

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E MEIO
AMBIENTE

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

ESTUDO DE CASO DO PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE
OPERAÇÃO DA UNIDADE DE FUNDIÇÃO DE SIDERÚRGICA NÃO
INTEGRADA BRASIL VERDE LTDA.

Tiago Resende Alves

Belo Horizonte
2009

Tiago Resende Alves

**Estudo de Caso Processo de Licenciamento Ambiental de Operação da Unidade de
Fundição de Siderúrgica Não Integrada Brasil Verde Ltda.**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Orientador: Professor Eduardo Delano Leite Ribeiro

Página com assinatura dos membros da banca examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus de ter saúde e a oportunidade de seguir meus estudos, minha família que sempre esteve do meu lado e conduta imensurável. Agradeço especialmente meu orientador e professor Eduardo Delano pelo apoio e incentivo de terminar o curso, a quem devo eterno respeito e admiração.

RESUMO

A atividade siderúrgica é vocação do Estado de Minas Gerais pelas proximidades das jazidas de minério, infra-estrutura e tecnologia empregada para obtenção de ferro-gusa a carvão vegetal. A utilização racional dos recursos da terra aliada a sua preservação se fazem necessária na atividade.

A redução dos impactos decorrentes da poluição atmosférica, geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos requer o controle das fontes de emissão de poluentes de forma a garantir um nível de contaminação compatível com uma condição de não degradação ambiental. Este controle, por sua vez, envolve a seleção de padrões de emissão, os quais devem ser estabelecidos de forma a: (1) fornecer proteção adequada à saúde pública e ao meio ambiente; (2) ser sistemático e tecnicamente válido; (3) fornecer capacidade de planejamento e flexibilidade às indústrias e (4) minimizar imposição de rigidez à indústria.

O presente trabalho tem como objetivo fazer um estudo de caso do processo de licenciamento ambiental de operação da unidade de fundição de siderúrgica não integrada Brasil Verde Ltda.

Desta forma, neste estudo de caso, é demonstrado todo o processo de identificação das fontes potencialmente poluidoras do empreendimento e as medidas necessárias à adequação de tecnologias para prevenção dos prováveis impactos ambientais.

A Filial da Brasil Verde Agroindústrias Ltda. no Município de Conceição do Pará (Minas Gerais), com atividades de siderurgia, fundição e usinagem é um bom exemplo desse tipo de tendência, sendo objeto de estudo deste projeto.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 EVOLUÇÃO DA POLÍTICA AMBIENTAL BRASILEIRA	4
3.2 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO LIMITE TERRITORIAL PARA PLANEJAMENTO AMBIENTAL	8
3.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL NO ESTADO DE MINAS GERAIS	10
3.4 HISTÓRICO DO ALTO FORNO	12
3.5 PANORAMA DAS UNIDADES DE FUNDIÇÃO DE SIDERÚRGICA NÃO INTEGRADA NO ESTADO DE MINAS GERAIS	17
3.5.1 <i>Localização</i>	17
3.5.2 <i>Capacidade de produção</i>	21
3.5.3 <i>Matérias Primas</i>	21
3.6 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FERRO GUSA EM ALTO FORNO	23
3.6.1 <i>Introdução</i>	23
3.6.2 <i>Descrição do Processo</i>	23
3.7 O ALTO FORNO	27
3.7.1 <i>Os regeneradores de calor</i>	29
3.7.2 <i>Cowpers</i>	30
3.7.3 <i>Glendons</i>	31
3.7.4 <i>Tratamento do carvão vegetal: Descarga/Preparação de carga</i>	32
3.7.5 <i>Vazamento e lingotamento do gusa</i>	33
3.7.6 <i>Balanço energético do processo</i>	35
3.8 O SISTEMA DE LIMPEZA DOS GASES DO ALTO FORNO	35
3.9 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	39
3.9.1 <i>Introdução</i>	39
3.9.2 <i>Caracterização dos Efluentes Atmosféricos das indústrias independentes de Produção de Ferro-Gusa</i>	40
3.9.3 <i>Principais equipamentos para coleta de material particulado – Características</i>	40
3.9.4 <i>Controle da poluição no topo do alto-forno</i>	47
3.10 EFLUENTES LÍQUIDOS.....	48
3.10.1 <i>Introdução</i>	48
3.10.2 <i>Poluição das Águas</i>	49
3.10.3 <i>Quantificação das Cargas Poluidoras</i>	49
3.10.4 <i>Usos e tratamento prévio da água</i>	53

3.10.5	<i>Caracterização de Efluentes Líquidos em Siderúrgicas de Produção de Ferro Gusa</i>	54
3.10.6	<i>Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos</i>	54
3.10.7	<i>Controle dos efluentes líquidos gerados</i>	56
3.10.8	<i>Aspectos técnicos da sedimentação</i>	57
3.10.9	<i>Aspectos Legais</i>	57
3.11	RESÍDUOS SÓLIDOS.....	58
3.11.1	<i>Introdução</i>	58
3.11.2	<i>Conceito e classificação dos resíduos sólidos</i>	58
3.11.3	<i>Resíduos Sólidos Urbanos</i>	60
3.11.4	<i>Determinação da composição gravimétrica</i>	64
3.11.5	<i>Resíduos Sólidos Industriais</i>	66
3.11.6	<i>Aspectos de um sistema controlado para resíduos sólidos industriais</i>	66
3.11.7	<i>Quantidade de resíduos produzidos</i>	67
3.11.8	<i>Resíduos sólidos gerados em uma usina siderúrgica a carvão vegetal</i>	67
4	MATERIAL E MÉTODOS	71
4.1	LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	73
4.2	INSUMOS	74
4.3	EQUIPAMENTOS DO PROCESSO	74
4.4	FLUXOGRAMA DO PROCESSO	76
4.5	BALANÇO DE MASSA	77
4.6	MEMORIAL DESCRITIVO DO PROCESSO	77
4.6.1	<i>Processo de produção de fundidos de ferro e aço</i>	77
4.7	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	78
4.8	BALANÇO HÍDRICO	78
4.8.1	<i>Água potável e de uso sanitário</i>	78
4.8.2	<i>Água de uso industrial</i>	78
4.9	PRODUTO FINAL	79
4.10	TRANSPORTE INTERNO E EXTERNO, ARMAZENAMENTO E ESTOCAGEM DE INSUMOS E PRODUTOS	79
4.11	ESTOCAGEM DE MATÉRIA PRIMA E PRODUTOS	79
4.11.1	<i>Matéria prima</i>	79
4.11.2	<i>Produtos</i>	79
4.12	IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS FONTES DE EMISSÃO DE POLUENTES	80
4.12.1	<i>Efluentes Atmosféricos</i>	80
4.12.2	<i>Efluentes Líquidos</i>	80

4.12.3	<i>Águas Pluviais</i>	81
4.12.4	<i>Ruídos</i>	81
4.12.5	<i>Resíduos Sólidos</i>	81
4.13	SISTEMA DE CONTROLE, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS EFLUENTES	81
4.13.1	<i>Efluentes Atmosféricos</i>	82
4.13.2	<i>Efluentes Líquidos</i>	84
4.13.3	<i>Resíduos Sólidos</i>	89
4.13.4	<i>Ruídos</i>	89
4.14	PROCEDIMENTOS PARA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA	89
4.14.1	<i>Área de produção</i>	89
4.15	PROPOSTA DE MONITORAMENTO	90
4.15.1	<i>Efluentes Atmosféricos</i>	90
4.15.2	<i>Efluente Líquido Sanitário</i>	90
4.15.3	<i>Ruído</i>	90
5	CONCLUSÕES	91
6	RECOMENDAÇÕES	92
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

EIA: Estudo de Impacto Ambiental

EPA: *Environmental Protection Agency* (Agência de Proteção Ambiental dos EUA)

ETE: Estação de Tratamento de Esgoto

FEAM: Fundação Estadual do Meio Ambiente

IBAM: Instituto Brasileiro de Administração Municipal

IGAM: Instituto de Gestão das Águas

LI: Licença de Instalação

LO: Licença de Operação

LOC: Licença de Operação Corretiva

LP: Licença Prévia

MDL: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MMA: Ministério do Meio Ambiente

NBR: Norma Brasileira da ABNT

SEMAD – Secretaria de Desenvolvimento do meio Ambiente

SINDIFER – Sindicato da Indústria do Ferro no Estado de Minas Gerais

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Reconstituição dos fornos de lupa encontrados em Altena (Alemanha) datando de 100 A.C	13
Figura 3.2	Baixo forno, carregado manualmente, na Inglaterra, na época da invasão romana, 800 D.C.	14
Figura 3.3	Percentual de indústrias por região de planejamento	17
Figura 3.4	Percentual de indústrias por Sub-Bacia	18
Figura 3.5	Percentual de indústrias por Município	18
Figura 3.6	Mapa de localização regional das indústrias de ferro gusa no Estado de Minas Gerais	20
Figura 3.7	Localização das Indústrias de Ferro-Gusa em Minas Gerais, destacando inserção na bacia hidrográfica.....	20
Figura 3.8	Gráfico mostrando a distribuição das Indústrias segundo o N ^o de Altos-Fornos	21
Figura 3.9	Processo simplificado de redução dos óxidos de ferro no alto-forno	24
Figura 3.10	Fluxograma geral da produção de ferro-gusa de uma empresa do Setor Independente	25
Figura 3.11	Comportamento da Proporção em massa do que entra e sai de um alto forno.....	26
Figura 3.12	Corte esquemático de um alto-forno	28
Figura 3.13	Arranjo de uma ventaneira de alto-forno.....	29
Figura 3.14	Seção través de um "Cowper", mostrando a câmara e combustão e os diversos tipos de refratários usados	30
Figura 3.15	Corte longitudinal de uma parte do Glendon	31
Figura 3.16	Fluxo de carvão vegetal em uma usina independente de Produção de Ferro-Gusa.	33
Figura 3.17	Sistema de vazamento contínuo do gusa	34
Figura 3.18	Roda de Lingotamento.....	34
Figura 3.19	Balanço de massa do processo	35
Figura 3.20	Produção de Ferro-Gusa	36
Figura 3.21	Esquema do balão coletor primário do Gás do Alto-Forno	37
Figura 3.22	Esquema de funcionamento de um ciclone para limpeza do gás de topo de alto-forno	37
Figura 3.23	Esquema do lavador tipo de torre de lavagem para limpeza do gás de topo do alto-forno	38
Figura 3.24	Esquema de Lavador tipo Venturi para limpeza de gás de topo de alto-forno	39
Figura 3.25	Método de limpeza por fluxo reverso	44
Figura 3.26	Equipamento de controle, filtro de mangas	44
Figura 3.27	Coletor gravitacional de câmara única	46
Figura 3.28	Lavador Venturi	47
Figura 3.29	Geração de resíduos sólidos urbanos	61
Figura 3.30	Dados da geração de resíduos – Brasil	61
Figura 3.31	Dados da quantidade de resíduos gerada no Brasil	62
Figura 3.32	Composição gravimétrica de RSU no Brasil	62

Figura 3.33	Composição gravimétrica – Brasil x Outros Países	63
Figura 3.34	Disposição final de RSU no Brasil	63
Figura 3.35	Disposição final de RSU no Brasil	63
Figura 3.36	Determinação da composição gravimétrica	64
Figura 4.1	Localização do empreendimento	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Localização das Indústrias do Setor Ferro-Gusa, número de indústrias e altos fornos por município	19
Tabela 3.2 – Produção de 1000 kg de gusa	22
Tabela 3.3 - Composição típica do gusa	26
Tabela 3.4 - Composição típica da escória	26
Tabela 3.5 - Composição típica dos gases	27
Tabela 3.6 - Consumo per capita de água	51
Tabela 3.7 - Consumo de água típico de alguns estabelecimentos comerciais	52
Tabela 3.8 - Resultados de Análises Químicas de Amostras diversas de Efluentes Líquidos	56
Tabela 3.9 - Geração específica mínima, média e máxima de resíduos sólidos	70
Tabela 3.10 - Geração parcial e total de resíduos sólidos nas usinas de produção de ferro-gusa em altos-fornos a carvão vegetal	70
Tabela 4.1 - Carga típica (% em Peso)	74
Tabela 4.2 - descrição dos equipamentos envolvidos no processo de produção de fundidos de ferro e aço	74
Tabela 4.3 – Consumo de água	78

1 - INTRODUÇÃO

O crescimento populacional dos nossos dias, junto com a popularização do modelo consumista gerado nos países do chamado "primeiro mundo", tem propiciado a explosão industrial que caracteriza as últimas décadas. Esta atividade industrial é responsável pela produção de inúmeros produtos de primeira necessidade, razão pela qual têm-se transformado em verdadeiro símbolo das sociedades desenvolvidas.

Os fenômenos de contaminação ambiental, principalmente os relacionados à contaminação das águas e do ar, têm se tornado cada vez mais constante, resultando na maioria das vezes em sérias conseqüências ao equilíbrio do ecossistema. Tais fenômenos despertaram o interesse e a preocupação, não só de cientistas e ambientalistas, mas de toda a sociedade, que assiste à destruição do planeta.

Os recursos naturais são essenciais à vida, constituindo-se em um dos bens mais preciosos à disposição da humanidade.

As indústrias siderúrgicas não integradas representam hoje, um setor de extrema importância econômica e ambiental, devido principalmente aos seus reflexos em corpos d'água e na atmosfera. Por utilizarem grandes volumes de água, geram também grandes quantidades de efluentes contendo substâncias muitas vezes tóxicas. Essa toxicidade pode ser altamente interferente nos processos fotossintéticos naturais nos leitos dos rios, provocando alterações na biota aquática principalmente nas imediações circundantes a descarga. As siderúrgicas não integradas, em seu processo produtivo, podem também liberar grandes quantidades de material particulado e gases tóxicos na atmosfera quando não se tem nenhum programa de prevenção e monitoramento ambiental aderido pelas empresas em questão.

Atualmente, pressionadas por essa tendência, as indústrias siderúrgicas buscam adequar-se às exigências legais destinadas a proteger o meio ambiente, por meio de ações modificadoras do processo, tais como redução de geração de efluentes na fonte, desenvolvimento de tecnologias para tratamento, recuperação e reaproveitamento desses efluentes.

A cobrança pelo uso indiscriminado dos recursos hídricos é também um outro fator motivador, especificamente para a implementação de projetos de fechamento de circuitos e otimização do consumo de água, já que o lado econômico é muito importante num setor onde a consciência ambiental tem que acompanhar esse desenvolvimento.

A Filial da Brasil Verde Agroindústrias Ltda. no Município de Conceição do Pará (Minas Gerais), com atividades de siderurgia, fundição e usinagem é um bom exemplo desse tipo de tendência, sendo objeto de estudo deste projeto. Na planta de Conceição do Pará (MG) encontram-se as instalações da fundição mecanizada com capacidade de produção de 1.800 ton/mês de peças de 6 a 250 kg, em ferro cinzento e nodular.

A fundição mecanizada tem sistema de moldagem em coldbox, recebendo o gusa líquido a 1.250°C para ser elaborado em dois fornos rotativos de 3 ton da marca SOGEMI, a oxigênio e GLP, tendo o metal vazado em 10 linhas simultâneas, com sistema de desmoldagem e recuperação de areia que gera apenas 4% de finos.

A Brasil Verde Agroindústrias Ltda. no Estado de Minas Gerais conta, também, com um Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais, mediante o qual é feita a abordagem para a eliminação dos efeitos nocivos de poluição, minimizando, consideravelmente, o volume e o impacto causados no meio ambiente e, em alguns casos, sendo eliminados completamente.

Desta forma, neste estudo de caso, é demonstrado o processo de licença de operação ambiental, onde a empresa em seus estudos técnicos constata todas as fontes potencialmente poluidoras do empreendimento e toma medidas necessárias à adequação de tecnologias para prevenção dos prováveis impactos ambientais.

2 - OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

O presente projeto tem como objetivo geral o estudo de caso do processo de licenciamento ambiental de instalação da unidade de fundição de siderúrgica não integrada Brasil Verde Ltda. abordando principais aspectos da sua operacionalização.

2.2 - Objetivos Específicos

- Relatar as principais fontes de emissão de poluentes e potenciais impactos ambientais advindos do processo industrial da unidade de fundição de siderúrgica não integrada
- Explanação dos métodos utilizados para sanar potenciais impactos ambientais advindos da operacionalização da unidade de fundição de siderúrgica não integrada
- Propor um plano de monitoramento para os setores de emissão de efluentes líquidos e atmosféricos
- Levantamento da legislação pertinente a licenciamento ambiental de empreendimentos deste porte.

3 - REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Evolução da política ambiental brasileira

O marco inicial da implantação da política ambiental no Brasil ocorreu no início da década dos setenta, após a Primeira Conferência das Nações Unidas em Estocolmo, em 1972, e surgiu como resultado de uma pressão exercida por organizações internacionais insatisfeitas com a ausência de política e de legislação de conteúdo especificamente ambiental no país (FJP, 1998).

Como resposta à pressão internacional, o governo brasileiro encaminhou a criação, em 1973, do SEMA – Secretaria Especial de Meio Ambiente – (Decreto n.º 73.030). Vale ressaltar que, em termos de aparato legislativo, existem documentos legais mais antigos, tais como o Código Florestal (editado em 1934 e reformulado em 1965), o Código das Águas (1934), o Código de Pesca (1938), o Código de Minas (1940), o Código Nacional de Saúde (1954) e a Política Nacional de Saneamento Básico (1967).

As primeiras medidas advindas com a criação do SEMA ocorreram em 1975 (Decreto-lei 1.413 e 7.389) e se referem à poluição industrial nos grandes centros urbanos e às medidas de prevenção e controle de poluição industrial. Esta fase, entretanto, não se mostrou efetiva na resolução dos problemas ambientais, posto que nesta época o Brasil estivesse mais preocupado com o desenvolvimento econômico. Um reflexo deste quadro foi sentido com o Decreto 81.107 de 1977, que definiu o elenco de atividades consideradas de alto interesse para o desenvolvimento e a segurança nacional, onde, dentre elas, se destacou o incentivo a algumas indústrias altamente poluidoras.

A política ambiental começou a tomar novos rumos em 1981, no governo Geisel, com a Lei Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938), que teve por objetivo “a preservação, a melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”. Os princípios abordados na lei são os seguintes:

- ☞ Ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;
- ☞ Racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;
- ☞ Planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;
- ☞ Proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;
- ☞ Controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- ☞ Incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e à proteção dos recursos ambientais;
- ☞ Acompanhamento do estado da qualidade ambiental;
- ☞ Recuperação de áreas degradadas;
- ☞ Proteção de áreas ameaçadas de degradação;
- ☞ Educação ambiental em todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

A Lei apresenta ainda uma série de instrumentos que visa contribuir para que se alcance o objetivo proposto. Alguns destes instrumentos, entretanto, até hoje não foram implementados e outros necessitam de ajustes para que atendam, satisfatoriamente, ao objetivo para o qual estão destinados. Os instrumentos são:

- ☞ Estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- ☞ O zoneamento ambiental;
- ☞ A avaliação de impactos ambientais;
- ☞ O licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;
- ☞ Os incentivos à produção e instalação de equipamentos e à criação ou absorção de tecnologia, voltados para melhoria da qualidade ambiental;
- ☞ A criação de impactos ambientais;
- ☞ O licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;
- ☞ Os incentivos à produção e instalação de equipamentos e à criação ou absorção de tecnologia, voltados para melhoria da qualidade ambiental;

- ☐ A criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo poder público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas;
- ☐ O sistema nacional de informações sobre o meio ambiente;
- ☐ O cadastro técnico federal de atividades e instrumentos de defesa ambiental;
- ☐ As penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental;
- ☐ A instituição do relatório de qualidade do meio ambiente a ser divulgado anualmente pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA);
- ☐ A garantia da prestação de informações relativas ao meio ambiente, obrigando-se o poder público a produzi-las quando inexistentes;
- ☐ O cadastro técnico federal de atividades potencialmente poluidoras e/ou utilizadoras dos recursos ambientais.

A promulgação da lei resultou na criação do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e na formação do SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente), sendo o primeiro destinado à formulação de diretrizes para a Política Nacional do meio Ambiente e o outro, constituído por órgãos da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios e por fundações instituídas pelo poder público, responsável pela proteção e melhoria da qualidade ambiental. Um ponto fundamental na Lei 6.938, radicalmente contrária à posição da União até então, com respeito às questões ambientais, foi a descentralização da execução da política de controle ambiental, motivando a ação dos estados e municípios e reservando a ela a supervisão e edição de normas gerais da política ambiental, endossando, assim, a idéia da internalização da gestão ambiental pelos governos locais. Com a nova legislação, os estados podem elaborar normas, quando delegado pela União (competência privativa) ou então complementar as normas gerais elaboradas pela União, desde que sejam de caráter mais restritivo. Os municípios, assim como os estados, podem também legislar complementando as normas estabelecidas pelos estados e pela União.

Um importante instrumento em defesa do meio ambiente foi instituído em 1985 (Lei 7.347), autorizando a Ação Civil Pública. Até então, o único meio de ação legal em

defesa do meio ambiente era a Ação Popular, que é aquela onde qualquer cidadão pode ser parte legítima para propô-la, desde que assistido por um advogado. Os custos processuais e com advogado, entretanto, sempre dificultaram a utilização deste instrumento pelo cidadão comum.

Com o advento da Ação Civil Pública, o Ministério Público apresenta-se como curador do meio ambiente e tem a incumbência de apresentar-se como autor em ações referentes a atos que provoquem a degradação do meio ambiente, e desta forma tornou-se um aliado do cidadão comum preocupado com os danos causados ao meio ambiente.

Em 1988, a Constituição Nacional dedicou um capítulo ao meio ambiente e, pela primeira vez na história do país, fez referência explícita ao direito coletivo a um meio ambiente protegido, atribuindo responsabilidade administrativa, civil ou criminal em relação aos danos a ele causados.

No final da década de 80 até os dias atuais, ocorreram várias mudanças administrativas nos organismos responsáveis por ditar as regras relacionadas ao meio ambiente, provocadas pelos diferentes governos. Em 1989 o presidente José Sarney extinguiu a SEMA e criou o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA – (Lei 7.735). Em 1990 o presidente Fernando Collor criou a Secretaria Nacional do Meio Ambiente e alterou as estruturas e atribuições do SISNAMA e do CONAMA (Decreto 99.274). Em 1992 o governo Itamar Franco elevou a Secretaria Nacional do Meio Ambiente à categoria de Ministério do Meio Ambiente e em 1993 o Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal e o presidente Fernando Henrique Cardoso, em 1995, o transformou em Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.

