone para emergências.

9.1.7 O veículo deverá ter a sinalização para transporte de carga perigosa em conformidade com a legislação em vigor.

9.2 Movimentação de resíduos Classe II A – não inertes

9.2.1 A instalação de destino deverá estar autorizada pelo órgão de controle ambiental competente.

9.2.2 As cargas transportadas em carrocerias e/ou caçambas deverão estar cobertas por lona.

9.2.3 O veículo deverá estar identificado com o nome da transportadora e o número do telefone para emergências.

9.3 Movimentação de resíduos Classe II B – inertes

9.3.1 A instalação de destino deverá estar autorizada pelo órgão de controle ambiental competente.

9.3.2 O veículo deverá estar identificado com o nome da transportadora e o número do telefone para emergências.

Anexo I – Instrução para Coleta Seletiva

COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS

PAPEL RECICLÁVEL

FOLHAS OFÍCIO ESCRITAS;
PAPEL PICOTADO;
RASCUNHOS ISENTOS DE ÓLEO, TINTA OU AREIA
PAPELÃO LIMPO, PAPEL JORNAL, PANFLETOS,
(PAPEL TOALHA COLETADA SEPARADAMENTE)

PLÁSTICO RECICLÁVEL

PLÁSTICOS LIMPOS SEM ÓLEO, TINTA OU AREIA.
RECIPIENTES PLÁSTICOS, LACRES PLÁSTICOS,
COPOS PLÁSTICOS
CORPO PLÁSTICO DE CANETAS
TAMPAS PLÁSTICAS, ESTOJOS DE PLÁSTICO

VIDRO

GARRAFAS DE BEBIDAS, VIDROS COLORIDOS
COPOS QUEBRADOS, FRASCOS DE REMÉDIO

METAL

LATINHAS DE ALUMÍNIO, FERRAGENS EM GERAL
CHAPAS, CAVACOS, PEQUENOS METAIS.

MATERIAL CONTAMINADO E/OU NÃO RECICLÁVEIS

PAPEL E PLÁSTICOS NÃO RECICLÁVEIS.
PLÁSTICOS COM PRODUTOS QUÍMICOS/TINTAS,
(ÓLEO, GRAXA), RESÍDUO DE VARRIÇÃO DA FÁBRICA
FILTROS COM ÓLEO, EPIs DESCARTADOS
PAPEL / PAPELÃO CONTAMINADO COM ÓLEO OU TINTA

ORGANICO

CASCAS DE FRUTAS, GUARDANAPOS SUJOS,
BAGANAS DE CIGARRO, PAPEL HIGIÊNICO,
RESTOS DE ALIMENTOS

ATENÇÃO:

- 1 - O MATERIAL CONTAMINADO TAMBÉM PODERÁ SER COLOCADO EM LIXEIRAS COM COLORAÇÃO LARANJA (DEPENDENDO DO SETOR)
- 2 - NAS LIXEIRAS MARROM - ORGÂNICO DEVERÁ SER UTILIZADO O SACO PRETO.
- 3 - OS SACOS PARA AS LIXEIRAS ESTÃO DISPONÍVEIS NO ALMOXARIFADO.

MAIORES INFORMAÇÕES LIGAR PARA RAMAL 3026.3120 - MEIO AMBIENTE.

Anexo II - Tabela dos tipos de resíduos, descrição, acondicionamento, responsabilidades e destinos.