Em 1998 a legislação ambiental tomou novo impulso com a promulgação da Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605), onde os princípios assegurados pela Constituição Federal passaram a ser disciplinados e regulamentados. A Lei versa sobre condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente que passam a ser punidas civil, administrativa e criminalmente, obrigando o autor da conduta a promover a recuperação do dano e a responder com o pagamento de multa, prestação pecuniária e processo criminal.

No tocante às medidas que priorizassem o planejamento ambiental, foi sancionada em Janeiro de 1997 a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433), com base no modelo francês de gestão ambiental. Como princípios básicos da nova Lei estão:

- ☐ Adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento;
- ☐ Usos múltiplos da água (todos os setores usuários têm igual acesso ao uso dos recursos hídricos);
- ☐ Reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável;
- ☐ Reconhecimento do valor econômico da água;
- ☐ Gestão descentralizada e participativa.

3.2. A bacia hidrográfica como limite territorial para planejamento ambiental

Lanna (1995) propõe a adoção da unidade territorial “bacia hidrográfica” como uma das alternativas para o planejamento e gerenciamento ambiental, destacando algumas vantagens e desvantagens. Dentre as vantagens argumenta que a rede de drenagem de uma bacia pode ser capaz de indicar relações de causa-efeito, particularmente aquelas que envolvem o meio hídrico. Dentre as desvantagens argumenta que nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia.

Ross & Del Prette (1998) ressaltam que a gestão ambiental caminha progressivamente para tomar as bacias hidrográficas como unidades de planejamento regional, mas como uma clara ênfase nos recursos hídricos. Advertem, entretanto, sobre a necessidade de uma política que contemple os outros componentes dos recursos naturais (solos, relevo, atmosfera, substrato rochoso, flora e fauna) e os componentes sociais e econômicos, não em termos de bacias hidrográficas, mas também considerando sua inserção regional e sua articulação com os problemas nacionais.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento não é uma unanimidade entre os países. Segundo Bourlon & Berthon (1993) vários países da Europa, como por exemplo, Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca e Suécia, adotam limites administrativos. Dentre os países que adotam os limites definidos por bacias

hidrográficas estão França, Espanha, Grécia, Portugal, Reino Unido e os Estados Unidos.

Nos Estados Unidos, apesar de haver desde 1965 uma lei que determina a utilização de bacias hidrográficas no planejamento ambiental e dos recursos hídricos, a grande autonomia dos estados, conforme Setti (1996) faz com que ocorram algumas dificuldades para a implantação e execução deste sistema.

Na França, a legislação que instituiu a adoção da bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento e gerenciamento data de 1964. Trata-se de um sistema descentralizado, com a participação da comunidade e que prevê a cobrança pelo uso da água. A organização do sistema se estabelece pela atuação de três entidades, conforme Lanna (1995) e Setti (1996): o Comitê de Bacia, que funciona como um “parlamento” das águas, sendo responsável pelas ações normativas; a Agência de Bacia, que é um organismo público com personalidade civil e autonomia financeira, responsável pela cobrança do uso da água, atribuição de subsídios e empréstimos para realização de obras de interesse comum e contribuição na execução de estudos e pesquisa; e as Comunas e Departamentos, que estabelecem os objetivos de qualidade para os cursos d’água e executam as obras públicas na bacia. Acima destas três entidades está o Estado, por meio de uma coordenação interministerial, que monitora as fontes poluidoras e/ou consumidoras e exerce a tutela sobre as agências e comitês.

O sistema que vem sendo implementado no Brasil desde 1976 por meio de projetos-piloto e que foi posteriormente incorporado pela Política Nacional de Recurso Hídricos (Lei 9.433), tem por base o modelo francês. A primeira experiência foi implantada nas bacias do Alto Tietê e Cubatão, no estado de São Paulo.

O primeiro grande passo para instituir uma política efetiva de recursos hídricos utilizando-se de bacias hidrográficas como unidade de planejamento surgiu no estado de São Paulo em 1987, quando começou a ser formulado o Plano Estadual de Recursos Hídricos, promulgado como lei em 1991. Pela nova lei ficaram estabelecidos os seguintes pontos: adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento; gerenciamento descentralizado, participativo e integrado dos recursos hídricos; e cobrança pelo uso da água. Para servir de experiência piloto em

suas disposições transitórias estabeleceram-se dois Comitês de Bacias em regiões diferenciadas e críticas: um para as bacias do Alto Tietê e Baixada Santista e outro para as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

Com base no modelo francês e na experiência já consumada pela legislação paulista, o governo brasileiro sancionou, em Janeiro de 1997, a Política Nacional de Recursos hídricos, que prevê o estabelecimento de bacias hidrográficas como unidades de planejamento e gerenciamento e a criação dos seguintes organismos: Conselho Nacional de Recursos Hídricos; Comitês de Bacias Hidrográficas; Agências de Bacias e Organizações Cívicas de Recursos Hídricos. Neste sistema, vale destacar o princípio da gestão descentralizada e participativa, onde as discussões sobre a melhor maneira de lidar com o meio ambiente devem ser geradas pelas próprias localidades.

As experiências de planejamento ambiental já consumada no Brasil por meio dos comitês de bacias priorizam o desenvolvimento regional e o estabelecimento de macrozoneamentos. Partindo desta constatação, Lanna (1995) questiona sobre qual escala de atuação deveria ser a mais adequada para atender aos objetivos e metas pretendidos. Desta maneira, sugere a adoção de, no mínimo, duas escalas: a primeira destinada a tratar da complexidade das inter-relações entre o todo e suas partes, envolvendo toda a superfície territorial da bacia e outra que deve tratar especificamente das partes, considerando as restrições, limitações e demandas impostas pelo todo, devendo ser aplicada em microbacias.

3.3. Legislação Ambiental no Estado de Minas Gerais

A legislação pertinente ao licenciamento ambiental hoje no Estado de Minas Gerais é bastante clara no que tange às medidas de proteção e minimização dos possíveis impactos ambientais causados pelos empreendimentos da área industrial em questão.

Nos termos da nova redação dada pelo Decreto Estadual 32.566/91, são abordados os seguintes aspectos: Propostas de medidas corretivas para eventuais situações em que haja poluição ou riscos de poluição decorrentes da emissão de ruídos, face a Lei Estadual 10.100/90; decorrentes da emissão de efluentes líquidos gerados nos diversos

setores da empresa, face aos artigos 15 e 17 da Deliberação Normativa COPAM/10/86; decorrentes da emissão de efluentes atmosféricos, face aos artigos 6º e 9º da Deliberação Normativa COPAM/11/86; decorrentes do armazenamento transitório, da disposição final ou do tratamento dado aos resíduos sólidos de origem industrial, face a Deliberação Normativa COPAM/07/81, tomando como referência as Normas Técnicas da ABNT pertinentes.

O licenciamento ambiental é obrigatório para as empresas das classes 3 a 6, conforme classificação definida pelo Conselho Estadual de Política Ambiental, através da deliberação normativa nº 74. Ela classifica, detalhadamente, pelo tamanho e potencial poluidor, as diversas atividades.

Para obter o licenciamento ambiental, junto às unidades de atendimento, o primeiro passo é o preenchimento do Formulário Integrado de Caracterização do Empreendimento (FCEI), no qual será avaliada em que classe a empresa se enquadra. Somente a partir disso, o empreendedor recebe o Formulário Integrado de Orientação Básica (FOBI), onde são detalhados os documentos que deverão ser apresentados, assim como todos os procedimentos.

O processo de licenciamento é dividido em três etapas:

Licença Prévia (LP): concedida na fase preliminar de planejamento do empreendimento ou atividade, aprovando, mediante fiscalização prévia obrigatória ao local, a localização e a concepção do empreendimento, bem como atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidas nas próximas fases de sua implementação. Tem validade de até quatro anos.

Licença de Instalação (LI): autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo-se as medidas de controle ambiental e demais condicionantes. Tem validade de até seis anos.

Licença de Operação (LO): autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após fiscalização prévia obrigatória para verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, tal como as medidas de controle ambiental e as condicionantes porventura determinadas para a operação. É concedida com prazos de validade de

quatro ou de seis anos, estando, portanto, sujeita à revalidação periódica. A LO é passível de cancelamento, desde que configurada a situação prevista na norma legal.

Se o requerimento de licença ambiental é apresentado quando o empreendimento ou atividade está na fase de planejamento, ou seja, antes que qualquer intervenção seja feita no local escolhido para sua implantação, diz-se que está ocorrendo o licenciamento preventivo. Quando o empreendimento ou atividade está na fase de instalação ou de operação, diz-se que está ocorrendo o licenciamento corretivo. Nesse caso, dependendo da fase em que é apresentado o requerimento de licença, tem-se a licença de operação de natureza corretiva (LOC). Independentemente do tipo de licença requerida, o prazo regimental para que o órgão ambiental se manifeste acerca do requerimento é de até seis meses. Em todas as etapas do licenciamento, as autorizações só são emitidas após análise e aprovação pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam). O valor da taxa de licenciamento varia de acordo com tamanho do empreendimento e potencial poluidor.

Neste trabalho proposto, a obtenção de licença de operação da unidade de fundição de siderúrgicas não integradas remete à utilização de novas tecnologias empregadas no processo produtivo proporcionando uma nova abordagem ambiental.

Assim, periodicamente, ocorrem mudanças relevantes quanto aos equipamentos e instrumentos de infra-estrutura o que, conseqüentemente acarreta mudanças nas referências quantitativas e qualitativas do controle ambiental.

Esta é a razão da proposição do projeto discutido neste trabalho, onde é priorizado investimentos em tecnologia com ganho em proteção ambiental, prevenindo e minimizando consideravelmente os impactos do meio antrópico e biótico.

3.4. Histórico do alto forno

A ação de misturar carbono com óxido de ferro em contato com oxigênio do ar para a obtenção do ferro metálico começou por acaso, quando o homem descobriu o fogo e na queima de madeira na fogueira, que era rodeada de pedras (minério). Com o tempo essas pedras eram transformadas e conseguia-se um material maleável e resistente. Na realidade, o homem estava processando a redução dos óxidos de ferro pelo carbono da

madeira (carvão vegetal). Como se atingia baixas temperaturas, pouco carbono se incorporava ao ferro, portanto, produzia-se aço.

Basicamente, a mistura carvão – minério – oxigênio (do ar) é o princípio da redução dos óxidos de ferro que persiste até hoje. A evolução foi da maneira de como se processa isso. Para ilustração, serão apresentados algumas formas de fornos, que foram evoluindo com o tempo.

Foram encontrados em Altena (Alemanha) Fornos de Lupa, para produção de aço, datados de 100 A.C. A Figura 3.1 ilustra esse tipo de forno.

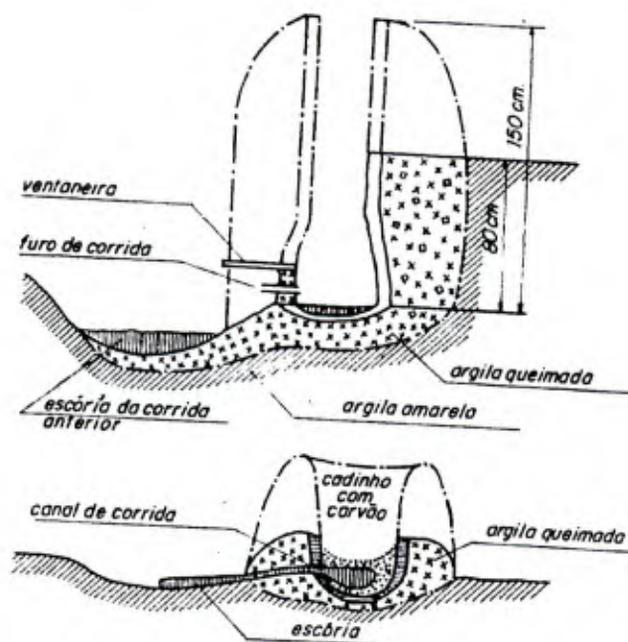


Figura 3.1 - Reconstituição dos fornos de lupa encontrados em Altena (Alemanha) datando de 100 A.C.

Por volta de 800 D.C. apareceram os fornos baixos, de seção circular, com cerca de 0,5 m de diâmetro e 1 m de altura, construídos em pedra e acionados por fole de pisotear ou manuais, tornando o forjador independente dos caprichos dos ventos. A Figura 2.3 mostra esses fornos, usados na Inglaterra na época da invasão romana.

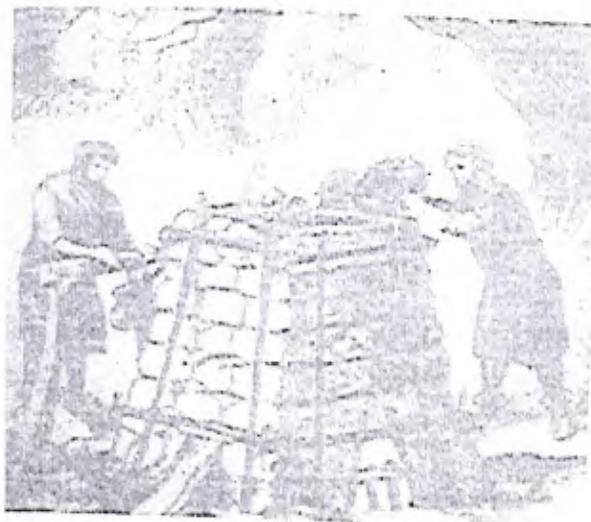


Figura 3.2 - Baixo forno, carregado manualmente, na Inglaterra, na época da invasão romana, 800 D.C.

Entre os séculos XI e XV as forjas catalãs dominaram a produção de ferro. Elas consistiam de uma lareira feita de pedras e para o sopro usava-se foles manuais e mais tarde trompas d'água. A soleira era coberta com uma camada de carvão vegetal e por cima carregava-se o minério de ferro. Depois de um certo tempo de sopro (2 a 4 horas) formava-se no fundo uma massa pastosa ou "lupa", a qual era retirada e martelada para expulsar a escória misturada. A Figura 2.4 ilustra detalhes desse tipo de forno.

Até o século XV com a utilização dos fornos citados a temperatura que o processo atingia era muito baixa (no máximo 1200 °C) e o carbono incorporava pouco no metal. Portanto, o que se obtinha era aço no estado sólido ou no máximo pastoso.

Em torno de 1440 apareceram na Alemanha e na Áustria os "Stuecköfen" construídos em alvenaria e com forma de dois troncos de cone justapostos pela base, com uma altura entre 3 e 5m e uma seção de 0,9 m x 0,9 m. Um ou dois algaravizes (tubeiras) alimentavam o forno com ar soprado, a uma altura de 0,3 m acima do fundo. A Figura 2.5 mostra esse forno. Ele tinha uma capacidade de sopragem maior, aliada à utilização de foles acionados por roda d'água. Com isso, a temperatura de trabalho aumentou e facilitou a incorporação de carbono no metal, o que abaixa a temperatura de fusão do metal. Conseguia-se, então, a produção de metal líquido e conseqüentemente desenvolvia-se as técnicas de fundição. Porém, esse metal líquido, depois de solidificado tinha propriedades muito diferentes do obtido anteriormente, no estado

sólido. Ele depois de aquecido e martelado quebrava-se facilmente. Mas, logo foi desenvolvido o processo de oxidação desse metal e nascia o processo indireto de fabricação de aço: produção de gusa e depois a sua descarburização.

As temperaturas do metal nesses fornos chegava a 1400 °C e o ferro escorria do cadinho em leitos de areia. O longo canal principal era chamado de "sow" (porca mãe) e os moldes pequenos, derivando do canal principal eram chamados de "pigs" (porcos), dando origem à denominação de "pig iron" para o gusa sólido.

Com as restrições impostas pelos governos, principalmente o Inglês, às devastações das florestas para a produção de carvão vegetal, começou-se a tentar a utilização do carvão de pedra (carvão mineral) em substituição ao carvão vegetal. No início, as dificuldades com o seu amolecimento e cozimento dentro do forno impediam a sua utilização. Somente com o desenvolvimento da transformação do carvão mineral em coque é que foi possível utilizá-lo no alto-forno. O primeiro gusa fabricado com coque foi em 1708-1709 por Abraham Darby, na Inglaterra. Porém, esse gusa não era considerado de qualidade, devido ao enxofre que tornava o ferro quebradiço. Somente com a disseminação do processo de plundagem, já conhecido há muito tempo, e com os trabalhos de Henry Cort, que em 1784 foi possível adotar a prática de dessulfuração e a obtenção de um ferro de qualidade. O gusa obtido, com enxofre elevado, era refundido em forno de soleira rasa (de revérbero), entrando em contato com gases oxidantes. Mediante a agitação por meio de barras ("to puddle", em inglês), todo banho entrava em contato com o oxigênio dos gases e assim refinava o metal (descarburização e dessulfuração) e conseguia-se o ferro pudlado ou ferro doce.

Com relação ao alto-forno, a partir de 1780 as evoluções de equipamentos foram acontecendo gradualmente. Nesse ano começou-se a utilizar sopradores acionados a vapor. Em 1828, James Beaumont Neilson, na Escócia, fez o primeiro pré-aquecedor do ar soprado (recuperadores tubulares). Em 1832, Fabre du Faur obteve uma patente na Alemanha sobre aplicação do gás do alto-forno para pré-aquecer o ar soprado. No ano de 1857, Edward Cowper utilizou, pela primeira vez, regeneradores cheios de tijolos refratários e queimando o gás do próprio alto-forno para elevar a temperatura de sopro.

Com relação ao conhecimento e ao controle do processo em si, as evoluções aconteceram recentemente. Apesar de que o ato de misturar carvão vegetal ou coque com o minério e soprar ar é basicamente o mesmo desde a primeira redução de minério, as evoluções dos equipamentos permitiram uma melhor eficiência no processo. Somente em torno de 1950 é que Kitaev, russo, desenvolveu um trabalho de avaliação do perfil de temperatura da carga e dos gases dentro do alto-forno. Foi o primeiro passo para se entender melhor o que acontecia no reator. Na década de 1960, os franceses, através do IRSID elaboraram um modelo operacional (modelo termoquímico) que esclarecia muita coisa do processo e permitia um melhor controle da operação do mesmo. E, a partir de 1970, os japoneses, através dos trabalhos de congelamento e dissecação dos altos-fornos, apresentaram ao mundo vários esclarecimentos de como se desenrolava os fenômenos dentro do alto-forno.

Esses conhecimentos, aliados às melhorias nos equipamentos, permitiram que os altos-fornos apresentassem altos índices de produtividade e baixos consumos de combustíveis.

No Brasil, especificamente em Minas Gerais, aconteceram alguns fatos marcantes da história do alto-forno. Em 1884, tem o início a construção da Usina Esperança em Itabirito, com o primeiro alto-forno do Estado sendo erguido. Em 1925, nasce a primeira usina integrada da América do Sul: Belgo Mineira, em Sabará. Essa Usina foi resultante da associação da Aciéries Réunies de Burbach-Eich-Dudelange – ARBED, consórcio belgo-luxemburguês, com a Companhia Siderúrgica Mineira, que produzia originalmente ferro a partir de forjas catalãs.

Em 1937, A Belgo Mineira inaugurou a sua segunda usina no Brasil – maior do mundo integrada a carvão vegetal – introduzindo uma visão pioneira na América, o reflorestamento à base de eucaliptos para suprir a demanda de carvão vegetal nos altos-fornos.

A primeira usina siderúrgica a coque só se viabilizou no Brasil em 1941, com a implantação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em Volta Redonda, Rio de Janeiro.

A partir de 1970 observou-se um "boom" de instalações de pequenos altos-fornos, a base de carvão vegetal, que produzem gusa sólido (em lingotes) para exportação e mercado interno.

3.5. Panorama das Unidades de Fundição de Siderúrgica Não Integrada no Estado de Minas Gerais

3.5.1. Localização

Tradicionalmente, as indústrias de ferro-gusa são instaladas próximas a regiões com relativa facilidade de obtenção de minério de ferro e carvão vegetal, e a locais com infra-estrutura para escoamento da produção industrial. Assim, as indústrias de ferro-gusa de Minas Gerais estão distribuídas próximas ao Quadrilátero Ferrífero, dentro de um raio aproximadamente de 150 km da capital de Minas Gerais. Atualmente, encontram-se, relativamente, afastadas das zonas de reflorestamento e produção de carvão vegetal (Jacomino et al. 2002). Estão em funcionamento 61 indústrias de ferro gusa no Estado de Minas Gerais, conforme dados obtidos na Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM 2004).

As indústrias estão concentradas nas regiões oeste, noroeste e metalúrgica do estado. As regiões noroeste e oeste possuem 44% das indústrias cada uma e os outros 12% estão na região metalúrgica (Figura 3.3).

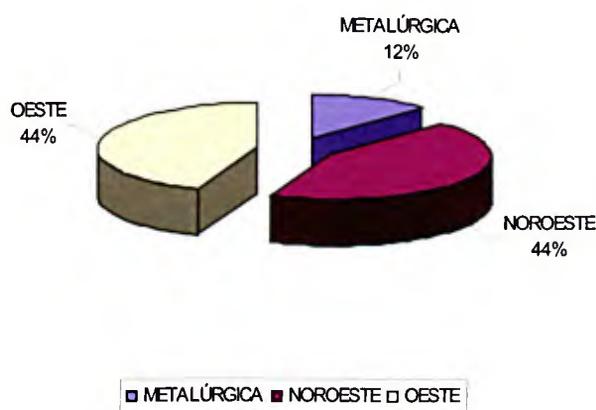


Figura 3.3 – Percentual de Indústrias por Região de Planejamento

A bacia do Rio São Francisco congrega todas as indústrias minerais de gusa, que se distribuem nas sub-bacias dos Rios das Velhas (41%), Pará (43%) e Paraopeba (16%), afluentes da margem direita do Rio São Francisco (Figura 3.4). Os rios das Velhas e Paraopeba são importantes tributários, pois são fontes de abastecimento urbano e industrial da região metropolitana de Belo Horizonte.

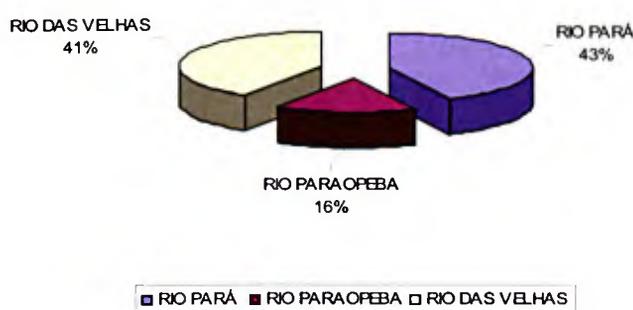


Figura 3.4 – Percentual de Indústrias por Sub-Bacia

O município de Sete Lagoas, localizado na região Noroeste, pertencente às sub-bacias dos Rios das Velhas e Paraopeba, é o grande destaque na produção de ferro-gusa. Concentra cerca de 36% dos 45 produtores independentes do estado. Seguem em importância, os municípios de Divinópolis, com 18% das indústrias, e Pará de Minas, com 5%. Os 41% restantes estão distribuídos por 17 municípios do estado (Figura 3.5)



Figura 3.5 – Percentual de indústrias por Município

Quanto à zona de ocupação, cerca de 41% das indústrias localizam-se na malha urbana, enquanto apenas 7% à área rural, ou seja, área sem infra-estrutura, distante pelo menos 500 metros de povoados. Os 52% restantes situam-se em zona mista, isto é, em área compreendida entre a zona urbana e rural, ou à beira de rodovia. A tabela 3.1 resume as informações sobre a localização das mineiras de gusa.

Tabela 3.1 – Localização das Indústrias do Setor Ferro-Gusa, número de indústrias e altos fornos por município

Município	Região de Planejamento	Sub-bacia	Zona	Altos-Fornos	Indústria
Alfredo Vasconcelos	Oeste	Pará	Mista	2	1
Bom Despacho	Oeste	Pará	Urbana	3	2
Betim	Metalúrgica	Paraopeba	Urbana/Mista	7	1
Carmo do Cajuru	Oeste	Pará	Mista	1	1
Carmo da Mata	Oeste	Pará	Mista	1	1
Conc. do Pará	Oeste	Pará	Rural	1	1
Contagem	Metalúrgica	Velhas	Urbana	2	1
Curvelo	Noroeste	Paraopeba	Mista	2	1
Divinópolis	Oeste	Pará	Urbana	16	11
Gov. Valadares	Oeste	Pará	Urbana	1	1
Itabira	Metalúrgica	Velhas	Mista	1	1
Itabirito	Metalúrgica	Velhas	Urbana	1	1
Itatiaiuçu	Oeste	Paraopeba	Urbana	1	1
Itaúna	Oeste	Pará	Mista	5	4
Lagoa da Prata	Oeste	Pará	Mista	1	1
Maravilhas	Oeste	Pará	Mista	1	1
Mateus Leme	Oeste	Velhas	Urbana	1	1
Matozinhos	Oeste	Velhas	Mista	2	1
Pará de Minas	Oeste	Pará	Urbana	4	3
Pedro Leopoldo	Noroeste	Velhas	Mista	1	1
Pitangui	Oeste	Pará	Mista	3	1
Prudente de Moraes	Noroeste	Velhas	Urbana	2	1
São Gonç. do Pará	Oeste	Pará	Urbana	2	2
Sete Lagoas	Noroeste	Velhas (26) Paraopeba (10)	Mista(26) Urbana(10)	36	20

Fonte: FEAM, 2004

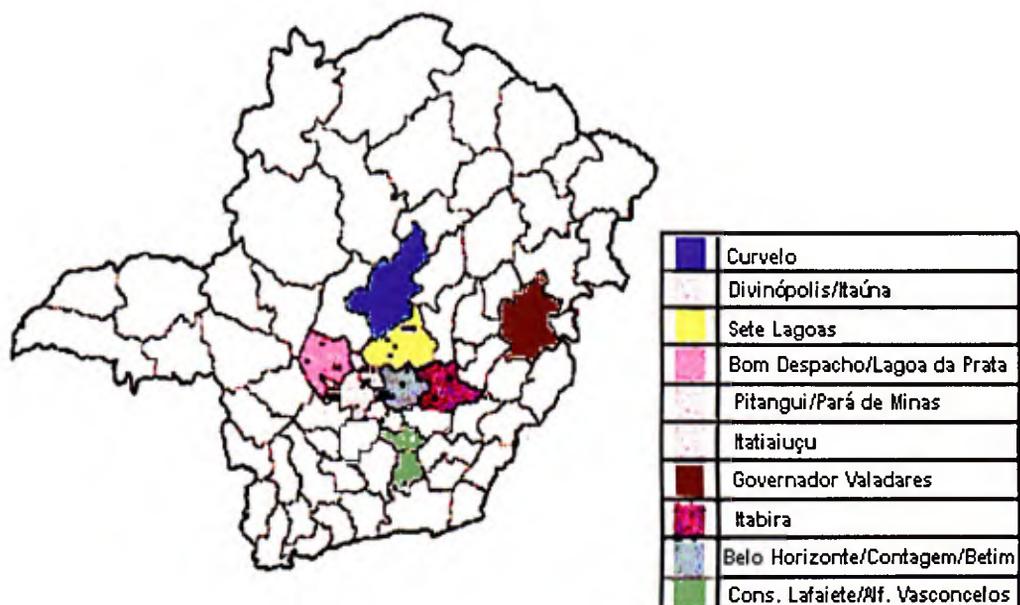


Figura 3.6 - Mapa de localização regional das indústrias de ferro gusa no Estado de Minas Gerais

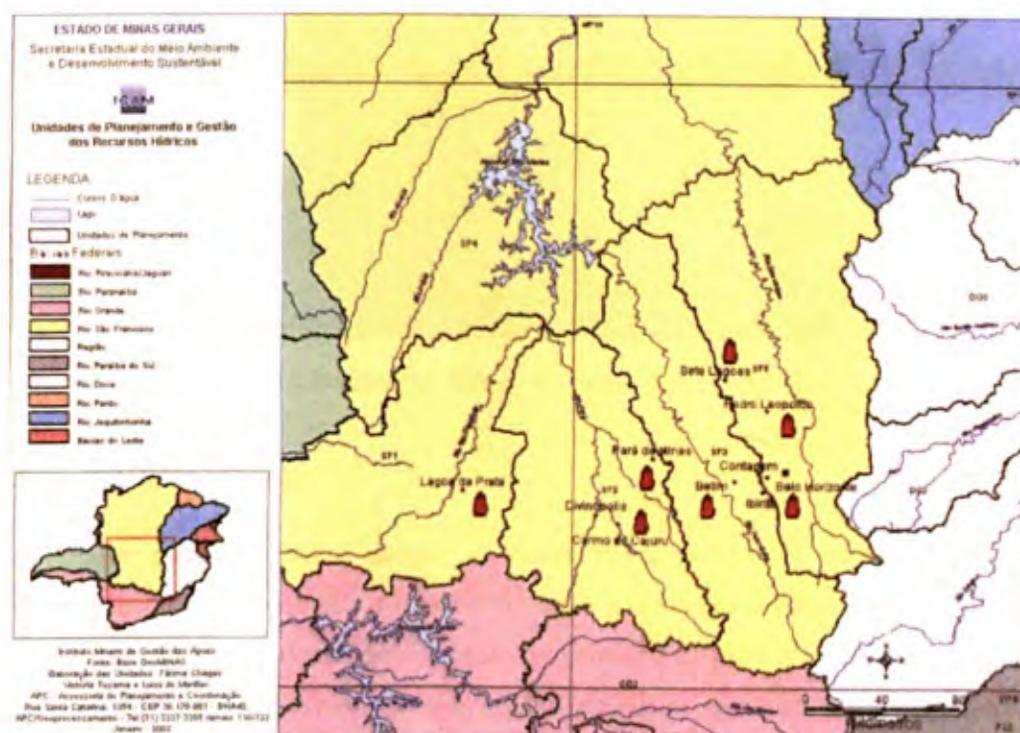


Figura 3.7 – Localização das Indústrias de Ferro-Gusa em Minas Gerais, destacando inserção na bacia hidrográfica

3.5.2. Capacidade de Produção

3.5.2.1. Produção de Ferro Gusa em Minas Gerais

Cerca de 110 altos-fornos instalados; com capacidade para 7 milhões t/ano; faturamento anual de aproximadamente 4 bilhões; principal produtor: Sete Lagoas (23 usinas – 39 altos-fornos); 40% das usinas localizam-se na área urbana, 7% na área rural e 53% na área mista.

O setor guseiro em Minas Gerais opera com altos-fornos a carvão vegetal, cuja capacidade unitária varia entre 55 e 350 t/dia de ferro-gusa. As indústrias geralmente possuem de 1 a 3 altos-fornos, excepcionalmente 4 ou 7. Em termos de distribuição percentual, 51% das indústrias possuem 1 alto-forno (Figura 3.8).

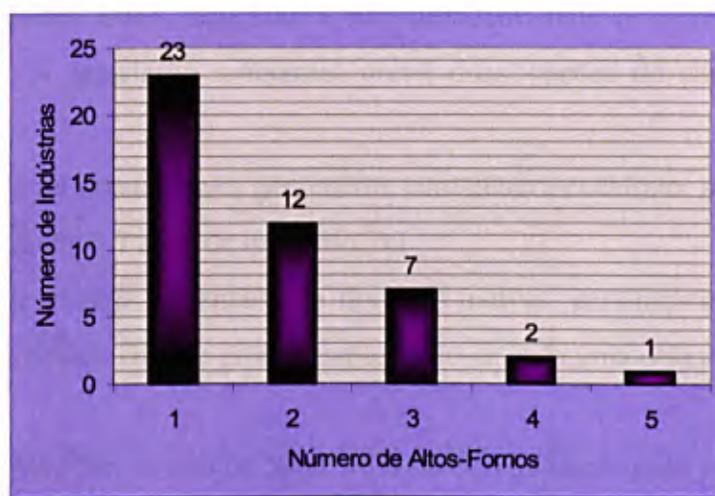


Figura 3.8 – Distribuição das Indústrias segundo o N° de Altos-Fornos

3.5.3. Matérias-Primas

As matérias-primas básicas utilizadas pelos produtores independentes na fabricação do ferro-gusa são o minério de ferro e o carvão vegetal. Outros insumos importantes são os fundentes notadamente o quartzo, o calcário e a bauxita, o minério de manganês, escória de ferro silício e resíduos metálicos. Eventualmente, e em parcela reduzida, o coque integra a carga dos altos-fornos dos produtores independentes.

Tabela 3.2 – Produção de 1000 kg de gusa

Produção de 1.000 kg de gusa (constituintes)	Carga típica
Minério de ferro	1600 kg
Carvão	150 kg
Fundentes	50 kg
Ar	1.500 kg

O consumo específico de minério de ferro nas indústrias varia de 1480 a 1790 kg/t gusa. Isto equivale a um consumo diário de 16.900 a 20.500 toneladas de minério, considerando a capacidade atual do setor.

Minas Gerais é o estado que mais utiliza altos-fornos a carvão vegetal. Inicialmente, todo o carvão era proveniente de florestas naturais do Estado, mas atualmente essas florestas estão reduzidas e não atendem mais as necessidades da indústria siderúrgica. A legislação ambiental prevê duas opções de suprimento de carvão vegetal:

- Via projetos de reflorestamento, geralmente com gênero eucalipto, mediante três cortes consecutivos 6-7 anos de intervalo, ou
- Via projetos de manejo sustentado de florestas nativas, geralmente no cerrado, onde a área é dividida em dez glebas, explorando-se cada uma delas por ano.

De acordo com o Sindifer, no ano de 2000, 70% do carvão consumido pela indústria de ferro-gusa foram provenientes de florestas plantadas de eucalipto, 9% oriundos de projetos de manejo e 21% de material lenhoso nativo ou proveniente do uso alternativo do solo. O levantamento realizado junto aos produtores independentes mostrou que o consumo de carvão de eucalipto já é majoritário nas empresas e que o carvão nativo perdeu expressão no mercado. A composição mais utilizada atualmente é de 80% de carvão de eucalipto e 20% de carvão nativo. Parte deste insumo é de produção própria e parte é adquirida de terceiros, oriundo da expansão agropecuária de outros estados. Ao contrário das jazidas de minério de que estão localizadas bem próximas às empresas de gusa, o carvão já está sendo comercializado com uma distância às vezes superior a 1000 km. O setor apresenta um consumo específico de carvão entre 2,5 e 3,4 m³/t gusa. O consumo diário fica em torno de 31.000 m³ de carvão.

3.6. O processo de produção de ferro gusa em alto forno

3.6.1. Introdução

A obtenção do ferro a partir dos seus óxidos (Fe_2O_3) é um processo antigo, tratando-se, basicamente, da mistura do óxido com o carbono e um sopro de ar. A reação do carbono com o oxigênio proveniente do ar gera energia e gás redutor (CO) suficientes para a redução de Fe_2O_3 . O produto metálico é o gusa líquido, constituído de ferro (aproximadamente 94%), carbono (em torno de 4%) e outros elementos como silício, manganês, fósforo e enxofre. Nesses processos, obtém-se ainda um outro produto líquido conhecido como escória. Ela é formada principalmente pela ganga do minério (SiO_2 , Al_2O_3), pelos fundentes (CaO, MgO) e pelas cinzas do coque ou do carvão vegetal. Como sua densidade é mais baixa comparada ao do gusa líquido, um processo físico é capaz de separá-los.

3.6.2. Descrição do processo

Para a produção no alto-forno, podem ser utilizados dois tipos de combustíveis, responsáveis também pelo papel de redutores: carvão vegetal ou coque. No caso do alto-forno a carvão vegetal, durante o processo de redução, os materiais carregados – minério de ferro, carvão vegetal e fundentes (quartzo, calcário, dolomita, etc.) transformam-se nos produtos: gusa líquido, escória e gás de alto-forno. A redução dos óxidos de ferro se processa à medida em que a carga desce no interior do forno e os gases, resultantes da queima do carvão vegetal, sobem pela coluna de carga. Há um pré-aquecimento dos materiais e uma alteração na composição da carga.

O oxigênio que estava combinado com o ferro do minério, passa, sob a forma de óxidos de carbono, a fazer parte dos gases. Outras reações químicas e a fusão da ganga e dos fundentes acompanham o processo e formam a escória.

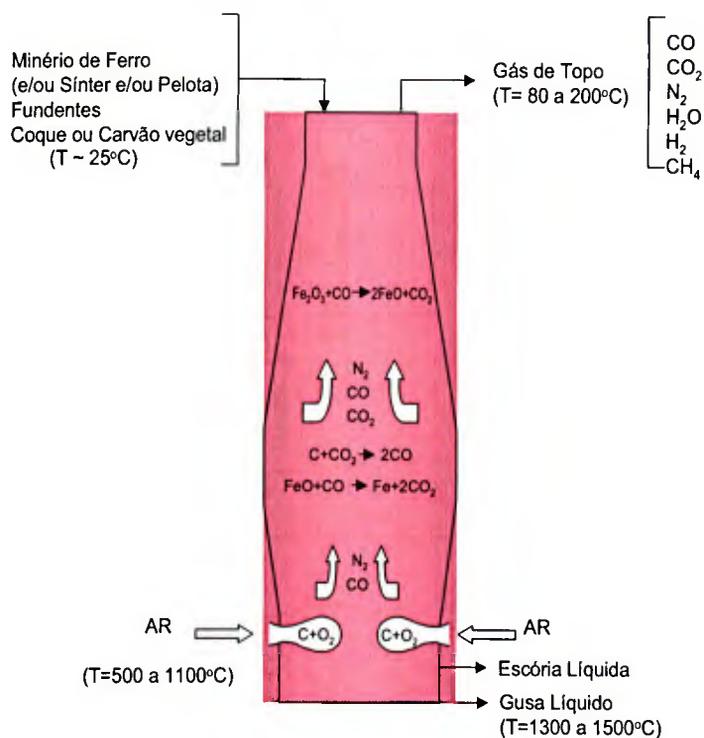


Figura 3.9 – Processo simplificado de redução dos óxidos de ferro no alto-forno

No caso do Setor Independente de Produção de Gusa, o produto para venda pode ser o gusa solidificado, em lingotes, ou mesmo o gusa líquido, transportado por carretas, condicionado em painéis e usado por empresas situadas perto do alto-forno (entre 10 a 20 km).

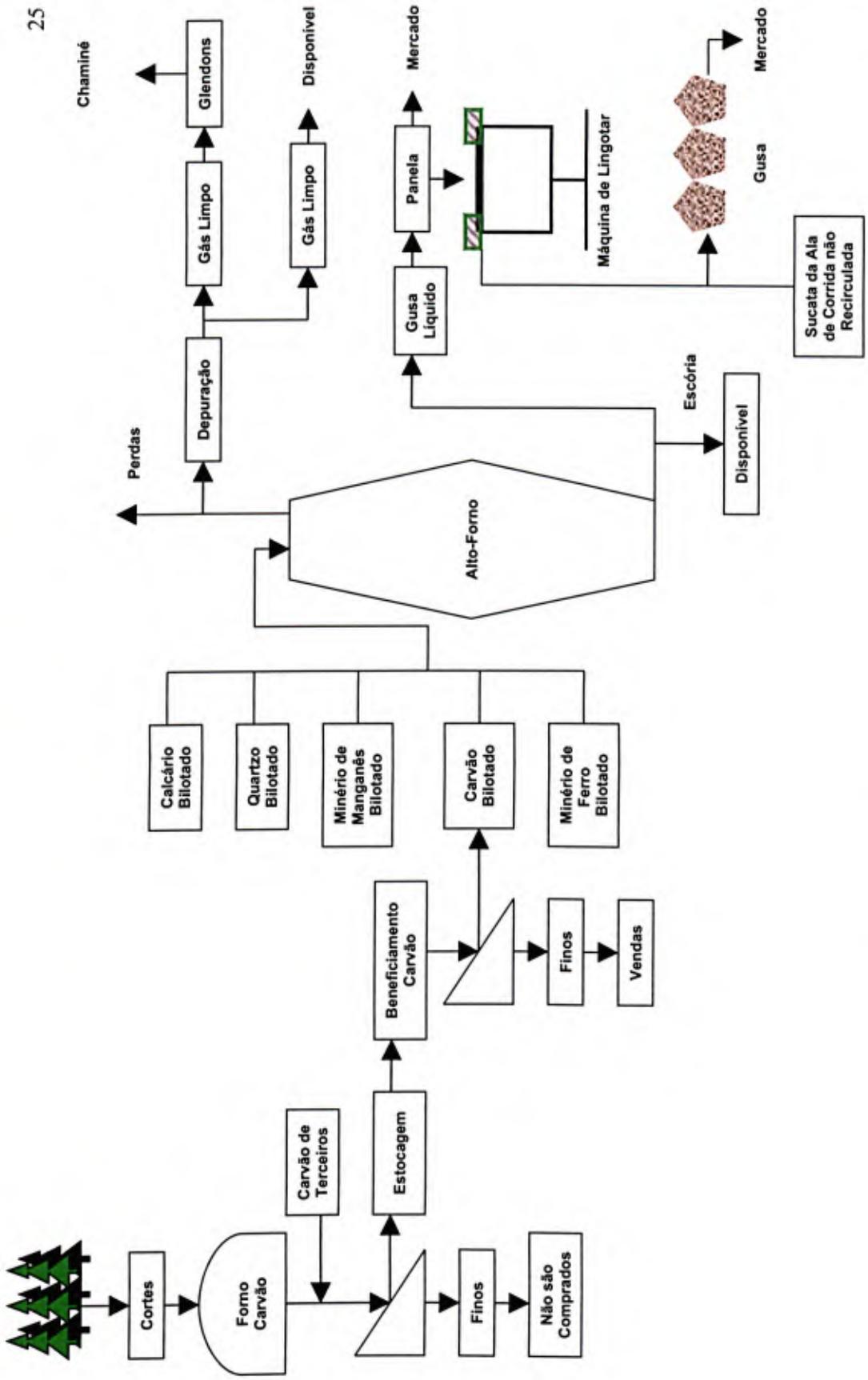


Figura 3.10 - Fluxograma geral da produção de ferro-gusa de uma empresa do Setor Independente

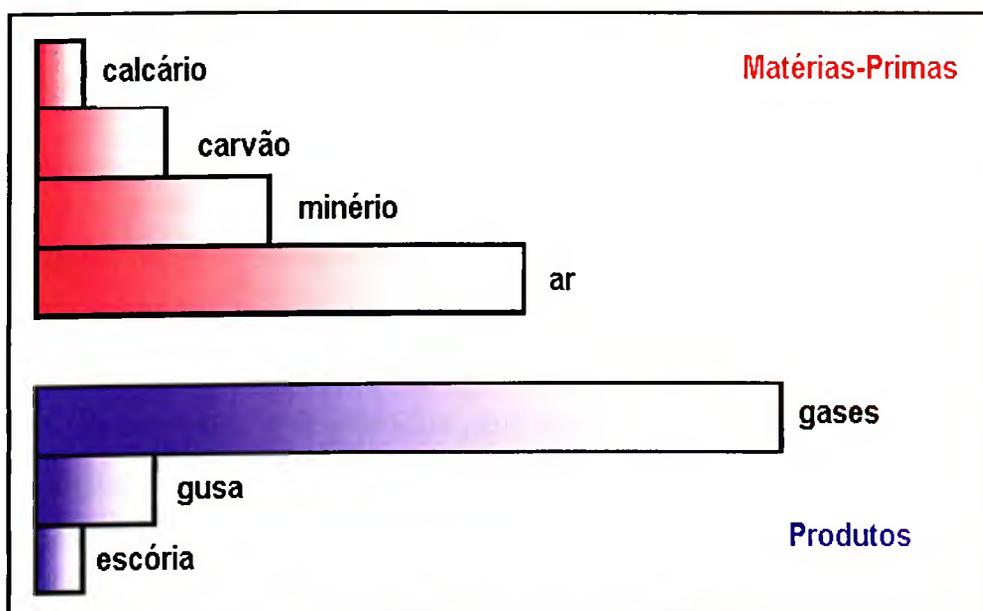


Figura 3.11 - Comportamento da proporção em massa do que entra e sai de um alto-forno

Tabela 3.3 - Composição típica do gusa

Composição (típica) do gusa	Valores (%)
Ferro	94 %
Carbono	3 a 4,4%
Silício	0,5 a 4,0%
Manganês	0,5 a 2,5%
Fósforo	0,05 a 2,0%
Enxofre	0,20% máx.

Tabela 3.4 - Composição típica da escória

Composição (típica) da escória	Valores (%)
SiO ₂	29 a 38%
Al ₂ O ₃	10 a 22%
CaO + MgO	44 a 48%
FeO + MnO	1 a 3%
CaS	3 a 4%

Tabela 3.5 - Composição típica dos gases

Composição (típica) dos gases	Valores (%)
CO ₂	13%
CO	27%
H ₂	2%
N ₂	54%

SO ₂	4%
H ₂ O e CH ₄	< 1%

3.7. O Alto Forno

Os altos-fornos a carvão vegetal de pequeno porte (produtores independentes de gusa) têm uma chaparia de aço externa e internamente um revestimento refratário. Para a maior durabilidade desse revestimento é usado um sistema de refrigeração que consiste de chuveiros externos. A refrigeração é feita, então, por meio de um filme contínuo de água, proveniente de chuveiros dispostos na parte superior das chapas do cadinho e da rampa e, em alguns casos, da cuba. O revestimento refratário consiste de tijolos sílico-aluminosos (duas camadas) desde a cuba até o cadinho. Alguns altos-fornos utilizam antracito na camada do cadinho em contato com o interior do forno.