TIPO DE RESÍDUO	DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS	ACONDICIONAMENTO	RESPONSABILIDADES		DESTINO INTERNO	DESTINO FINAL
			Pelo destino interno	Pelo destino final		
RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE	Material infectado, agulhas, medicamentos, gases, esparadrapos.	Caixas especiais de 20L.	Não possui destino interno.	É de responsabilidade do setor de enfermaria o envio para a Seresa.	Não possui destino interno, pois sai da enfermaria direto para a empresa incineradora.	Incineração. Empresa: Seresa Serviços de Resíduos Ltda
ÓLEO LUBRIFICANTE USADO	Óleo lubrificante retirado de máquinas e equipamentos que não possa mais ser utilizado.	Tambores de 200 L.	É de responsabilidade do setor de manutenção enviar o resíduo até a CRL.	É de responsabilidade do setor de meio ambiente contactar com a Lwart.	Central de resíduos líquidos – CRL.	Re-refino. Empresa: Lwart Lubrificantes Ltda
ÓLEO DE CORTE E USINAGEM	Óleo emulsionável gerado na troca deste nos tornos da Usinagem.	Tambores de 200 l e/ou containeres de 1m ³ .	É de responsabilidade do setor de usinagem enviar o resíduo até a CRL.	É de responsabilidade do setor de meio ambiente contactar com a Flucor.	Central de resíduos líquidos – CRL.	Evaporação. Empresa: Flucor Service Ltda
MATERIAL CONTAMINADO COM ÓLEO	Papelões, papel, filtros de papel dos tornos, plásticos e materiais diversos contaminados com óleo.	Sacos plásticos cinza ou laranja.	É de responsabilidade do setor gerador deste resíduo levá-lo até a CRS.	É de responsabilidade do setor de meio ambiente o envio ao aterro industrial.	Central de resíduos sólidos – CRS.	Aterro Industrial. Empresa: Utesa
RESÍDUO TEXTIL CONTAMINADO	Panos, estopas etc, contaminados com óleo ou resíduos de processo	Sacos plásticos cinza ou laranja.	É de responsabilidade do setor de almoxarifado levar os EPIs descartados até a CRS.	É de responsabilidade do setor de almoxarifado o envio a Renova Lavanderia.	Central de resíduos sólidos – CRS e ou almoxarifado.	Higienização. Empresa: Revona Lavanderia e Toalheiro
SOLVENTES CONTAMINADOS	Solventes sujos ou contaminados com tinta e outras sujeiras.	Tambores de 200L.	É de responsabilidade do setor de pintura enviar o resíduo até a CRL.	É de responsabilidade do setor de meio ambiente contactar com a Recycling.	Central de resíduos líquidos – CRL.	Destilação. Empresa: Recycling .
OUTROS RESÍDUOS PERIGOSOS DE PROCESSO	Resíduos sólidos misturados em geral.	Tambores de 200 L, caixas de madeira ou a granel.	É de responsabilidade do setor gerador levar o resíduo até a CRS.	É responsabilidade do setor de meio ambiente o envio ao aterro industrial.	Central de resíduos sólidos – CRS.	Aterro Industrial. Empresa: Utesa.

Continuação Anexo II

PÓS METÁLICOS	Pós gerados na graneladeira e na rebarbação de peças	Caçambas de 2,6 m ³	Não possui destino interno.	É responsabilidade do setor de meio ambiente contactar com a Renova Resíduos.	Não possui destino interno, segue direto para a Renova Resíduos.	Reprocessamento. Empresa: Renova Resíduos Ltda
LODO E MATERIAL PARTICULADO DO CONTROLE DE GASES	Lodo gerado no sistema de controle de emissões atmosféricas.	Caçamba de 2 m ³ .	É de responsabilidade do setor de manutenção enviar o resíduo até o depósito intermediário.	É responsabilidade do setor de meio ambiente o envio ao aterro industrial.	Depósito intermediário.	Aterro Industrial. Empresa: Utresa
LÂMPADAS FLUORESCENTES	Lâmpadas de vapor de mercúrio ou sódio queimadas	Caixas de papelão.	É de responsabilidade do setor de manutenção elétrica levar as lâmpadas até a CLF.	É de responsabilidade do setor de meio ambiente contactar com a Brasil Recicle.	Central de lâmpadas fluorescentes - CLF.	Descontaminação. Empresa: Brasil Recicle Ltda.
EMBALAGENS VAZIAS CONTAMINADAS	Embalagens vazias que continham produtos químicos perigosos.	A granel.	É de responsabilidade do setor gerador levar até a CRS.	É de responsabilidade do setor de meio ambiente contactar com a Tamborsul.	Central de resíduos sólidos – CRS.	Descontaminação. Empresa: Tamborsul.
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL –EPIs	Luvas diversas, botinas, uniformes, que não possam ser reutilizados, mas que foram higienizados e descontaminados.	Sacos plásticos de 100L.	É de responsabilidade de cada setor trocar os EPI's usados por novos no almoxarifado	É de responsabilidade do setor de almoxarifado entregar o material a Renova Lavanderia.	Central de resíduos sólidos – CRS.	Aterro Industrial. Empresa: Utresa
PAPEL e PAPELÃO LIMPO	Papel toalha, papel de impressoras, papéis sem contaminação de resíduos de processo, embalagens de matéria prima que não tiveram contato com o produto, etc.	Sacos plásticos azuis e papelões a granel.	É de responsabilidade de cada setor levar o resíduo para a CRS.	É de responsabilidade do setor de meio ambiente contactar com a Zanotto.	Central de resíduos sólidos – CRS.	Reciclagem. Empresa: Zanotto Ind. E Com. de Papéis.
PLÁSTICO LIMPO	Canetas sem carga, copinhos, embalagens plásticas, sacos, plásticos sem contaminação de resíduos de processo, CD's fora de uso, etc.	Sacos plásticos vermelhos e embalagens grandes a granel.	É de responsabilidade de cada setor levar o resíduo para a CRS.	É de responsabilidade do setor de meio ambiente contactar com a Zanotto.	Central de resíduos sólidos – CRS.	Reciclagem. Empresa: Zanotto Ind. E Com. de Papéis.