Nos grandes altos-fornos a coque o sistema de refrigeração tem sido totalmente modificado e em toda a extensão do reator tem-se utilizado caixas de refrigeração ("stave") de cobre ou de ferro fundido. Essas caixas são colocadas entre uma pequena camada de refratário e a chapa de blindagem externa. Essas placas têm tubos no interior, onde circula água de resfriamento. Esse sistema tem permitido uma duração muito grande nas campanhas dos altos-fornos.

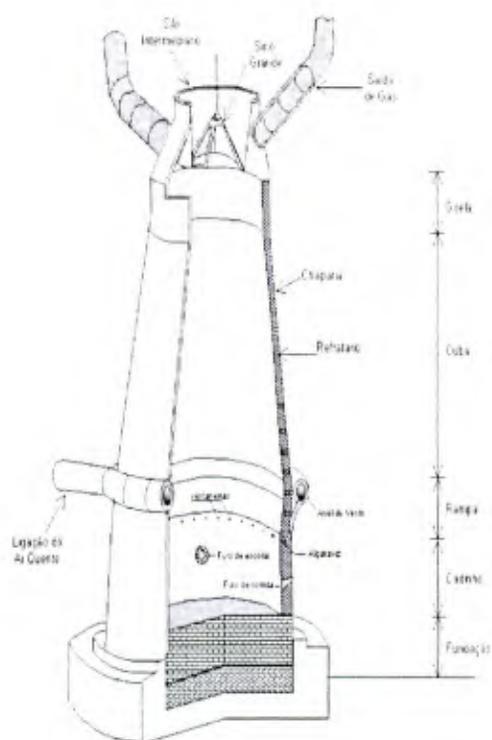


Figura 3.12 - Corte esquemático de um alto-forno.

No terço superior do cadinho do alto-forno está a zona das ventaneiras. Seu número depende do tamanho do forno. Por exemplo, para o alto-forno a coque da Usiminas, com 11,5 m de diâmetro de cadinho, têm-se 28 ventaneiras. Para um alto-forno a carvão vegetal de 5 m de diâmetro de cadinho têm-se de 6 a 8 ventaneiras.

É através das ventaneiras que o ar pré-aquecido é soprado no interior do forno. A ventaneira, propriamente dita, é de cobre, de formato cônico e refrigerada a água, ajustando-se firmemente no bocal do anel suporte e avançando alguns centímetros no interior do forno.

O ar pré-aquecido é introduzido através do tubo de ligação que une a ventaneira ao anel de vento. Esta ligação é constituída de três peças: o algaraviz, o cotovelo e o tubo superior de ligação (Figura 3.13). O cotovelo e o tubo superior são revestidos de material refratário.

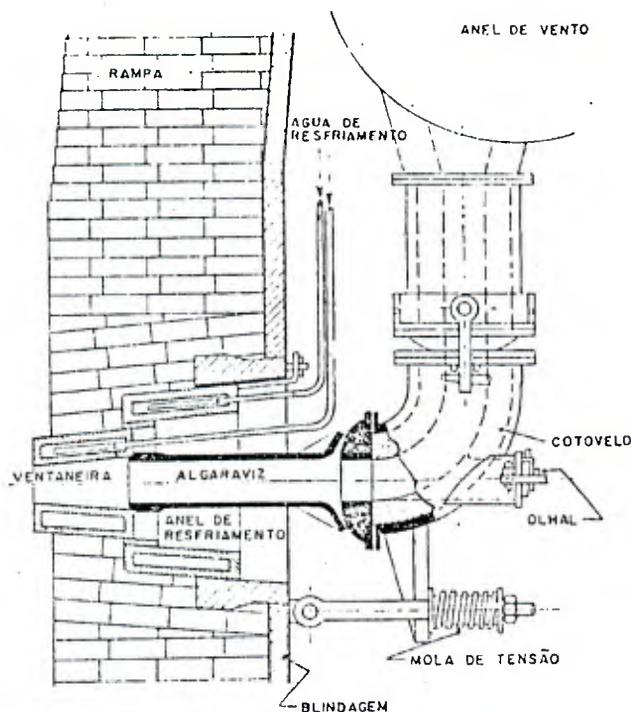


Figura 3.13 - Arranjo de uma ventaneira de alto-forno

O anel de vento circunda o forno e é suportado pela carcaça do mesmo. É construído em chapa metálica e revestido internamente de refratário.

O sistema de carregamento para alimentar um alto forno é feito através de skips ou correia transportadora. Os skips são constituídos de caçambas puxadas por cabos de aço e movem-se sobre linhas paralelas e inclinadas em relação à horizontal. As caçambas podem ser de fundo móvel ou basculante.

Os dois sistemas são utilizados de maneira indistinta para altos-fornos a carvão vegetal ou coque. O sistema de correia transportadora tem sido preferido para os novos projetos. Com o material no topo existem, basicamente, dois sistemas de carregamento para dentro do alto-forno: o de "duplo cone" e o "Paul Wurth" (ou "bell less").

3.7.1. Os regeneradores de calor

Se o ar necessário à combustão fosse introduzido pelas ventaneiras do alto-forno à temperatura ambiente, maior quantidade de combustível (carvão vegetal ou coque) seria gasta para gerar o calor necessário ao processo. Utilizando-se uma parte dos gases de topo do alto-forno para aquecer o ar, antes de soprá-lo pelas ventaneiras, obtém-se uma considerável economia de combustível sólido.

O ar proveniente dos turbo-sopradores é pré-aquecido nos regeneradores à temperaturas da ordem de 500 a 1200 °C e, então, introduzido no alto-forno pelas ventaneiras.

Os regeneradores de calor utilizados são os "Cowpers" e os "Glendons". Os "Glendons" são regeneradores de calor de menor eficiência, mas com um investimento menor. A temperatura do ar soprado chega a 1200 °C quando se utiliza "Cowpers" e varia de 500 a 850 °C quando os trocadores de calor são os "Glendons". Os altos-fornos a coque sempre utilizam os "Cowpers", enquanto que nos altos-fornos a carvão vegetal utiliza-se um ou outro trocador de calor, dependendo da Usina.

3.7.2. Cowpers

Os "Cowpers" são aparelhos que absorvem calor durante o período em que o gás de alto-forno é queimado na câmara de combustão e cedem calor durante o período em que o ar os atravessa, no sentido inverso. Normalmente, o alto-forno é equipado com três (ou quatro) "Cowpers", sendo dois em aquecimento e um cedendo calor ao ar soprado. Os "Cowpers" são constituídos de uma carcaça cilíndrica de chapa metálica, revestida internamente de tijolos refratários. Num dos lados existe a câmara de combustão, formando um ducto de seção circular ou oval, onde é queimado o gás de alto-forno em mistura com ar. O restante do volume interno é ocupado pelo empilhamento de tijolos refratários de formato especial, que podem ter desenhos e dimensões as mais variadas e formam canais com o máximo de superfície, como mostra a Figura 3.14.

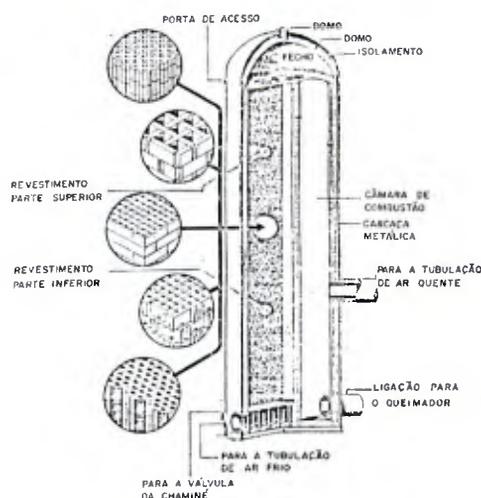


Figura 3.14 - Seção através de um "Cowper", mostrando a câmara e combustão e os diversos tipos de refratários usados

No aquecimento do "Cowper", o gás de alto-forno é introduzido na câmara de combustão juntamente com o ar, onde acontece a queima. O gás produto da queima passa pelo domo do "Cowper" e atravessa no sentido descendente o empilhamento de refratários, cede calor aos tijolos e sai pela chaminé para o ambiente. No resfriamento do "Cowper", ou aquecimento do ar soprado no alto-forno, fecham-se as entradas de gás de alto-forno e ar e a saída dos gases de queima. O ar frio é soprado para dentro do "Cowper" e percorre de baixo para cima o empilhamento de refratários aquecendo-se. Atingindo a cúpula do "Cowper" desce ao longo da câmara de combustão e vai direto para o alto-forno.

3.7.3. Glendons

A Figura 3.15 mostra esquematicamente um corte longitudinal de uma parte do Glendon. O equipamento referido é constituído, basicamente, de fileiras de garrafas de ferro fundido, interligadas por canais, ou de tubulações de aço inox. Na parte externa das garrafas de ferro fundido ou das tubulações de aço inox, o gás de alto-forno é queimado com ar, aquecendo as mesmas. O ar frio é soprado e passa por dentro das garrafas ou tubulações aquecendo-se.

Diferente do "Cowper", o processo de aquecimento do ar no Glendon é contínuo e depende apenas de uma unidade deste regenerador.

Nas unidades independentes o gás do Alto-Forno é atendido por dois Glendons para aquecimento do ar e uma tocha para queima do gás não utilizado.



Figura 3.15 - Corte longitudinal de uma parte do Glendon

Diferente do "Cowper", o processo de aquecimento do ar no Glendon é contínuo e depende apenas de uma unidade deste regenerador.

3.7.4. Tratamento do carvão vegetal: Descarga/Preparação de carga

O carvão vegetal é transportado até as empresas através de caminhões e pode ser acondicionado em sacos (sacaria) ou direto na carroceria dos caminhões (gaiola). As usinas independentes de produção de gusa em Minas Gerais recebem o carvão vegetal na sua grande maioria por sacaria. Poucas empresas trabalham com o recebimento por gaiola em maior proporção do que por sacaria. Em geral os caminhões gaiola são utilizados onde a descarga é por basculamento.

Antes da medida em volume, visando o acerto da quantidade comprada, o carvão vegetal passa por uma peneira fixa de 3/8". O carvão vegetal granulado é estocado em silos fechados ou vai direto para o sistema de carregamento do alto-forno. Essa última prática, chamada de descarga direta de carvão, depende muito da estratégia da empresa com relação ao estoque do material nos silos e, tecnicamente, diminui a geração de finos de carvão vegetal em função de um menor manuseio e conseqüentemente redução de material particulado emitido.

O número e o volume dos silos de carvão vegetal para cada alto-forno dependem da produção desse e variam de acordo com a empresa, assim como a malha utilizada nas peneiras antes do carregamento.

Com relação ao controle da quantidade de carvão vegetal a ser enforada, pode-se usar como medida o volume (m^3) ou o peso (kg). O controle pelo volume de carvão não é recomendável em função da grande variação da densidade do carvão vegetal. Atualmente, menos de um quarto das empresas utilizam o controle por volume e, como conseqüência, tem-se uma maior dificuldade em se controlar o nível térmico do alto-forno.

A figura 3.16 mostra esquematicamente o fluxo típico de carvão vegetal dentro de uma usina independente de produção de gusa.

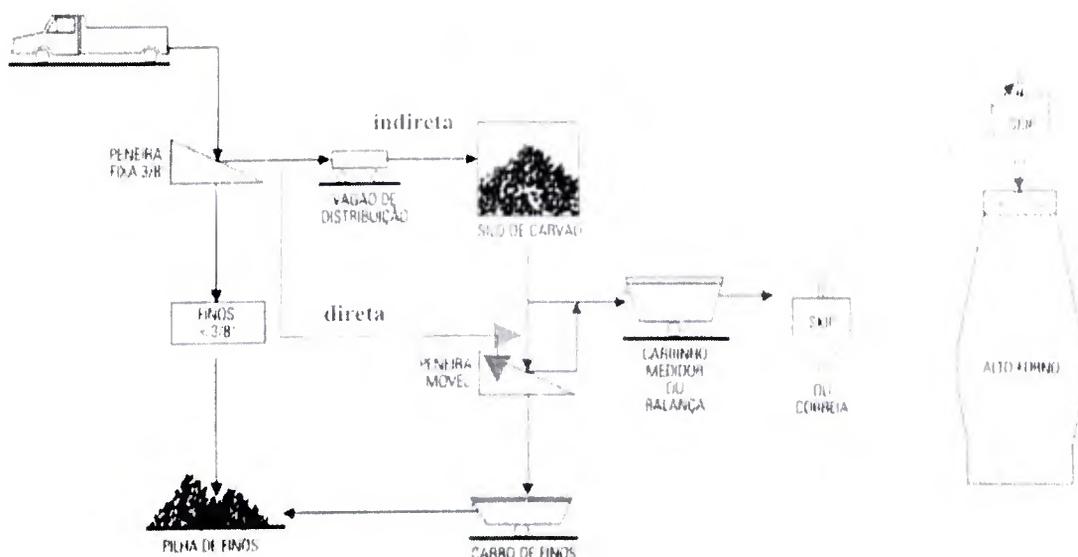


Figura 3.16 - Fluxo de carvão vegetal em uma usina independente de Produção de Ferro-Gusa.

3.7.5. Vazamento e lingotamento do Gusa

A retirada do ferro-gusa e da escória do alto-forno é uma etapa importante do processo. Procura-se não reter muito líquido no cadinho para não prejudicar a permeabilidade do forno. O vazamento do gusa pode ser intermitente ou contínuo.

O vazamento intermitente consiste em abrir o alto-forno, através do furo de corrida, num intervalo de tempo que varia de acordo com a prática operacional da empresa. Esse intervalo é de 1,5 horas ou de 2 horas na maioria dos casos. Nesse vazamento, a escória sai junto com o gusa e esses dois líquidos são separados em função da grande diferença de densidades (gusa – 7 t/m^3 e escória – 3 t/por m^3). A figura 3.17 mostra esquematicamente como é feita a separação da escória e do gusa.

O vazamento contínuo utiliza o princípio de vasos comunicantes. O cadinho do alto-forno é ligado, por um canal, a um poço retangular de acúmulo de gusa e o nível de gusa desse poço acompanha o nível dentro do alto forno. O gusa, nesse caso, sai continuamente, e a escória continua sendo retirada de maneira intermitente, através do furo de escória.

O vazamento contínuo é o mais utilizado nos altos-fornos de produtores independentes. Do total de fornos, praticamente 80% utilizam vazamento contínuo e 20% praticam o vazamento intermitente.

Com relação ao lingotamento do gusa, todas as empresas possuem a roda de lingotamento, que consiste em lingoteiras colocadas lado a lado formando um círculo. À

medida que as lingoteiras são preenchidas pelo gusa líquido, a roda gira e, no lado oposto do preenchimento, o lingote de gusa é retirado manualmente pelo basculamento da lingoteira. A capacidade de lingotamento varia de 5 t/hora até 29 t/hora, sendo que a maioria das rodas de lingotamento tem uma capacidade de 10 t/hora.

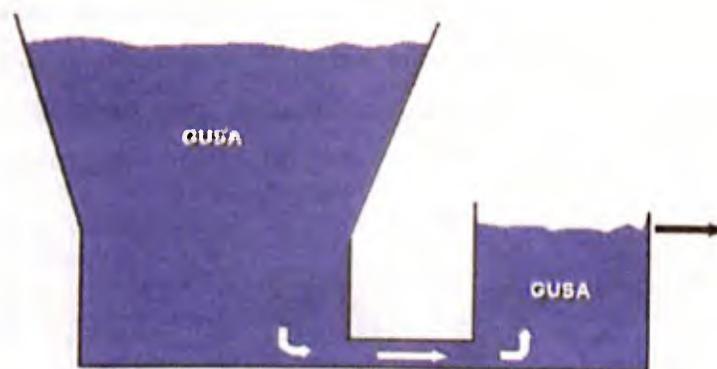


Figura 3.17 – Sistema de vazamento contínuo do gusa

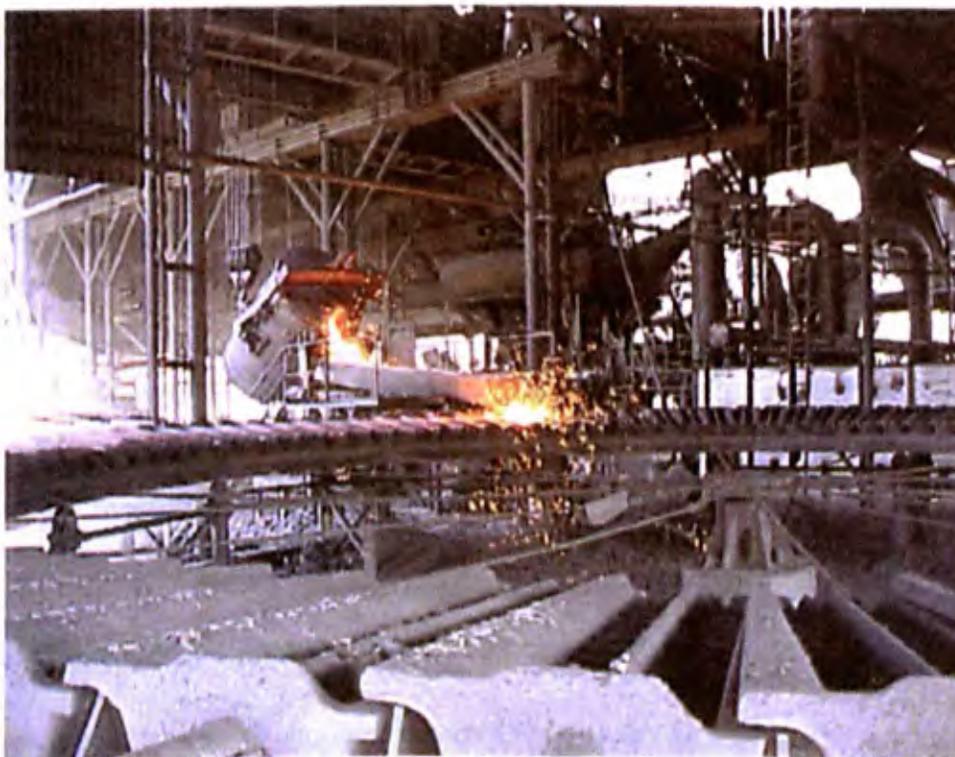


Figura 3.18 – Roda de Lingotamento

O lingote formado tem dimensões e pesos não padronizados. Eles possuem uma variação muito grande de acordo com a empresa. O peso mais praticado é de 4 kg e as dimensões mais encontradas são: comprimento = 12 cm, largura = 6 cm.

3.7.6. Balanço Energético do Processo

Pela característica do carvão vegetal, que apresenta variações em suas propriedades, e pela dificuldade de manutenção do mesmo minério de ferro na carga, o balanço de materiais no alto-forno varia, influenciando diretamente no balanço energético do processo, demonstrado na figura 3.19.

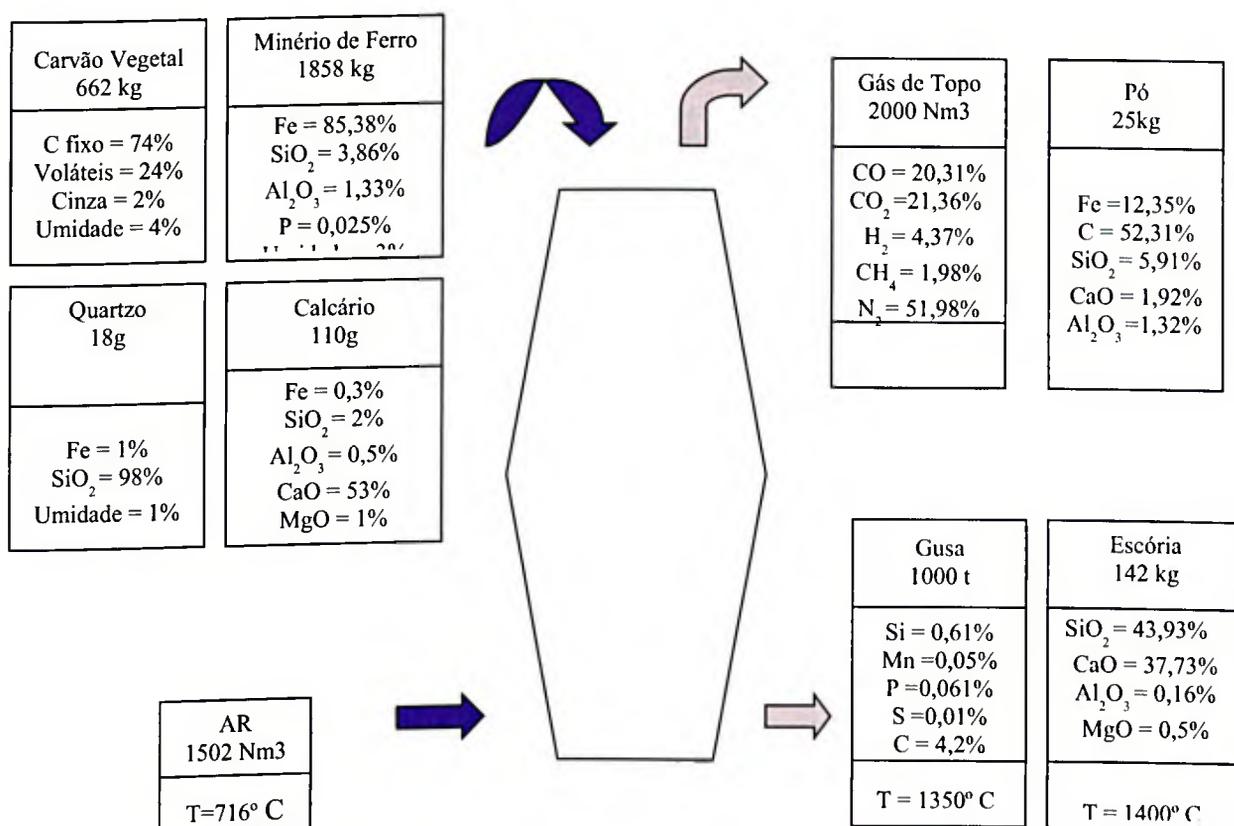


Figura 3.19 - balanço de massa do processo:

3.8. O sistema de limpeza dos gases do alto-forno

O gás que sai no topo do alto-forno contém CO (19 a 30%) e H₂ (3 a 7%) e, portanto, possui um alto poder calorífico. A queima desse gás com oxigênio do ar gera um calor que é aproveitado para o aquecimento do ar soprado nas ventaneiras do alto-forno. Mas,

devido à grande quantidade de pó arrastado, este gás deve ser tratado antes de ser utilizado.

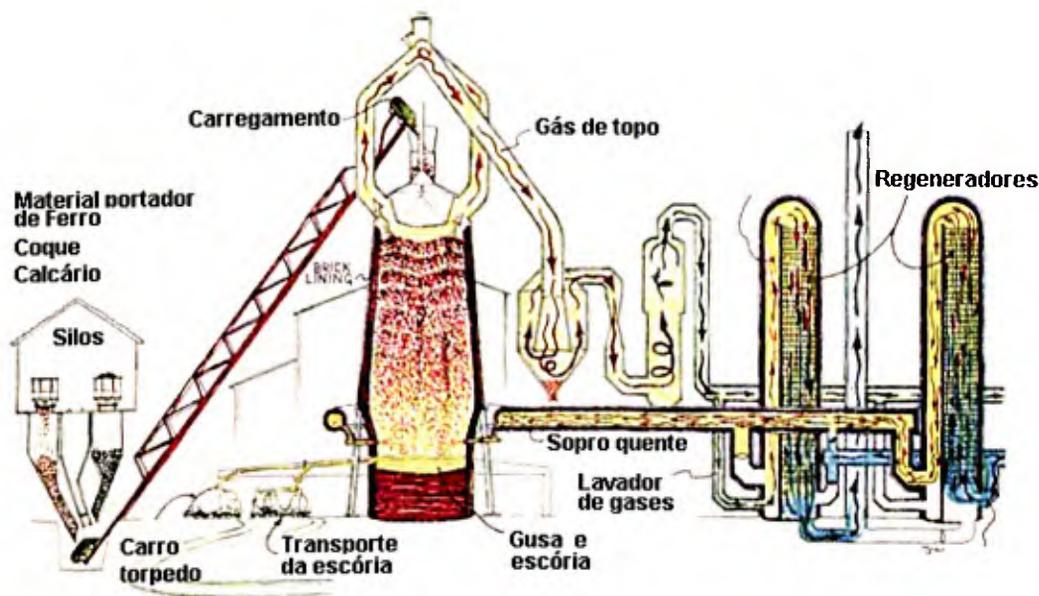


Figura 3.20 - Produção de Ferro-Gusa

Os sistemas básicos de limpeza de gás de alto-forno utilizados pelos produtores independentes de gusa podem ser resumidos em:

- Coletor de Pó (Balão) com selo a seco
- Coletor de Pó (Balão) com selo a úmido
- Ciclone ou Multiciclones (4 Ciclones)
- Lavador tipo Torre de Lavagem
- Lavador tipo Venturi

No Coletor de Pó (Balão), o gás vem do alto-forno e entra num tubo cônico, cujo diâmetro vai aumentando progressivamente. Como o gás é forçado a mudar de direção (para sair do coletor novamente pela parte superior), sua velocidade cai devido a maior seção e o pó arrastado deposita-se no fundo do balão. O selo do coletor pode ser a seco ou a úmido. (Figura 3.21)

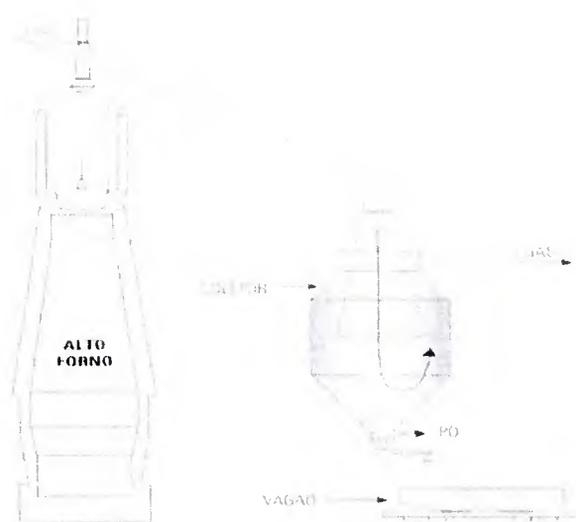


Figura 3.21 - Esquema do balão coletor primário do Gás do Alto-Forno

No ciclone, o gás entra tangencialmente, realizando uma trajetória circular no interior do aparelho, e sofre uma série contínua de mudanças de direção. As partículas, tendendo a manter a trajetória, são projetadas contra as paredes, perdem energia de movimento e caem no fundo cônico do ciclone, como é esquematizado na figura 3.22.

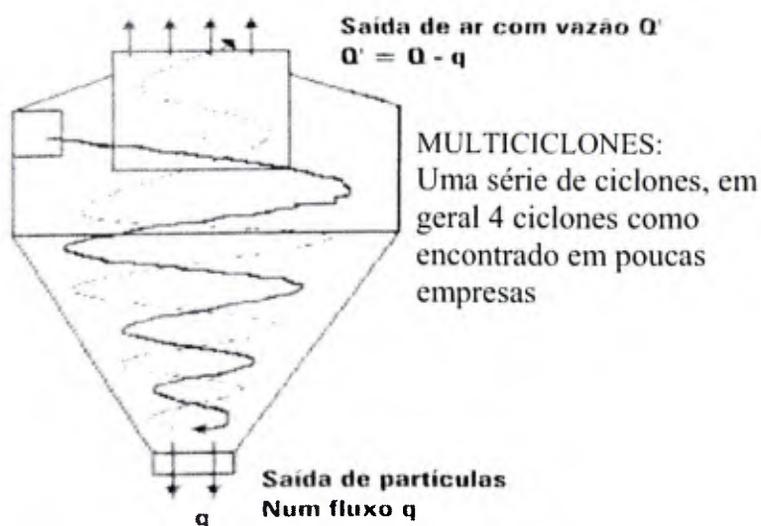


Figura 3.22 – Esquema de funcionamento de um ciclone para limpeza do gás de topo de alto-forno.

Lavador tipo Torre de Lavagem é um reservatório cilíndrico, que contém em seu interior chicanas de madeira, bandejas de grelhas cerâmicas ou mesmo pedaços de vidro, criando um percurso mais acidentado e demorado. Desse modo, a água de lavagem, borrifada por meio de chuveiros no topo da torre, encontra o gás que sobe em contracorrente. Usa-se também um eixo com disco central que suporta uma série de

barras espaçadas regularmente, girando entre outra série de barras estacionárias presas à parede da carcaça. O rotor gira e faz com que a água dos chuveiros, ao ser lançada contra as barras móveis, forme gotículas e se misture com o gás que atravessa o aparelho, molhando as partículas em suspensão. A figura 3.23 mostra esse tipo de lavador de gás.

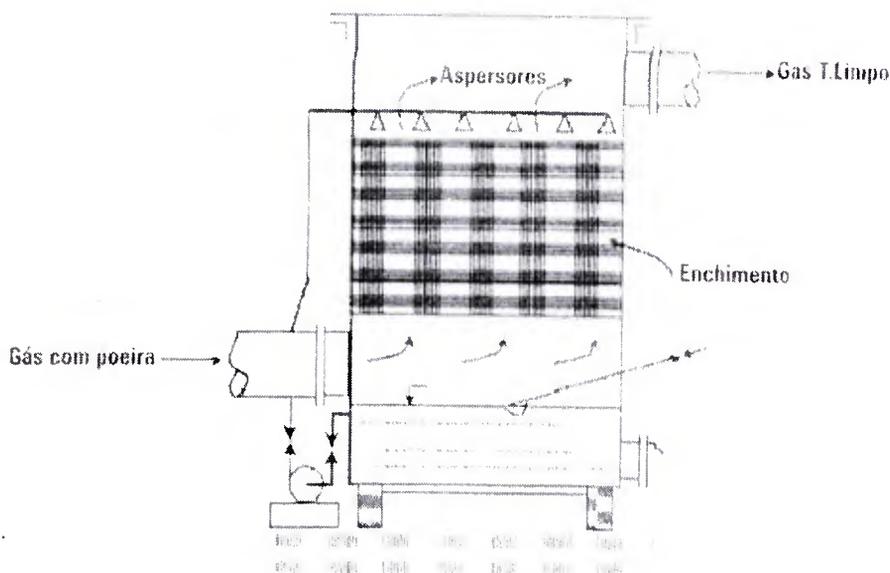


Figura 3.23 - Esquema do lavador tipo de torre de lavagem para limpeza do gás de topo do alto-forno

O Lavador tipo Venturi tem um trecho de seção decrescente seguido de outra de seção crescente, conforme é mostrado na figura 3.24. Na área restrita, o gás atinge a maior velocidade e turbulência. Se nessa área for injetada água pulverizada, a brusca mudança de direção, combinada com súbito aumento da seção a seguir, causa diminuição de pressão, favorecendo a nebulização e contato com os grãos de pó. Esses, molhados, tornam-se mais pesados e separam-se da corrente gasosa.

Em Minas Gerais, todas as empresas produtoras independentes de gusa utilizam o Coletor em Pó, sendo que a maioria tem o selo a seco.

Já com relação aos outros sistemas de limpeza, poucas têm Ciclone e Lavadores. Alguns dos altos-fornos possuem o Ciclone em conjunto com o Coletor em Pó e outros possuem o Lavador tipo Venturi, também após o Coletor de Pó.

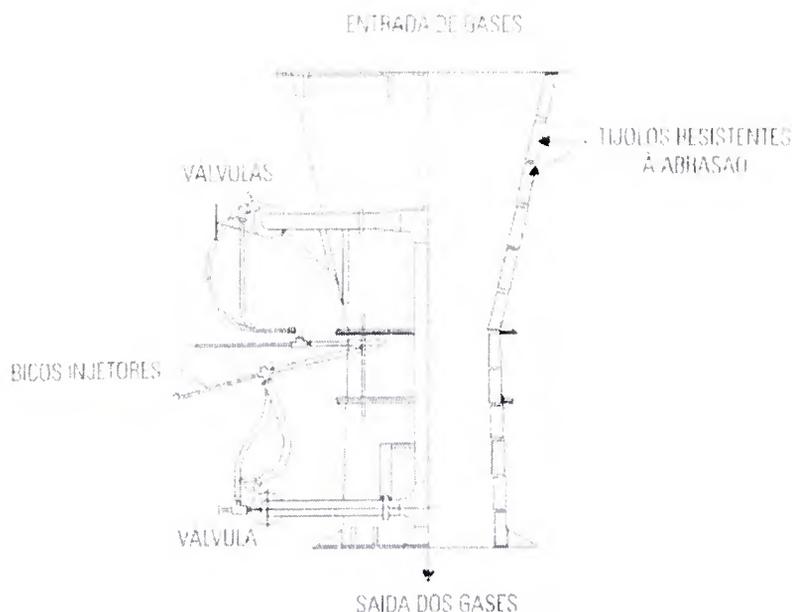


Figura 3.24 – Esquema de Lavador tipo Venturi para limpeza de gás de topo de alto-forno

Uma parte do gás de alto-forno limpo é utilizada para gerar calor através de trocadores de calor (Glendons) para aquecimento do ar injetado no alto-forno. O restante do gás é queimado em tochas, tendo, assim, o poder calorífico desperdiçado. A proporção do gás que é aproveitado em relação à parte que é perdida tem grande variação de empresa para empresa. A maioria delas não controla essa relação e, por isso, têm-se dados com enorme margem de diferença (de 20 a 80%).

São geralmente 2 Glendons e 1 tocha por forno. O gás que vai para a tocha passa pelo lavador, observa-se que nos Glendons há depósito de partículas e o gás sai mais limpo que é encaminhado para a tocha.

3.9. Emissões Atmosféricas

3.9.1 Introdução

As emissões atmosféricas das siderúrgicas não integradas de ferro gusa a carvão vegetal são basicamente os efluentes atmosféricos lançados a partir de fontes estacionárias, as emissões de poeiras fugitivas geradas nos pontos de transferência entre equipamentos não estanques e o levantamento de poeira devido a movimentação de veículos em vias não pavimentadas (Batista et al., 1992).

A poluição atmosférica causada pelas indústrias de produção de ferro-gusa em altos-fornos a carvão vegetal é considerável. As fontes de emissões atmosféricas estão presentes em praticamente todas as etapas de produção, desde o recebimento e preparo das matérias-primas até a estocagem e expedição dos produtos, subprodutos e resíduos. O impacto ambiental das emissões das usinas independentes se faz sentir, predominantemente, nas cidades e às margens de rodovias, já que a maioria do universo destas indústrias pertence à malha urbana (Jacomino et al. 2002).

3.9.2. Caracterização dos Efluentes Atmosféricos das indústrias independentes de Produção de Ferro-Gusa

As emissões atmosféricas das usinas siderúrgicas a carvão vegetal consistem, basicamente, nos efluentes lançados a partir de fontes estacionárias, tais como as chaminés dos glendons, topo dos altos-fornos, tochas e chaminés dos equipamentos de controle de poluição. Além disso, têm-se as emissões de poeiras fugitivas geradas não só nos pontos de transferência entre equipamentos e sistemas não estanques, mas também durante a movimentação de veículos em vias não pavimentadas. Levantamentos feitos durante a fase diagnóstico do Projeto Minas Ambiente indicaram que os principais pontos de geração de efluentes atmosféricos em uma usina independente a carvão vegetal são:

- (a) Preparo de matérias-primas
- (b) Queima do gás de alto-forno nas tochas e nos glendons (ou cowpers);
- (c) Peneiramento e transferência de correia;
- (d) Movimentação de veículos em vias não pavimentadas;
- (e) Processamento de escória;
- (f) Vazamento do gusa;
- (g) Carregamento do alto-forno (topo)

3.9.3. Principais equipamentos para coleta de material particulado – Características

Os gases poluentes produzidos nos processos industriais devem ser coletados e devidamente tratados. Para isso deve-se fazer a escolha do equipamento de controle a ser utilizado. Este problema pode ser resolvido, tendo em vista o número de fatores intervenientes, sendo que alguns deles são determinantes na escolha do equipamento.

Deve-se levar em consideração os seguintes fatores, dentre outros: estado físico do poluente, grau de limpeza desejado, propriedades do gás carreado e do poluente, custo do sistema, vazão e temperatura dos gases, resistividade, composição química, etc.

3.9.3.1. Filtros de Manga

Este sistema é um dos métodos mais antigos de remoção de partículas de um fluxo gasoso, podendo apresentar alta eficiência para uma ampla faixa de tamanhos de partículas. O sistema parte do princípio básico de forçar a passagem das partículas coletadas, por um meio poroso, causando sua retenção.

A separação se processa de acordo com as leis dos efeitos de peneiramento, inércia e restrição. As partículas depositadas no tecido em geral são menores do que os poros do tecido, logo a filtração não é um simples processo de peneiramento.

Durante a separação de uma partícula de pó nas fibras do meio filtrante, os processos de interação entre forças de inércia, massa, difusão e eletrostática atuam com grande intensidade. Entende-se como força de inércia as forças de gravidade, as quais podem ser efetivas com partículas maiores de 1mm.

Além destes mecanismos, existem ainda forças de aderência entre as partículas reciprocamente e entre partículas e fios, as quais influenciam o grau de separação.

A utilização de dispositivos de filtração a base de filtros vem crescendo de forma acentuada devido à sua eficiência. Na prática, tem-se notado que a maioria das instalações optou pela utilização deste tipo de filtro, por ser um processo a seco, não havendo águas residuais.

O meio poroso pode ser composto de material granulado ou fibroso, podendo ser disposto de forma de leitos, compactado em painéis ou na forma de tecido.

As dimensões dos filtros devem ser maiores que os mínimos dimensionados para área de filtragem de projeto de forma a possibilitar uma operação mais segura, sem muitas interrupções para manutenção. Os custos adicionais, no caso da utilização de áreas

filtrantes maiores, são compensados pelas economias de desgaste e manutenção das peças em decorrência da vida útil mais prolongada do material filtrante.

1. Materiais Filtrantes

O material filtrante e a forma das mangas ou bolsas são os elementos principais que definem a eficiência do filtro e os gastos com operação e manutenção. O material filtrante permite a passagem do ar em sentidos alternados, ou seja, de dentro para fora e vice-versa, com emprego de gaiola de apoio, a qual dá formato, muitas vezes cilíndrico, às mangas.

A escolha do material filtrante depende diretamente do tipo de gás em suspensão. Fornos com aquecimento a óleo ou gás, usados na produção de chumbo, zinco, cobre, latão, e outros gases nocivos podem, devido ao efeito sinérgico, despolimerizar o material filtrante, fazendo-o inchar pela umidade, endurecer, entupir ou decompor.

Os principais fatores que limitam a utilização dos filtros de tecido são as altas temperaturas dos gases, excessiva umidade, partículas condensáveis e pegajosas e o grande espaço ocupado.

Existem vários tipos de meios filtrantes tais como, poliacrilonitrila, polipropileno, poliamida, nomex, teflon, fibras de aço, tecidos, sendo que cada um destes devem ser analisados conforme o gás a ser filtrado e o seu relativo custo de implantação e manutenção.

O material mais utilizado é aquele a base de poliéster, pois este, tem uma grande resistência a ácidos e a temperaturas elevadas e contínuas, podendo chegar a 150°C com gases secos. O único inconveniente deste tipo de material está ligado à sua baixa resistência a materiais alcalinos. Se o gás estiver misturado com vapor d'água é preciso tomar precauções, pois o material filtrante perderá sua resistência em decorrência da decomposição hidrolítica de sua cadeia molecular.

2. Eficiência de retenção de partículas

A eficiência deste tipo de filtro é de 60% no início do funcionamento, e tão logo o material particulado comece a se depositar, a eficiência sobe para valores da ordem de

90% ou mais. Desta forma, observa-se que a real coleta é exercida pela camada de partículas já depositadas suportadas pelas fibras do tecido.

A eficiência é influenciada também pela velocidade de filtração, a quebra da camada de poeira, a deposição heterogênea da poeira, o rompimento das mangas, e as características do tamanho das partículas depositadas.

Se o sistema de filtros de manga é de baixa eficiência, deve-se deixar que a camada de pó retido na superfície do tecido fique relativamente grossa, de modo a aumentar a eficiência de remoção de impurezas no filtro. Porém, para superar a perda elevada de pressão, o exaustor tem de fornecer uma pressão maior, o que provoca uma queda acentuada na vazão de gás. Por outro lado, todos os processos de limpeza considerados eficientes, expõem o tecido das mangas ao desgaste mecânico, de modo que a sua vida útil é diminuída.

3. Mecanismos de Limpeza dos Filtros de Mangas

O método por fluxo reverso é o mais utilizado, sendo que a limpeza é realizada ininterruptamente, ou seja, enquanto uma das mangas está sendo limpa as outras estão funcionando, completando um ciclo. Este método está ilustrado na Figura 3.25.

Os métodos de limpeza distinguem-se entre limpeza mecânica e pneumática:

- A limpeza mecânica se dá através de agitação das mangas com dispositivos batedores e vibradores de tal maneira, que as partículas se desprendam. Já que todos os tecidos são sensíveis à abrasão, a manga esticada é feita para oscilar com a ajuda de vibradores.
- A limpeza pneumática é aquela em que o meio filtrante e o bolo filtrado são penetrados pela corrente de ar comprimido em sentidos opostos. Esta corrente pode efetuar-se das formas, permanente, pulsante, de choque ou alternadamente através de jatos de ar comprimido, sendo este, o mais utilizado. Para meios filtrantes de têxteis sensíveis como tecidos de fibra de vidro e de baixo poder de aderência, recomenda-se uma limpeza pneumática em contra corrente constante. Nestas instalações geralmente 1 (uma) em cada 10 (dez) das mangas sempre está

em processo de limpeza. Este fator deve ser levado em consideração para o dimensionamento do filtro.

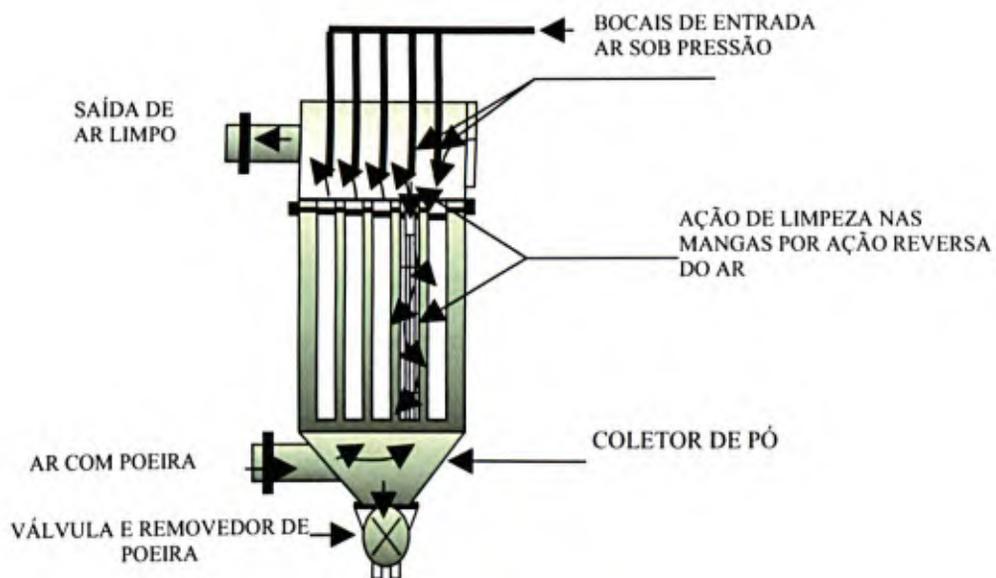


Figura 3.25 - Método de limpeza por fluxo reverso.



Figura 3.26 - Equipamento de controle, filtro de mangas

3.9.3.2. Coletores Gravitacionais

É o dispositivo mais simples para a separação de partículas em um fluxo gasoso. Distingue-se pela sua simplicidade, durabilidade e facilidade de operação, sendo utilizados, principalmente, para a remoção de partículas com diâmetros maiores (50 μm). No caso de partículas finas e médias, ele pode ser utilizado, como primeiro estágio de um filtro de mangas. Pode ser utilizado em situações de temperatura e pressão extremas (1000°C e 100 atm).