Continuação Anexo II

RESÍDUOS DE RESTAURANTE	Restos de alimentos.	Tambores e bombonas.		É de responsabilidade das cozinheiras entregar o resíduo ao Sr. Osmar Forti.	Restaurante.	Alimentação de animais. Empresa: Osmar Forti
RESÍDUOS GERADOS FORA DO PROCESSO INDUSTRIAL	Papel higiênico de sanitários, embalagens de alimentos não recicláveis, papel e plástico não reciclável.	Sacos plásticos com várias capacidades.	É de responsabilidade das auxiliares de limpeza levar o resíduo até a CRS.	É de responsabilidade do setor de meio ambiente agendar as coletas com a Codeca.	Central de resíduos sólidos – CRS.	Aterro Sanitário. Empresa: CODECA- Companhia de Desenvolvimento de Caxias do Sul
RESÍDUO DE VARRIÇÃO NÃO-PERIGOSO	Pó e pequenas sujeiras.	Sacos plásticos com várias capacidades.	É de responsabilidade das auxiliares de limpeza levar o resíduo até a CRS.	É de responsabilidade do setor de meio ambiente agendar as coletas com a Codeca.	Central de resíduos sólidos – CRS.	Aterro Sanitário. Empresa: CODECA- Companhia de Desenvolvimento de Caxias do Sul
SUCATA DE METAIS FERROSOS	Cavacos de usinagem, pequenos metais, chapas,.	Caçambas de 2,6 m ³ .	É de responsabilidade de todos os setores geradores levar a sucata até o depósito.	É de responsabilidade do setor de sucatas contactar com o comprador de sucata.	Depósito de sucata.	Reciclagem. Empresa: Diferro Aços Especiais
SUCATAS DE METAIS NÃO-FERROSOS	Latão, galvanizados, alumínio.	Sacos plásticos e caçambas de 2,6 m ³ .	É de responsabilidade de todos os setores geradores levar a sucata até o depósito.	É de responsabilidade do setor de sucatas contactar com o comprador de sucata.	Depósito de sucata.	Reciclagem. Empresa: Diferro Aços Especiais
RESÍDUOS METÁLICOS	Tambores vazios.	A granel.	O setor que gera este resíduo deve ser responsável por levá-lo até a CRS..	É de responsabilidade do setor de meio ambiente contactar com a Tamborsul.	Central de resíduos sólidos – CRS.	Descontaminados. Empresa: Tamborsul.
RESÍDUOS DE BORRACHA	Mangueiras diversas.	A granel.	É de responsabilidade do setor de manutenção de máquinas levá-lo até a central de resíduos sólidos.	É de responsabilidade do setor de meio ambiente contactar com a Sflex.	Central de resíduos sólidos – CRS.	Reciclagem. Empresa: Sflex Indústria e Comércio de Produtos Químicos

Continuação Anexo II

RESÍDUOS DE MADEIRA	Restos de embalagens, pallets.	A granel.	O setor que gera este resíduo deve ser responsável por levá-lo até a caldeira.	Não tem destino externo.	Não possui depósito interno.	Queimados na caldeira à lenha
CINZAS DE CALDEIRA	Cinzas geradas na queima de lenha na caldeira.	A granel.	É de responsabilidade do caldeirista levar o resíduo até a depósito intermediário.	É responsabilidade do setor de meio ambiente o envio ao aterro industrial.	Depósito intermediário.	Aterro Industrial. Empresa: Utresa
ESCÓRIA DE FUNDIÇÃO	Escória de ferro fundido.	Caçambas de 2,6 m ³ .	É de responsabilidade do forneiro levar o resíduo até a caçamba.	É responsabilidade do setor de meio ambiente o envio ao aterro industrial.	Não possui depósito interno, segue direto para aterro.	Aterro Industrial. Empresa: Utresa
AREIA DE FUNDIÇÃO NÃO-FENÓLICA	Torrões de areia, areia misturada com bentonita, pó de carvão, machos desagregados e pedaços de metais.	Caçambas de 2,6 m ³ .	É de responsabilidade do setor de transportes recolher as caçambas nos setores geradores e levá-las até o depósito.	É responsabilidade do setor de meio ambiente o envio ao aterro industrial.	Depósito intermediário.	Aterro Industrial. Empresa: Utresa
RESÍDUO DE REFRAATÁRIO E MATERIAL NÃO-CERÂMICO	Resíduos gerados nas trocas de refratários dos fornos e painéis de vazamento.	Caçambas de 2,6 m ³ .	É de responsabilidade do setor de transportes recolher as caçambas nos setores geradores e levá-las até o depósito.	É responsabilidade do setor de meio ambiente o envio ao aterro industrial.	Depósito intermediário.	Aterro Industrial. Empresa: Utresa
RESÍDUO DE VIDROS	Vidros quebrados, copos, jarras e vidros em geral.	Caçamba de 2 m ³ sacos plásticos.	É de responsabilidade do setor gerador levá-lo até a CRS.	É de responsabilidade do setor de meio ambiente enviar o resíduo para a Zanotto.	Central de resíduos sólidos – CRS.	Reciclagem. Empresa: Zanotto Indústria e Comercio de Papeis