Através da relação abaixo, podem ser determinadas as dimensões de uma câmara de sedimentação. A velocidade de passagem recomendada (v_a) é da ordem de 3.0 m/s. A velocidade de sedimentação está representada por (v_t):

$$\frac{L}{v_a} = \frac{h'}{v_t}$$

onde:

h' = altura de queda da partícula

L = comprimento da câmara

Para que se possa utilizar a relação acima deve-se fixar uma dimensão e calcular-se a outra.

As câmaras de sedimentação são classificadas conforme a forma, a complexibilidade, com o tipo de partícula a coletar, etc. No entanto, a definição da forma em nada auxilia na elaboração do projeto ou em sua eficiência. Deve-se destacar também uma câmara de sedimentação peculiar, denominada Howard, em que uma série de bandejas são acopladas à estrutura do coletor de maneira a diminuir a altura de queda de partículas, porém, aumentando a dificuldade de limpeza das câmaras. Figura 3.27, mostra um coletor gravitacional de câmara única. No percurso de entrada (E) até a saída (S), as partículas maiores vão se depositando no cone de coleta. O pó acumulado periodicamente é retirado pela abertura (A).

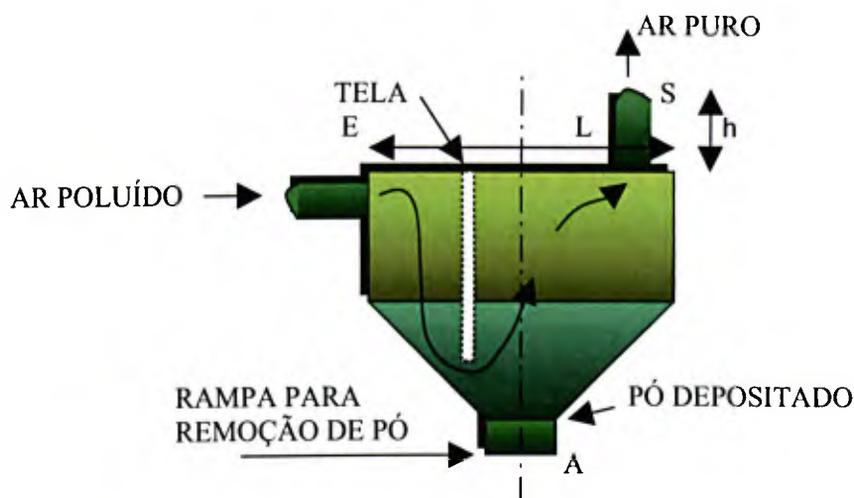


Figura 3.27 - Coletor gravitacional de câmara única.

1 Rendimento de coleta

A velocidade de passagem deve ser fixada de modo a permitir a sedimentação e a evitar reentrada de partículas no fluxo. Por outro lado, esta velocidade não pode ser muito reduzida por implicar em valores excessivos nas dimensões da câmara, representando um fator limitante na utilização desse equipamento de controle. No entanto, o fator limitante importante para as câmaras gravitacionais é o tamanho das partículas, ou seja, para partículas inferiores a 50 μm , a eficiência decresce consideravelmente.

3.9.3.3. Lavadores Tipo Venturi

Este tipo de lavador caracteriza-se pela constrição na parte superior do equipamento (vide figura 3.28), por onde o gás inicia seu processo de limpeza. A diminuição brusca no canal condutor de gás provoca o aumento da velocidade do gás (da ordem de 60 a 120 m/s), o que faz com que a água injetada na entrada do equipamento seja atomizada em quantidades que variam entre 0,4 a 1,0 cm^3/m^3 , gotas cujo tamanho médio pode ser estimado na faixa de 50 μm . Os principais mecanismos de coleta são impactação, interceptação e condensação.

Este sistema promove a formação de vácuo e o arraste de ar pela água no interior do exaustor com um considerável rendimento. A água bombeada em circuito fechado sofre uma depressão de aproximadamente de 50 mm ca.

A condensação é um mecanismo efetivo de coleta em um lavador Venturi. Se o gás na região de baixa pressão, está completamente saturado, haverá condensação sobre as partículas na região de mais altas pressões. O ar ao penetrar no lavador Venturi recebe um jato de água no sentido do escoamento e desce à câmara inferior contendo água, contra a qual impacta-se. O ar sobe ao longo da zona de turbulência, onde recebe jatos de água pulverizada, em sentido oposto ao escoamento. A água que vai da zona inferior do lavador é bombeada de volta aos ejetores Venturi e aos Pulverizadores, estabelecendo-se assim o circuito fechado.

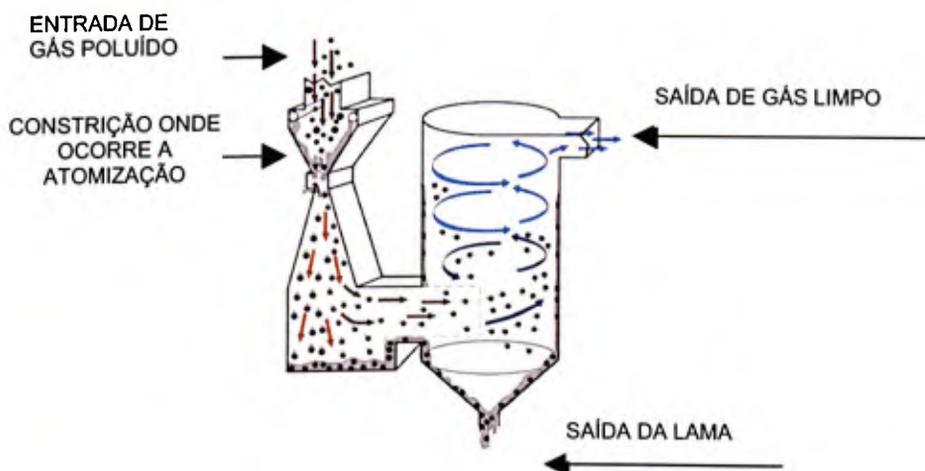


Figura 3.28 - Lavador Venturi

3.9.4. Controle da poluição no topo do alto-forno

Os equipamentos utilizados ou projetados no controle da poluição no topo do alto-forno são:

- De um a quatro balões ciclônicos/a seco;
- De um a dois balões ciclônicos/a seco;
- Balão separador seguido de lavador tipo Venturi spray

A análise granulométrica (distribuição do tamanho das partículas) realizada na entrada do balão de coletor de pó indicou que 66,3% das partículas encontram-se na faixa de 6,91 a 0,69 μm . Cerca de 21% apresentam diâmetro de partículas acima de 10 μm .

3.10. Efluentes Líquidos

3.10.1. Introdução

Na área ambiental, o conceito de qualidade de água é bastante amplo no que se refere somente sua caracterização devido suas propriedades físico-químicas. A água devido sua propriedade de ser um solvente e sua capacidade de transportar partículas, incorpora diversas impurezas que influenciam decisivamente na caracterização de sua qualidade.

SPERLING (1995) afirma que a qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica.

A poluição das águas pode ter causas naturais e antrópicas, que influenciam diretamente na qualidade das águas.

A qualidade das águas, mesmo mantendo suas condições naturais, pode ser afetada pela precipitação atmosférica pelo escoamento superficial atingindo cursos d'água superficiais e também pela infiltração e escoamento subterrâneo atingindo a qualidade de águas subterrâneas. Partículas, substâncias e impurezas do solo têm papel decisivo na depreciação desses cursos d'água, incorporando sólidos em suspensão ou dissolvido oriundos da dissolução de rochas. A cobertura vegetal e o uso do solo são determinantes neste processo.

A interferência do homem se torna preponderante tanto de uma forma concentrada, através de despejos domésticos ou industriais, ou de uma forma dispersa como a aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribuindo para introdução de novos compostos na água, afetando assim sua qualidade. A forma como o homem usa e ocupa aquele determinado local da bacia hidrográfica reflete diretamente na qualidade da água. Esse processo de poluição dos recursos hídricos, tanto por parte da natureza quanto por parte da ação antrópica, depende muito de se conhecer o ciclo hidrológico que determina diretamente o movimento das águas em nosso planeta.

O ciclo hidrológico divide-se em cinco principais mecanismos de movimentação dessas águas, tais como, precipitação, escoamento superficial, infiltração, evaporação e transpiração.

Qualquer tipo de planejamento que poderá ser feito em relação aos usos da água, deve-se levar em consideração o ciclo hidrológico.

A água tem diversos usos, mas os principais são abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, geração de energia elétrica, dessedentação de animais, preservação da flora e da fauna, recreação e lazer, etc.

Neste estudo de caso, o que nos interessa realmente são os dois primeiros usos da água descritos a cima, que se não bem projetados e planejados para os devidos fins podem trazer sérios riscos para a saúde humana e ambiental.

3.10.2. Poluição das Águas

Entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira que prejudique os usos que dele são feitos. É a partir desse conceito que se pretende traçar medidas de controle para redução da poluição (SPERLING, 1995).

A interferência do homem se torna preponderante tanto de uma forma concentrada, através de despejos domésticos ou industriais, ou de uma forma dispersa como a aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribuindo para introdução de compostos na água, afetando assim sua qualidade. A forma como o homem usa e ocupa aquele determinado local da bacia hidrográfica reflete diretamente na qualidade da água.

3.10.3. Quantificação das Cargas Poluidoras

Para SPERLING (1995) a avaliação do impacto da poluição e da eficácia das medidas de controle, é necessária a quantificação das cargas poluidoras afluentes ao corpo d'água. Para este tipo de avaliação é necessário um estudo minucioso em campo na área em que se refere, dentre eles amostragem de poluentes, análises de laboratório, medição de vazões, etc.

Existe a possibilidade de ser feito um levantamento sanitário de uma bacia hidrográfica obtendo informações como:

- Dados Físicos da bacia: aspectos geológicos e do ciclo hidrológico específico para esta determinada bacia hidrográfica.

- Informações sobre o comportamento hidráulico dos corpos d'água: dados sobre vazão, velocidade de escoamento, profundidade, etc.
- Caracterização sócio-econômica da bacia hidrográfica em questão.
- Requisitos de qualidade para o corpo d'água.
- Localização, quantificação e tendência das principais fontes poluidoras.
- Diagnóstico da situação atual da qualidade da água.

Como já foi dito anteriormente, a identificação das fontes poluidoras é essencial para o planejamento e tomada de decisões no que tange as medidas de controle dessas fontes de poluição, que neste capítulo já foram definidas as principais como oriundas de esgotos domésticos, despejos industriais e escoamento superficial tanto em área urbana como rural.

Os poluentes gerados por estas fontes devem ser quantificados em termos de carga, onde é comum ser expresso em massa por unidade de tempo, onde pode ser calculada pelos seguintes métodos apresentados:

Lembrando que o tipo de método a ser utilizado depende diretamente do problema em análise, da origem do poluente e dos dados disponíveis.

Os cálculos que são feitos devem ser convertidos sempre em unidades mais usuais como, por exemplo, Kg/d.

- Carga = concentração x vazão
- Carga = contribuição per capita x população
- Carga = contribuição por unidade produzida (Kg/unidade produzida) x produção (unidade produzida) x dia
- Carga = contribuição por unidade de área (Kg/Km² x dia) x área (Km²)

Fórmulas utilizadas para cálculo da carga poluidora para Esgotos domésticos e industriais:

- Carga = concentração x vazão

$$\text{Carga (Kg/d)} = \frac{\text{Concentração (g/m}^3\text{) x vazão (m}^3\text{/dia)}}{1.000 \text{ (g/Kg)}}$$

Observação: g/m³ = mg/l

Esgotos domésticos:

- $\text{Carga} = \text{população} \times \text{carga per capita}$
- $\text{Carga (Kg/d)} = \frac{\text{população (hab)} \times \text{carga per capita (g/hab} \times \text{d)}}{1.000 \text{ (g/Kg)}}$

Esgotos industriais:

- $\text{Carga} = \text{contribuição por unidade produzida} \times \text{produção}$

$\text{Carga (kg/d)} = \text{contribuição por unidade produzida (kg/unidade)} \times \text{produção (unidade/d)}$

Drenagem superficial:

- $\text{Carga} = \text{contribuição por unidade de área} \times \text{área}$
- $\text{Carga (kg/d)} = \text{contribuição por unidade de área (Kg/Km}^2 \times \text{dia)} \times \text{área (Km}^2)$

Qualquer tipo de controle ambiental que se quer fazer em relação ao lançamento de esgotos tanto domésticos quanto industriais deve-se tomar conhecimento da vazão desses esgotos, tomando como base a vazão de água do local em estudo. O cálculo da vazão destes esgotos deve ser em função da população do projeto em questão e de um valor atribuído para o consumo médio diário de água de um indivíduo, que é denominado de Quota Per Capita (QPC).

Valores típicos da quota per capita de água para populações dotadas de redes domésticas encontram-se apresentados na tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Consumo per capita de água

Porte da comunidade	Faixa da população (hab.)	Consumo per capita (QPC) (l/hab x dia)
Povoado rural	< 5.000	90 – 140
Vila	5.000 – 10.000	100 – 160
Pequena Localidade	10.000 – 50.000	110 – 180
Cidade média	50.000 – 250.000	120 – 220
Cidade grande	> 250.000	150 – 300

Fonte: Adaptado de CETESB (1977; 1978)

Tabela 3.7 - Consumo de água típico de alguns estabelecimentos comerciais

Estabelecimento	Unidade	Faixa de vazão (l/unid x dia)
Aeroporto	Passageiro	8 – 15

Banheiro público	Usuário	10 – 25
Escritório	Empregado	30 – 70
Indústria (esgotos sanitários apenas)	Empregado	50 – 80
Restaurante	Refeição	15 – 30

Fonte: EPA (1977)

De maneira geral, a produção de esgotos corresponde aproximadamente ao consumo de água, mas essa produção de esgotos pode variar em função da ocorrência de ligações clandestinas ou indevidas dos esgotos à rede pluvial e processos de infiltração.

A fração da água fornecida que adentra a rede de coleta na forma de esgoto é denominada de coeficiente de retorno expressa pelo (R: vazão de esgotos/vazão de água) e o valores de R variam entre 60% a 100%, sendo que o valor usualmente adotado é de 80% (R = 0,8).

O cálculo da vazão doméstica média de esgotos é dado pela fórmula:

$$Q_{dméd} = \frac{\text{Pop} \times \text{QPC} \times R}{1000} \quad (m^3/d)$$

$$Q_{dméd} = \frac{\text{Pop} \times \text{QPC} \times R}{86400} \quad (l/s)$$

Onde:

$Q_{dméd}$ = vazão doméstica média de esgotos (m³/d ou l/s)

QPC = quota per capita de água

R = coeficiente de retorno esgoto/água

3.10.4. Usos e tratamento prévio da água

Com a utilização da água em Altos-Fornos a carvão vegetal têm seu uso caracterizado como água de processo, sendo que os principais usos são:

- **Refrigeração da carcaça do alto-forno:** por este processo, obtêm-se o resfriamento da carcaça, através de troca térmica entre o refratário do forno e a água, que escorre sob a forma de um filme contínuo na chapa de blindagem externa do forno. Devido às perdas por evaporação, torna-se necessária a reposição de água. Grande maioria dos Altos-Fornos tem o sistema implantado em circuito fechado.
- **Lavagem dos gases do alto-forno:** a lavagem tem por objetivo a remoção de material particulado do gás produzido no alto-forno, sendo considerado o principal efluente líquido da indústria siderúrgica não integrada, quando não recirculado.
- **Granulação da escória:** a granulação da escória é feita em um poço, visando, a sua recuperação para a indústria de cimento. O próprio poço da escória atua como um meio filtrante para a água utilizada, não sendo, portanto, necessário tratamento posterior para a sua utilização. A maioria das usinas não utilizam o procedimento de granulação da escória.
- **Lavagem e/ou umidificação de vias e pátios:** Adotado para evitar a ressuspensão de material particulado. Nesta operação é gasto um volume restrito de água visando a umidificação de pátios e vias, não gerando efluente líquido.

Os principais parâmetros de poluição presentes na água de lavagem do alto-forno são:

- **Sólidos em suspensão:** geração decorrente da retenção dos sólidos produzidos no alto-forno pelo sistema de lavagem dos gases. A quantidade depende basicamente da operação do forno.
- **Cianetos:** originários da atmosfera redutora do alto-forno, resultando da reação do carbono do carvão vegetal com o nitrogênio do ar soprado pelas ventaneiras do alto-forno, sob temperaturas elevadas.

- **Fenol:** geração devido à parte volátil remanescente no carvão.
- **Amônia:** formação devida à reação do hidrogênio contido no gás com o nitrogênio do ar soprado.
- **Óleos e graxas:** vaporizados da carga e carregados com os gases do alto-forno.

3.10.5. Caracterização de Efluentes Líquidos em Siderúrgicas de Produção de Ferro Gusa

3.10.5.1. Efluente Líquido Industrial

A água utilizada para refrigeração do forno normalmente não é contaminada uma vez que não há contato direto com agentes contaminantes do processo, mesmo porque, muitos dos processos utilizados são em circuito fechado.

Existem também os efluentes gerados no processo de granulação da escória, em geral, possuem temperatura e pH elevados, com presença de compostos básicos.

3.10.5.2. Efluente Líquido Sanitário

Aos efluentes líquidos industriais somam-se os efluentes líquidos sanitários, os quais apresentam parâmetros elevados de DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, DQO - Demanda Química de Oxigênio, sólidos suspensos, dentro outros.

Deve-se considerar, ainda, as águas pluviais que carregam parte dos materiais dispostos, sem proteção, nos pátios das empresas, atingindo naturalmente corpos receptores mediante drenagem e lençóis freáticos, mediante infiltração. Há a possibilidade destes compostos entrar em processo de solubilização e/ou lixiviação podendo contaminar mananciais superficiais ou subterrâneos.

3.10.6. Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos

Segundo dados do PNAD/96, 49% do esgoto sanitário produzido no Brasil são coletados em rede pública, sendo que, destes, apenas 32% são tratados, perfazendo cerca de 16% do produzido.

Diante destes números, aliado ao quadro epidemiológico e ao perfil sócio-econômico das comunidades brasileiras, constata-se a necessidade por sistemas simplificados de tratamento dos esgotos. Estes sistemas devem conjugar os seguintes requisitos principais (SPERLING, 1995):

- baixo custo de implantação;
- elevada sustentabilidade do sistema, relacionada à pouca dependência de fornecimento de energia, de peças e equipamentos de reposição etc;
- simplicidade operacional, de manutenção e de controle (pouca dependência de operadores e engenheiros altamente especializados);
- baixos custos operacionais;
- adequada eficiência na remoção das diversas categorias de poluentes (matéria orgânica biodegradável, sólidos suspensos, nutrientes e patogênicos);
- pouco ou nenhum problema com a disposição do lodo gerado na estação;
- baixos requisitos de área;
- existência de flexibilidade em relação às expansões futuras e ao aumento de eficiência;
- possibilidade de aplicação em pequena escala (sistemas descentralizados), com pouca dependência da existência de grandes interceptores;
- fluxograma simplificado de tratamento (poucas unidades integrando a estação);
- elevada vida útil;
- ausência de problemas que causem transtorno à população vizinha;
- possibilidade de recuperação de subprodutos úteis, visando sua aplicação na irrigação e na fertilização de culturas agrícolas;
- existência de experiência prática.

Embora não exista uma solução que atenda integralmente a todos estes requisitos, existem várias alternativas que atendem, em maior ou menor grau, aos principais requisitos que devem ser observados num estudo técnico-econômico de escolha de alternativas. Entende-se que, atualmente, no Brasil, os sistemas anaeróbios encontram uma grande aplicabilidade. As diversas características favoráveis destes sistemas, como o baixo custo, simplicidade operacional e baixa produção de sólidos, aliadas às condições ambientais no Brasil, onde há a predominância de elevadas temperaturas, têm contribuído para a colocação dos sistemas anaeróbios de tratamento de esgotos em

posição de destaque, particularmente os reatores de manta de lodo (CHERNICHARO, 1997).

Nos sistemas aeróbios, ocorre somente cerca de 40 a 50% de degradação biológica, com a conseqüente conversão em CO₂. Verifica-se uma enorme incorporação de matéria orgânica, como biomassa microbiana (cerca de 50 a 60%), que vem a se constituir no lodo excedente do sistema. O material orgânico não convertido em gás carbônico, ou em biomassa, deixa o reator como material não degradado (5 a 10%).

Nos sistemas anaeróbios, verifica-se que a maior parte do material orgânico biodegradável presente no despejo é convertida em biogás (cerca de 70 a 90%), que é removido da fase líquida e deixa o reator na forma gasosa. Apenas uma pequena parcela do material orgânico é convertida em biomassa microbiana (cerca de 5 a 15%), vindo a se constituir no lodo excedente do sistema.

Além da pequena quantidade produzida, o lodo excedente apresenta-se, via de regra, mais concentrado e com melhores características de desidratação. O material não convertido em biogás, ou em biomassa, deixa o reator como material não degradado (10 a 30%).

3.10.7. Controle dos efluentes líquidos gerados

O controle dos efluentes gerados nas usinas independentes se faz por recirculação da água. Atualmente, a maioria das unidades, as águas de lavagem dos gases do alto-forno, são conduzidas a decantadores ou a bacias de sedimentação. Uma vez sedimentada, a lama é retirada com freqüência que varia de um dia a três meses, enquanto a água clarificada é recirculada para o sistema de limpeza. Na tabela 3.8 é demonstrado resultado de análises laboratoriais feitas em um tanque de decantação levando em consideração alguns parâmetros importantes.

Tabela 3.8 - Resultados de Análises Químicas de Amostras diversas de Efluentes Líquidos

Entrada do Tanque de Decantação							
Siderúrgica	Temperatura da Água (°C)	pH	Cianeto Total (mg/L)	Fenóis (mg/L)	N amoniacal (mg/L)	Óleos e Graxas (mg/L)	Sólidos em Suspensão (mg/L)
A	51	7,28	2,36	541	942	8,91	42.280
B	45	7,31	13,4	792	431	40,2	555
C	49	7,52	3,88	275	949	8,91	1305

Saída do Tanque de Decantação							
Siderúrgica	Temperatura da Água (°C)	pH	Cianeto Total (mg/L)	Fenóis (mg/L)	N amoniacal (mg/L)	Óleos e Graxas (mg/L)	Sólidos em Suspensão (mg/L)
A	50	7,38	2,36	232	841	4,50	1330
B	44	7,42	3,94	622	471	14,6	295
C	48	7,57	1,09	337	909	5,42	985

Fonte: Adaptado de Ribeiro, 2002.

3.10.8. Aspectos técnicos da sedimentação

A sedimentação é o processo de remoção de partículas sólidas de uma fase líquida através da ação da gravidade. Pode ser dividida em duas operações básicas, dependendo do produto final que se deseja. Se o produto final desejado é a lama, a operação é denominada sedimentação ou espessamento; se, por outro lado, o produto final é o líquido “límpido”, a operação é denominada clarificação.

Em alguns casos o grau de pureza do líquido sobrenadante exige alguma forma de floculação, para que ocorra a remoção das partículas mais finas. A floculação mecânica requer uma lenta circulação das partículas, de modo a proporcionar o contato e tempo de crescimento dos flocos, fazendo-se necessária a adição de reagente químico para a aceleração do processo de floculação.

Para evitar variações nas condições de operação do sedimentador, pode ser utilizado um tanque de equalização com função de minimizar ou controlar as flutuações do efluente.

3.10.9. Aspectos Legais

Segundo a deliberação COPAM nº 15/94, de 22.01.94, Que convoca ao licenciamento corretivo as indústrias não integradas de produção de ferro gusa do Estado de Minas Gerais, estabelece em seu art.3º tanto para indústrias instaladas em zona urbana, como em zona mista ou à margem de rodovias ou em zona rural, em relação aos efluentes líquidos, as indústrias deverão recircular toda a água recuperada do sistema de limpeza dos gases e utilizar o sistema de remoção de lamas. Além disso, toda a água utilizada no resfriamento do forno ou que sobra da granulação deverá também ser recirculada.

Hoje temos uma Deliberação Normativa COPAM nº 49, de 28 de setembro de 2001 mais atualizada que dispõe sobre o controle ambiental das Indústrias Não Integradas de produção de ferro gusa no Estado de Minas Gerais.

O padrão de potabilidade (qualidade) dessas águas é bem definido pela resolução CONAMA nº 20 de 18/06/86. Além dos padrões de qualidade dos corpos receptores, esta resolução CONAMA apresenta ainda padrões para o lançamento de efluentes nos corpos d'água.

Neste estudo de caso, podemos verificar a importância desta resolução no sentido de definir a qualidade do efluente, tanto doméstico quanto industrial, para o lançamento em corpos d'água, o que cria ferramentas para a mitigação de impactos ao meio ambiente.

3.11. Resíduos Sólidos

3.11.1. Introdução

Poluição industrial é uma forma de desperdício e ineficiência dos processos produtivos. Resíduos industriais representam perdas de matérias - primas e insumos.

O reaproveitamento dos resíduos e a reciclagem contribuem para poupar recursos naturais e agressões ao meio ambiente (Jacomino et al., 2002).

Neste item, são discutidos aspectos relacionados ao gerenciamento e classificação de resíduos sólidos. Além disso, é feita uma descrição dos principais resíduos sólidos gerados na produção de ferro-gusa. São apresentadas também, as principais opções tecnológicas para o gerenciamento destes resíduos, incluindo sua utilização na indústria da cerâmica vermelha, na indústria da construção civil e agricultura.

3.11.2. Conceito e classificação dos resíduos sólidos

Segundo a Norma ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 10004:2004 são considerados resíduos sólidos aqueles materiais, em estado sólido e semi-sólido, resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição, os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas

particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isto soluções técnica e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível.

A ABNT – editou um conjunto de normas para padronizar, a nível nacional, a classificação dos resíduos, sendo elas:

ABNT NBR 10004:2004 – Resíduos Sólidos: Classificação

ABNT NBR 10005:2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos

ABNT NBR 10006:2004 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos

ABNT NBR 10007:2004 – Amostragem de resíduos sólidos

A Norma NBR 10004 – “Resíduos Sólidos: Classificação”, classifica os resíduos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, indicando quais resíduos devem ter manuseio e destinação mais rigidamente controlados. A classificação proposta baseia-se fundamentalmente nas características dos resíduos, em listagem (em anexo) de resíduos reconhecidamente perigosos e em listagens (em anexo) de padrões de concentração de poluentes, como:

- Anexo A – Resíduos perigosos de fontes não específicas;
- Anexo B – Resíduos perigosos de fontes específicas;
- Anexo C – Substâncias que conferem periculosidade aos resíduos;
- Anexo D – Substâncias agudamente tóxicas;
- Anexo E – Substâncias tóxicas;
- Anexo F – Concentração – Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação;
- Anexo G – Padrões para o ensaio de solubilização
- Anexo H – Codificação de alguns resíduos classificados como não perigosos
-

a) Resíduos Classe I – Perigosos

São classificados como resíduos classe I - perigosos os resíduos sólidos que apresentam periculosidade ou constem nos anexos A e B. Em função de suas características de

inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada. Os anexos A e B da referida Norma fornecem uma relação de resíduos sólidos industriais reconhecidamente perigosos.

São ainda classificados como resíduos perigosos os resíduos de restos de embalagem contaminados com substâncias constantes nos anexos D ou E, como os resíduos de derramamento ou produtos fora de especificação de qualquer substância também dos anexos D ou E.

- Os resíduos que, submetidos ao ensaio de Lixiviação, conforme Norma Brasileira NBR 10005:2004 -- “Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos”, apresentarem teores de poluentes no extrato lixiviado em concentração superior aos padrões constantes no anexo F - Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação, são classificados como perigosos.

b) Resíduos Classe II – Não perigosos

São classificados como Classe II ou resíduos não inertes os resíduos sólidos que não se enquadram na classe I - Perigosos ou na Classe III – Inertes. Esses resíduos podem ter propriedades, tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. São classificados como Classe III ou resíduos inertes os resíduos sólidos que, quando amostrados de forma representativa, segundo a NBR 10007, e submetidos ao teste de solubilização – Norma NBR 10006 – Solubilização de Resíduos – Procedimento, não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores definidos na listagem 8 - Padrões para o Teste de Solubilização, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor. Exemplificando estes materiais podemos citar: rochas, tijolos, vidros, certos plásticos e borrachas que não são facilmente decompostos.

3.11.3. Resíduos Sólidos Urbanos

De acordo com a definição já mencionada da Norma da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 10004:2004, os resíduos sólidos urbanos originam de fontes diversas como:

- Lixo doméstico ou residencial
- Lixo comercial
- Lixo público
- Lixo domiciliar especial: Entulho de obras, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, pneus.

Município	Pop. total 2003 / IBGE (habitantes)	Pop. urbana 2003 / SNIS (habitantes)	Custo total da coleta (R\$/ano)	Massa coletada (t)	Custo da coleta por habitante (R\$/hab.ano)	Custo unitário da coleta (R\$/t)
Belo Horizonte, MG	2.305.812	2.305.812	22.014.748	804.565	9,55	27,36
Brasília, DF	2.189.789	2.094.082	32.615.666	1.302.772	15,58	25,04
Curitiba, PR	1.671.194	1.671.194	27.433.289	395.721	16,42	69,35
Recife, PE	1.461.320	1.461.320	51.789.815	691.351	35,44	74,91
Rio de Janeiro, RJ	5.974.081	5.974.081	164.320.116	3.018.233	27,51	54,44
São Paulo, SP	10.677.019	10.041.504	140.828.360	3.162.798	14,02	44,53

Fonte: PMBH (2004)

Figura 3.29 – Geração de resíduos sólidos urbanos

Faixas mais utilizadas da geração <i>per capita</i>		
TAMANHO DA CIDADE	POPULAÇÃO URBANA (habitantes)	GERAÇÃO <i>PER CAPITA</i> (kg/hab./dia)
Pequena	Até 30 mil	0,50
Média	De 30 mil a 500 mil	De 0,50 a 0,80
Grande	De 500 mil a 5 milhões	De 0,80 a 1,00
Megalópole	Acima de 5 milhões	Acima de 1,00

Figura 3.30 – Dados da geração de resíduos – Brasil - Fonte: IBAM (2001)

Projeção da quantidade de lixo gerada			
ANO	PROJEÇÃO POPULACIONAL (hab.)	PER CAPITA (kg/hab./dia)	QUANTIDADE DE LIXO (t)
2001	50.000	0,53	26,5
2002	51.500	0,53	27,3
2003	53.045	0,53	28,1
2004	54.636	0,53	29,0
2005	56.275	0,53	29,8
2006	57.963	0,53	30,7
2007	59.702	0,53	31,6
2008	61.493	0,54	33,2
2009	63.338	0,54	34,2
2010	65.238	0,54	35,2
2011	67.195	0,54	36,3
2012	69.211	0,54	37,4
2013	71.287	0,54	38,5
2014	73.426	0,54	39,7
2015	75.629	0,55	41,6
2016	77.898	0,55	42,8
2017	80.235	0,55	44,1
2018	82.642	0,55	45,5
2019	85.121	0,55	46,8
2020	87.675	0,55	48,2
2021	90.305	0,55	49,7

Figura 3.31 – Dados da quantidade de resíduos gerada no Brasil - Fonte: IBAM (2001)

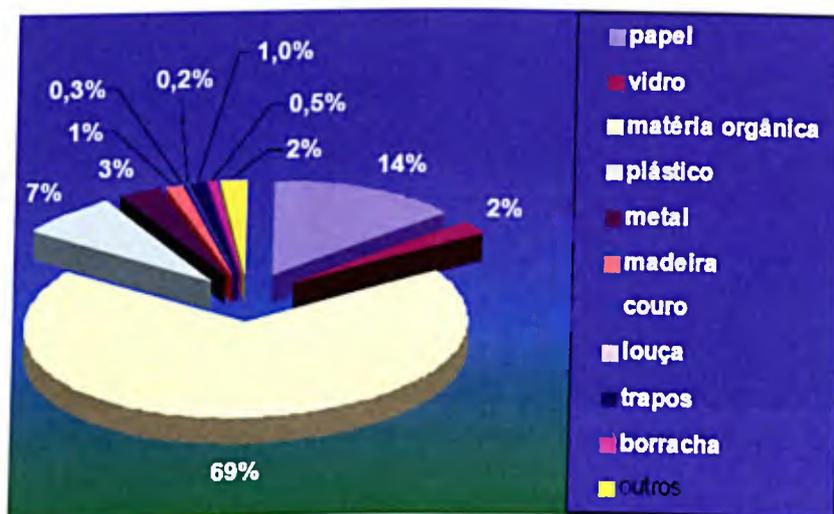


Figura 3.32 - Composição gravimétrica de RSU no Brasil - Fonte: PNSB/IBGE (2002)

Composição gravimétrica do lixo de alguns países (%)				
COMPOSTO	BRASIL	ALEMANHA	HOLANDA	EUA
Mat. orgânica	65,00	61,20	50,30	35,60
Vidro	3,00	10,40	14,50	8,20
Metal	4,00	3,80	6,70	8,70
Plástico	3,00	5,80	6,00	6,50
Papel	25,00	18,80	22,50	41,00

Figura 3.33 - Composição gravimétrica – Brasil x Outros Países - Fonte: IBAM (2001)

Situação do destino final nas regiões brasileiras					
REGIÕES	LIXÕES	ATERROS SANITÁRIOS	ATERROS CONTROLADOS	USINAS	OUTROS
Norte	89,70	3,67	3,99	2,58	0,06
Nordeste	90,67	2,25	5,45	0,74	0,89
Centro-Oeste	54,05	13,10	27,00	5,02	0,83
Sudeste	26,58	24,62	40,48	4,41	3,91
Sul	40,72	51,97	4,91	0,98	1,42
Brasil	49,27	23,33	21,90	3,00	2,50

Nota: Valores expressos em porcentagem da quantidade de lixo coletado nas cidades.

Figura 3.34 - Disposição final de RSU no Brasil - Fonte: IBAM (2001)

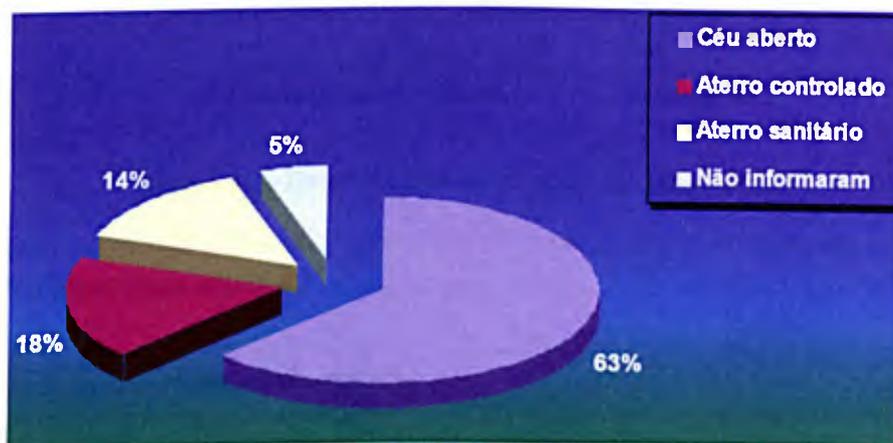


Figura 3.35 - Disposição final de RSU no Brasil - Fonte: PNSB/IBGE (2002)

3.11.4. Determinação da composição gravimétrica - Fonte: IBAM (2001)

- Escolher, de acordo com o objetivo que se pretende alcançar, a lista dos componentes que se quer determinar;
- Espalhar o material dos latões sobre uma lona, sobre uma área plana;
- Separar o lixo por cada um dos componentes desejados;
- Classificar como "outros" quaisquer material encontrado que não se enquadre na listagem de componentes pré-selecionada;
- Pesquisar cada componente separadamente;
- Dividir o peso de cada componente pelo peso total da amostra e calcular a composição gravimétrica em termos percentuais.

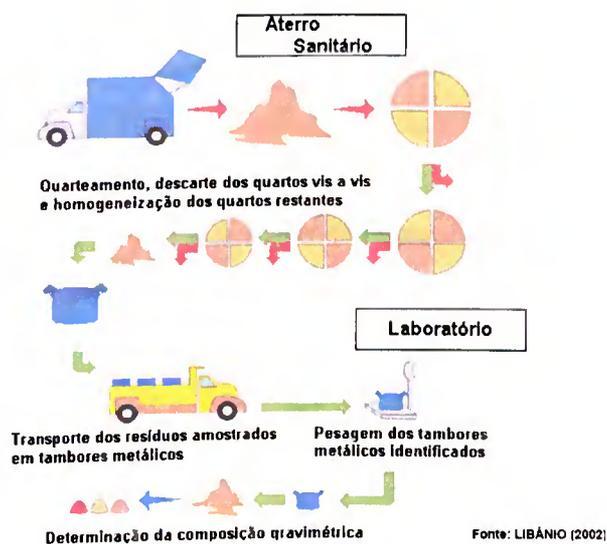


Figura 3.36 – Determinação da composição gravimétrica

RS e sua Importância Sanitária

Vantagens da disposição correta dos RS

- Aumento da vida média efetiva do homem.
- Redução da proliferação de vetores responsáveis pela transmissão de doenças e destruição de gêneros alimentícios

- Evita a contaminação de corpos d'água através do contato direto com o resíduo sólido.
- Diminui o contato direto dos catadores de resíduos sólidos com microorganismos patogênicos.

No Brasil, dentre as atribuições dos municípios, está a de coletar e dispor o seu lixo adequadamente. Por várias razões, como escassez de recursos, deficiências administrativas e falta de visão ambiental, na maioria dos casos, os resíduos são vazados em locais inapropriados, o que provoca degradação do solo, contaminação dos rios e lençóis freáticos, por meio do chorume, e poluição atmosférica, devido à liberação do biogás.

Resultante da decomposição anaeróbia da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, o biogás é rico em metano (CH₄). Esse gás tem grande potencial combustível e é um contribuinte antrópico significativo para o aquecimento global, Estudos recentes indicam que, em um horizonte de 100 anos, o poder de aquecimento global do metano é 21 vezes maior do que o do dióxido de carbono.

De acordo com o estudo do potencial de geração de energia renovável proveniente dos aterros sanitários nas regiões metropolitanas brasileiras, os resíduos sólidos urbanos, devido a seu elevado teor de matéria orgânica, representam cerca de 12% das fontes emissoras de gás metano, sendo que a disposição final é responsável por 84% desse valor, segundo o Inventário Nacional das Emissões de Gases Efeito Estufa.

Com o advento do Protocolo de Quioto e a criação do mercado de carbono regulado pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), configurou-se uma oportunidade real para a geração de recursos a partir do correto manejo dos sistemas de disposição de resíduos sólidos urbanos por meio do tratamento do biogás dos aterros sanitários, o que certamente é bastante positivo para o meio ambiente e para a qualidade de vida da população. Um atrativo a mais nesse campo é que a atual legislação brasileira para aterros sanitários trata apenas da captação e drenagem dos gases gerados, mas não exige a sua queima, o que aumenta as possibilidades de implantação de sistemas de aproveitamento ou queima do biogás que possam vir a se beneficiar da venda de créditos de carbono.

O setor de energia elétrica é outro que pode se beneficiar nesse contexto, já que é possível gerar energia a partir do biogás coletado, evitando a emissão de gases de efeito estufa e possibilitando a inserção no mercado de carbono.

Outras vantagens da captação e tratamento do biogás são a minimização de odores que tantos transtornos causam às comunidades circunvizinhas, bem como a redução de vetores causadores de doenças.

3.11.5. Resíduos Sólidos Industriais

Os resíduos podem ser sólidos, líquidos e semi-sólidos (lodo). Segundo a USEPA resíduo “é todo material desprezível, ou seja, que não tenha uso direto e que é normalmente descartado permanentemente”.

A norma brasileira é baseada no CFR –40 Partes 260-265 (Hazardous Waste Management).

Segundo definição da EPA, os resíduos perigosos são resíduos sólidos, líquidos, lodos ou gases, que não radioativos ou infecciosos, que por sua atividade química ou tóxica, ou explosiva, ou corrosiva, ou por alguma outra característica cause perigo à saúde ou ao meio ambiente.

A EPA não considera RS os materiais que podem ser reciclados, usados ou reutilizados como ingredientes em um processo industrial para fabricar um produto, como substituto efetivo de produtos comerciais ou como materiais retornados aos processos originais nos quais foram gerados.

3.11.6. Aspectos de um sistema controlado para resíduos sólidos industriais

Todo país necessita um sistema de controle nacional para o gerenciamento de resíduos sólidos. Este sistema precisa prover 4 componentes vitais para ser bem sucedido:

1. Legislação e regulamentos;
2. Implementação apropriada dos procedimentos;
3. Prover instalações adequadas para reciclagem, tratamento e disposição e medidas para encorajamento do seu uso;
4. Introdução de esquemas de treinamento para oficiais do governo e operadores/gerentes de indústrias e/ou programas educacionais de conscientização pública.

3.11.7. Quantidade de resíduos produzidos

A Comunidade Européia (CE) produziu cerca de 60 milhões de toneladas/ano de resíduos perigosos (2002). Os EUA cerca de 280 milhões de toneladas/ano (2001). No Brasil são produzidos 30 milhões T/ano no Estado de São Paulo e 16 milhões T/ano no Estado de Minas Gerais–2003 – Inventário de resíduos sólidos de Minas Gerais. Em Minas Gerais, do total, 828 mil toneladas são resíduos perigosos.

Principais destinos em Minas Gerais (excluindo resíduos classificados como sem destino):

- 24,5% dos resíduos são reutilizados/reciclados/recuperados, sendo que destes 13% são encaminhados para sucateiros intermediários, 55% são reciclados dentro da própria empresa e 32% são encaminhados para recuperação fora da empresa;
- 26,3% dos resíduos são encaminhados ao co-processamento, sendo a escória de siderurgia responsável por 92,4% deste destino;
- 19,5% dos resíduos são dispostos em barragens de rejeitos, lagoas e pátios;
- 14,6% dos resíduos são dispostos em aterros industriais próprios;
- 7,3% dos resíduos são incorporados ao solo agrícola;
- 7,8% dos resíduos possuem outras formas de destinação.

3.11.8. Resíduos sólidos gerados em uma usina siderúrgica a carvão vegetal

Os resíduos sólidos, resultantes do processo de produção de ferro-gusa, são:

- Escória do alto-forno
- Finos de minério de ferro

- Finos de carvão vegetal (moinha)
- Pó do sistema de limpeza a seco dos gases (pó de coletor ou pó de balão)
- Lama do sistema de limpeza a úmido dos gases (lama de alto-forno)

Levantamentos feitos, durante a execução do Projeto Minas Ambiente, mostraram que a geração total dos resíduos, somente na indústria independente de gusa em Minas Gerais, está em torno de 3.800 t diárias. A escória representa a principal fatia deste total (41%), seguida pela de finos de minério (28%) e pela de moinha de carvão vegetal (18%). O material particulado na forma de pó ou lama, proveniente dos sistemas de limpeza a seco e a úmido, representa 13% dos resíduos gerados nas usinas independentes. Análises desses resíduos de acordo com a NBR 10004, Norma de Classificação de Resíduos, indicaram a escória e os finos de minério como resíduos classe III (resíduos inertes), a moinha com resíduo classe II (não inerte) e o pó de coletor e lama de alto-forno como resíduos classe I (perigosos). A seguir, é feita uma descrição de cada um dos resíduos sólidos gerados.

3.11.8.1. Escória de alto-forno

A escória de alto-forno, obtida pela reação entre as impurezas do minério e fundentes, possui elevados teores de sílica (SiO_2) e de óxido de cálcio (CaO), além de óxido de alumínio (Al_2O_3), óxido de magnésio (MgO) e óxido de ferro (FeO). Sua produção nos altos-fornos a carvão vegetal varia de 120 a 180 kg/t ferro-gusa.

3.11.8.2. Finos de minério de ferro

Os finos de minério de ferro são constituídos pela fração fina, descartada da etapa do peneiramento. A composição química é semelhante à do minério, contendo uma grande porcentagem de ferro e pequenas quantidades de óxidos de alumínio, manganês, silício, fósforo e cálcio. A quantidade gerada pode variar de 80 a 130 kg/t gusa, sendo que uma grande porcentagem de finos de minério não encontra destinação comercial no mercado consumidor.

3.11.8.3. Finos de carvão vegetal (moinha)

A moinha de carvão vegetal consiste nos finos de carvão resultantes do peneiramento e, eventualmente, do equipamento de controle utilizado na área de beneficiamento do carvão. Consiste em material particulado de pequena granulometria, com 60 – 75% de carbono fixo, 20 – 30% de material volátil e 3 – 10% de cinzas. Essas, por sua vez, são formadas por SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e pequenas quantidades de MgO , P_2O_3 e MnO . Os finos são formados, também, durante o transporte e manuseio do carvão, desde a região carvoeira até os consumidores. A geração de moinha é bastante significativa, 35 – 120 kg/t gusa, devido a vários fatores, dentre eles, a baixa resistência mecânica do carvão e o intenso manuseio durante o ensacamento na carvoeira e o desensacamento na usina.