Anexo III – Disposição Temporária de Resíduos

Central de resíduos sólidos - CRS:

Box 1 IDENTIFICAÇÃO - BORRACHAS	Box 1 – local que serve de armazenamento provisório de mangueiras e borrachas diversas até o envio para o destino. Frequência de coleta: semestral.
Box 2 IDENTIFICAÇÃO – EPI's DESCARTADOS	Box 2 – local que serve de armazenamento provisório de EPI's lavados até o envio para o destino final. Frequência de coleta: segunda, quarta e sexta.
Box 3 IDENTIFICAÇÃO – ORGÂNICO	Box 3 – local que serve de armazenamento provisório de lixo orgânico até o envio para o aterro sanitário. Frequência de coleta: segunda, quarta e sexta.
Box 4 IDENTIFICAÇÃO – MATERIAL CONTAMINADO	Box 4 – local que serve de armazenamento provisório de material contaminado com óleo e diversos até o envio para o aterro industrial. Frequência de coleta: semanal
Box 5 IDENTIFICAÇÃO - PLÁSTICO RECICLÁVEIS	Box 5 – local que serve de armazenamento provisório de plásticos recicláveis até o envio para reciclagem externa. Frequência de coleta: segunda, quarta e sexta.
Box 6 IDENTIFICAÇÃO – EMBALAGENS VAZIAS (BIG BAG)	Box 6 – local que serve de armazenamento provisório de embalagens vazias plásticas Big Bags Frequência de coleta: segunda, quarta e sexta.
Box 7 IDENTIFICAÇÃO – EMBALAGENS VAZIAS CONTAMINADAS	Box 7 – local que serve de armazenamento provisório de embalagens vazias contaminadas até o envio para a descontaminação. Frequência de coleta: mensal.
Box 8 IDENTIFICAÇÃO – PAPEL/PAPELÃO RECICLÁVEIS	Box 8 – local que serve de armazenamento provisório do papel e papelão recicláveis até o envio para reciclagem externa. Frequência de coleta: segunda, quarta e sexta.

Central de resíduos líquidos - CRL

Box 1 IDENTIFICAÇÃO – ÓLEO LUBRIFICANTE USADO	Box 2 – local que serve de armazenamento provisório dos tambores de óleo até o envio para o destino. Frequência de coleta: bimestral ou conforme a geração.
Box 2 IDENTIFICAÇÃO – ÓLEO DE USINAGEM USADO	Box 3 – local que serve de armazenamento provisório dos tambores de emulsão oleosa até o envio para evaporação. Frequência de coleta: bimestral ou conforme a geração.
Box 3 IDENTIFICAÇÃO – BORRA DE TINTA E SOLVENTES CONTAMINADOS	Box 4 – local que serve de armazenamento provisório de borra de tinta e solventes contaminadas até o envio para o destino. Frequência de coleta: não tem frequência estabelecida, devido a geração ser muito pequena.

Central de Lâmpadas Fluorescentes - CLF

Box 1 IDENTIFICAÇÃO – LÂMPADAS FLUORESCENTES	Box 1 – local que serve de armazenamento provisório de lâmpadas fluorescentes até o envio para o destino. Frequência de coleta: semestral.
---	--

Anexo V – Check – List de Transporte



Data: ___/___/___

Hora: ____:____

Transportadora: _____

Motorista: _____

Resíduo: _____ Placa: _____

Destino: _____

Documentos:	Sim	Não
Ficha de emergência		
Envelope de emergência		
Manifesto para transporte		
Nota fiscal do resíduo a ser transportado		
Número da ONU e nome apropriado no corpo da nota		
Classe do resíduo no corpo da nota		
Número do Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR no corpo da nota		
Declaração do expedidor ref. ao acondicionamento no corpo da nota		
Materiais identificados em tambores e/ou bombonas estão identificados quanto ao seu conteúdo		
Possui kit de segurança e EPI's compatíveis com o resíduo		
Possui placas de sinalização e rótulos de risco compatíveis com o resíduo		

Observações:

Nome do inspetor: _____ Rubrica: _____