Os finos de carvão (moinha) são formados por um material particulado de pequena granulometria e apresentam composição química semelhante ao carvão vegetal: carbono fixo (60 – 75%), material volátil (20 – 30%) e cinzas (3 – 10%). As cinzas são formadas por: SiO_2 , CaO , Al_2O_3 e Fe_2O_3 , além de pequenas quantidades de MgO , P_2O_3 e MnO .

3.11.8.4. Pó do sistema de limpeza a seco dos gases (pó de coletor ou pó de balão)

O gás que sai do topo do alto-forno contém componentes combustíveis, tais como, monóxido de carbono e gás hidrogênio, contendo, portanto, um alto poder calorífico. A queima desse gás com o oxigênio do ar gera um calor que é aproveitado para o aquecimento do ar soprado nas ventaneiras do alto-forno, mas, devido à grande quantidade de pó arrastado, esse gás deve ser tratado antes de ser utilizado.

O pó de coletor ou pó de balão consiste no material particulado, carregado do forno pelos gases efluentes, removido no coletor de pó via seca, e a quantidade gerada é da ordem de 20 – 45 kg/t gusa, sendo que a composição do resíduo varia com o processo e com as matérias – primas empregadas. Os principais componentes são: óxidos de ferro (~45%), carbono (~24%), sílica (~7 – 25%), cinzas (~75%) e alumina (1,5 – 12%).

3.11.8.5. Lama do sistema de limpeza a úmido dos gases (lama de alto-forno)

A lama gerada no sistema de tratamento da água dos gases do alto-forno é composta, principalmente, por água, carbono e óxidos de ferro, silício, alumínio, cálcio e magnésio. Além desses componentes, a lama possui compostos tóxicos como fenóis, cianetos e amônia dissolvidos na água de lavagem residual. A geração da lama de alto-forno pode variar de 8 – 30 kg/t gusa.

Na Tabela 3.9, são apresentados os dados de geração específica mínima, média e máxima de resíduos sólidos e, na Tabela 3.10, os dados de geração parcial e total de resíduos sólidos nas usinas de produção de ferro-gusa em altos-fornos a carvão vegetal.

Tabela 3.9 - Geração específica mínima, média e máxima de resíduos sólidos

Resíduo	Geração Min. (kg/ton/gusa)	Geração Média (kg/ton/gusa)	Geração Máx. (kg/ton/gusa)	Indústrias
Escória	120	136	180	28
Moinha de carvão	35	61	120	27
Finos de minério	80	94	130	134
Pó de balão	28	29	45	18
Lama do decantador	8	19	30	6
Total	271	339	505	-

Tabela 3.10 - Geração parcial e total de resíduos sólidos nas usinas de produção de ferro-gusa em altos-fornos a carvão vegetal

Resíduo	Geração Parcial (ton/dia)	Indústrias	Geração Total (ton/dia)	Indústrias
Escória	1310	28	1557	29
Moinha de carvão	587	27	698	29
Finos de minério	486	13	1076	29
Pó de balão	168	18	332	29
Lama do decantador	31	6	156	13
Total	2582	-	3819	-

4 – MATERIAL E MÉTODOS

Foi feito a elaboração de um estudo de todo o processo que permeia a implantação e operacionalização da unidade de fundição, desde a quantidade de insumos que é recebida até a produção das peças finais. Esse estudo terá como suporte planilhas, tabelas e fichas de controle específicas para obtenção de dados estatísticos.

O presente trabalho compromete em obter, através de pesquisa, dados estatísticos qualitativos e quantitativos, oriundos do processo de fundição do ferro e outros constituintes químicos e fabricação das peças para máquinas pesadas como, por exemplo, tratores.

A Brasil Verde Agroindústrias Ltda. no Estado de Minas Gerais, na planta de Conceição do Pará (MG) encontram-se as instalações da fundição mecanizada com capacidade de produção de 1.800 ton/mês de peças de 6 a 250 kg, em ferro cinzento e nodular.

A fundição mecanizada tem sistema de moldagem em coldbox, recebendo o gusa líquido a 1.250°C para ser elaborado em dois fornos rotativos de 3 ton da marca SOGEMI, a oxigênio e GLP, tendo o metal vazado em 10 linhas simultâneas, com sistema de desmoldagem e recuperação de areia que gera apenas 4% de finos.

A Brasil Verde Agroindústrias Ltda. no Estado de Minas Gerais conta, também, com um Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais, mediante o qual é feita a abordagem para a eliminação dos efeitos nocivos de poluição, minimizando, consideravelmente, o volume e o impacto causados no meio ambiente e, em alguns casos, sendo eliminados completamente.

O combate à poluição atmosférica tornou-se uma das prioridades das autoridades de diversos países, bem como de organizações nacionais e internacionais, sejam elas governamentais ou não. Esse combate, por sua vez, remete ao controle das fontes de emissão de poluentes objetivando a sua redução, colocando-as em patamares pré-

estabelecidos pela legislação ambiental pertinente, os quais são denominados padrões de emissão.

De acordo com a Environmental Protection Agency (EPA), uma das metodologias para limitação das emissões de poluentes atmosféricos baseia-se na avaliação do tipo de tecnologia de controle a ser utilizada, ou seja, da melhor tecnologia disponível (“*best available technology*”), levando-se em conta não apenas os aspectos técnicos, mas também os aspectos sócio-econômicos e ambientais. Portanto, a tomada de decisão na escolha de diferentes sistemas de controle da poluição deve ser feita com base em informações sobre o desempenho, o custo, o consumo de energia dos equipamentos, bem como dos impactos à saúde humana e ao meio ambiente decorrente da seleção de um determinado tipo de sistema de controle.

4.1 – Localização do Empreendimento

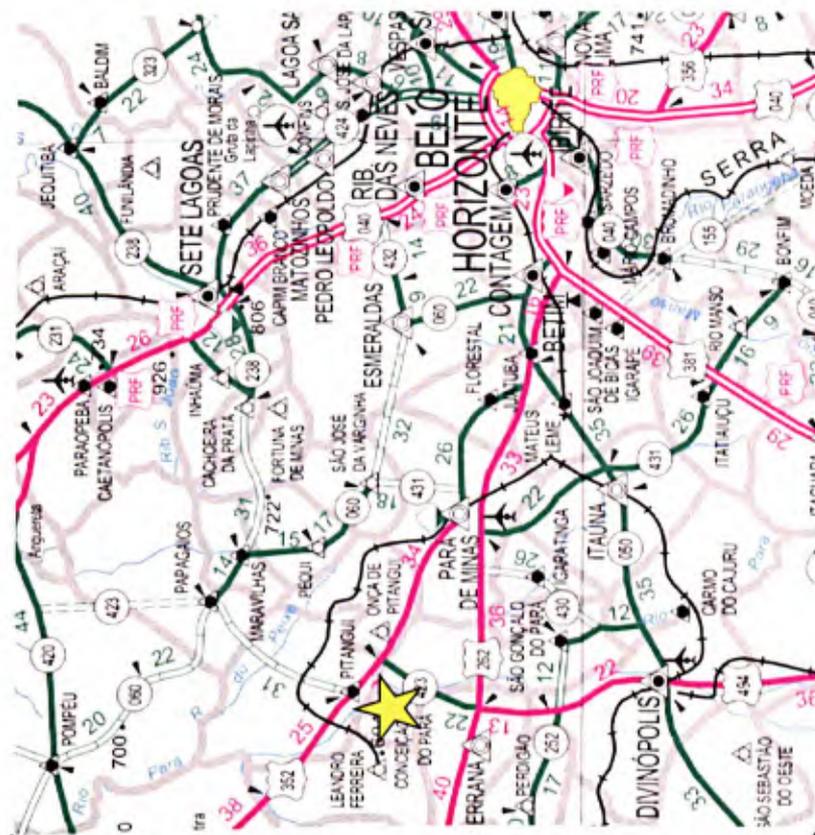
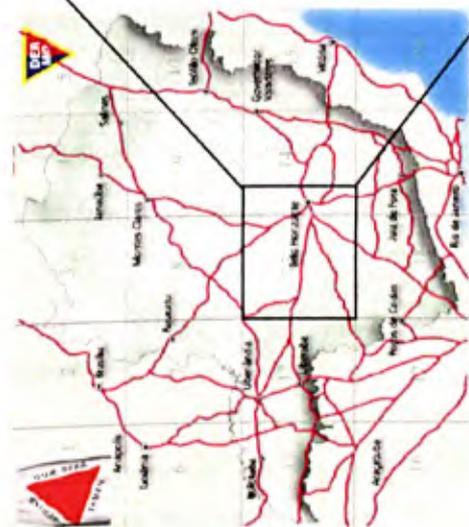


Figura 4.1 – Localização do empreendimento



4.2 – Insumos

Insumos utilizados na fundição e sua quantidade necessária para produção mensal.
Areia, resina líquida, sucatas de ferro e aço.

Tabela 4.1 - Carga típica (% em Peso)

Componente	Quantidade: ton/mês
Ferro Gusa	1.120
Sucata de aço	238
Ferro ligas	42
Areia	120
Resina	25

4.3 – Equipamentos do Processo

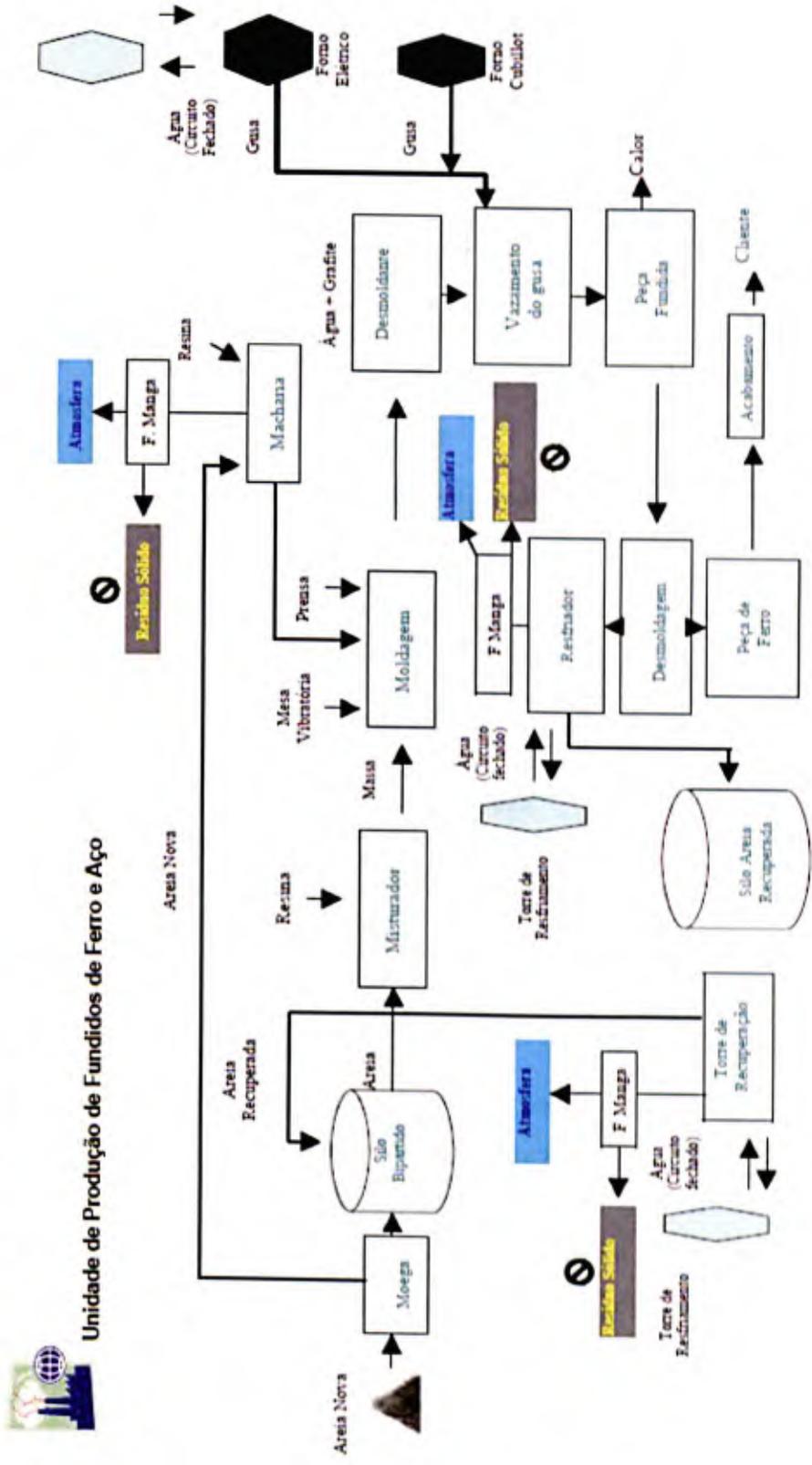
A seguir a listagem / descrição dos equipamentos envolvidos no processo de produção de fundidos de ferro e aço, de acordo com a unidade a ser licenciada.

Tabela 4.2 - descrição dos equipamentos envolvidos no processo de produção de fundidos de ferro e aço

QUANTIDADE	DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO	CAPACIDADE
1	Forno Elétrico Marca: Servtherm	6,0 ton/dia
3	Filtro de Manga	
2	Pontes Rolante Univiga	3,0 ton
2	Pontes Rolante Univiga	20 ton
	Conversor Servtherm para forno	2.500 KW
1		
1	Destorrador com motor elétrico	2.000 x 2.800
	Guindaste de lança giratória com tirante	2,0 ton
1		
28	Pallets para Moldagem de peças	
		36 – 30 ton/h
1	Misturador	Potência de 3HP - 2HP Vazão: 1800 m ³ /h Pressão: 150 mmca
3	Torres de resfriamento de água Marca: Korper	300.000 – 450.000 kcal/h Vazão: 64,4 m ³ /h
2	Compressores de ar Marca: Atlas Copco GA75 FF	

1	Silo Bipartido IMF	80 ton
1	Silo areia recuperada	150 tons
1	Torre de resfriamento de areia	
2	Tanques para armazenamento de resina	10.000 litros cada
1	Forno Cubillot	
2	Carrinhos para transporte dos moldes para linha de vazamento	
1	Manipulador de areia IMF	
1	Roloover para linha de vazamento	
1	Prensa	
1	Mesa Vibratória	
	Verniciatura com esteira tanque de pintura	
	Linha de esteira motorizada	
	Desmoldador aberto	7000 m ³ /h x m ² de área de desmoldagem 7000 x 5 m ² Vazão: 35000 m ³ /h – Pressão: 350mmCA
	Desmoldador fechado	2000 m ³ /h x m ² de área de desmoldagem 2000 x 5 m ² Vazão: 10000 m ³ /h – Pressão: 350mmCA
1	Resfriador Primário	Vazão: 6000 m ³ /h – Pressão: 350mmCA
	Tubulação – Velocidade de Arraste	18 a 22 m/s
1	Torre de Recuperação	12 ton/h Área Filtrante: 75 m ² Pressão: 150mmca Potência: 25HP – 2P

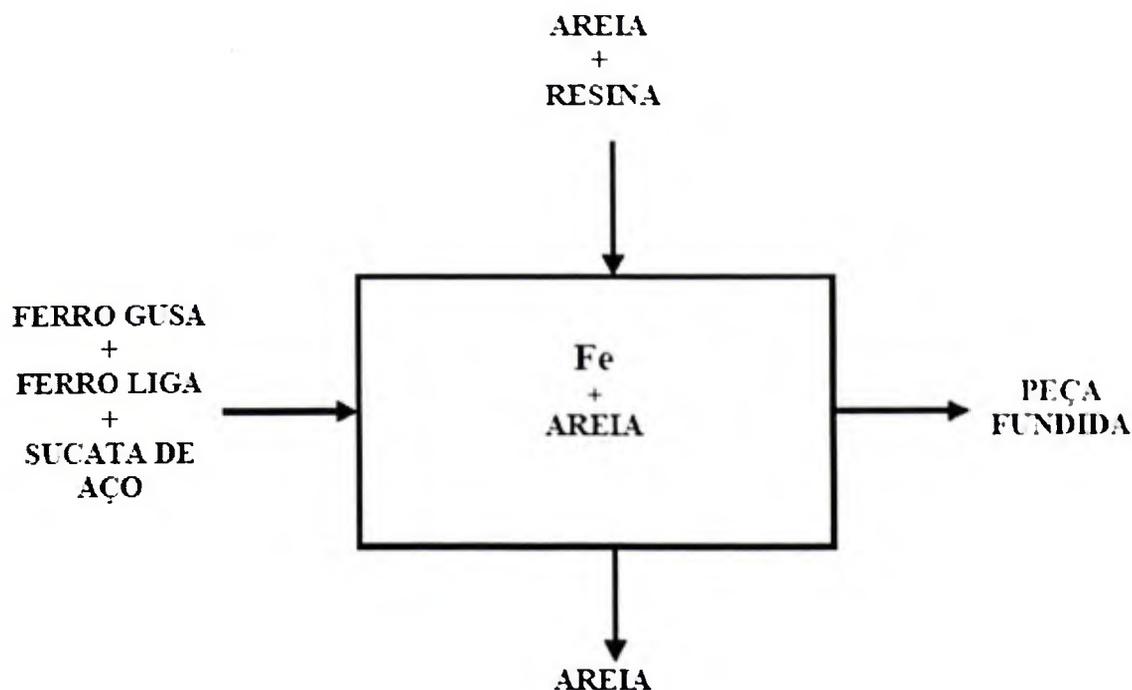
4.4 – Fluxograma do Processo



Unidade de Produção de Fundidos de Ferro e Aço

4.5 – Balanço de Massa

- Peças para a indústria de tratores e máquinas de construção.



4.6 - Memorial Descritivo do Processo

4.6.1 - Processo de produção de fundidos de ferro e aço

O recebimento da areia nova é feito através de uma moega para posterior distribuição. Da moega a areia nova é encaminhada a duas rotas:

- A primeira é enviada a macharia;
- A segunda é enviada ao silo bipartido

A areia da macharia recebe a resina e segue para moldagem.

A areia (areia nova + areia recuperada) do Silo Bipartido vai para o misturador onde recebe resina para confecção da massa (resina + areia).

A massa então vai para a moldagem onde será vazada em moldes com formato da peça a ser produzida. O molde pronto (vazado) segue para a etapa de aplicação de desmoldante visando facilitar o posterior desmolde.

A etapa seguinte é vazar o Ferro gusa no molde com desmoldante. Nesta fase do processo, as peças são fundidas a uma temperatura por volta de 1300° C e encaminhadas, através de carro hidráulico e linha de rolete motorizada, para a desmoldagem, tendo o papel de separar a peça

fundida de sua estrutura de moldagem (areia + resina). Na operação ocorrerá a quebra do molde para obtenção da peça fundida e a recuperação da areia.

A peça fundida segue para o setor de acabamento da fundição I e II e posteriormente aguarda o transporte externo de responsabilidade do cliente.

A areia gerada do processo de desmoldagem, ainda está quente havendo um resfriador que é atendido por um filtro de mangas. A areia que sai do resfriador é direcionada a um silo de areia recuperada. Este silo é atendido também por um filtro de mangas.

A areia recuperada e resfriada então alimenta o silo bipartido, que iniciará novo ciclo de fundição.

Torre de
Resfriamento

4.7 – Sistema de abastecimento de água

O abastecimento de água industrial, para o empreendimento existente, é feito através de captação de água superficial no Rio São João conforme outorga em fase de licenciamento Nº 1507/2008.

4.8 - Balanço Hídrico

4.8.1 - Água potável e de uso sanitário

Tabela 4.3 - Consumo de água

Valores Aproximados de Consumo de Água para uso Sanitário
Máx: 70 litros por pessoa/dia
Méd: 45 litros por pessoa/dia
Mín: 30 litros por pessoa/dia

4.8.2 - Água de uso industrial

A água utilizada no processo industrial está relacionada com o processo de resfriamento do forno e dos resfriadores em circuito fechado consumindo pequena quantidade de água para repor as perdas por evaporação.

A vazão aduzida máxima para o processo industrial na unidade de produção de fundidos de ferro e aço da Brasil Verde Agroindustriais Ltda. corresponde a 3 (três) m³/hora, conforme outorga em fase de licenciamento Nº 1507/2008.

4.9 - Produto Final

- As peças fundidas em ferro cinzento e nodular são destinadas a indústria de tratores e máquinas de construção

4.10 - Transporte interno e externo, armazenamento e estocagem de insumos e produtos

As peças fundidas são transportadas por meio de caminhões apropriados, cujo transporte é de responsabilidade e realizado pelo cliente.

O transporte interno dos insumos, matérias-primas e dos produtos da produção de fundidos de ferro e aço, em função das operações necessárias, é feito por empilhadeiras.

4.11 - Estocagem de matéria-prima e produtos

4.11.1 - Matéria-Prima

Areia utilizada no processo será descarregada em moega e armazenada em silo com capacidade para 80 ton. e imediatamente processada.

A resina será armazenada em 2 (dois) tanques apropriados com capacidade de 10.000 litros cada um. Desmoldante, a base de grafite, e sucatas metálicas terá seus locais de armazenamento devidamente apropriados e identificados.

4.11.2 - Produtos

Para produtos acabados (Peças de Fundição), não será construída nova instalação em qualquer outra área da empresa, em virtude das instalações que já existem para este fim e atende perfeitamente a produção até posterior transporte externo de responsabilidade do cliente.

Os produtos, após terem passado pelo setor de acabamento, serão armazenados em local apropriado, devidamente acondicionado em embalagens fornecidas pelo cliente, até o seu despacho para a entrega.

4.12 – Identificação das principais fontes de emissão de poluentes

4.12.1 - Efluentes Atmosféricos

Os principais pontos de geração de efluentes atmosféricos caracterizados pela emissão de material particulado são:

- Macharia
- Resfriador primário de Areia do processo de desmoldagem
- Resfriador de Areia do silo de areia recuperada

Macharia

Tipo de Efluente: Material particulado

Fonte de Emissão: Macharia

Resfriador primário de Areia do processo de desmoldagem

Tipo de Efluente: Material particulado

Fonte de Emissão: Resfriador da desmoldagem

Resfriador de Areia do silo de areia recuperada

Tipo de Efluente: Material particulado

Fonte de Emissão: Resfriador

4.12.2 - Efluentes Líquidos

4.12.2.1 - Efluente Industrial

Durante o processo de produção de fundidos de ferro e aço na fabricação de peças para a indústria de tratores e máquinas de construção, não é gerado qualquer tipo de efluente líquido industrial.

4.12.2.2 - Efluente Sanitário

O empreendimento possuirá um sistema de tratamento composto por fossa séptica e filtros anaeróbios. Serão contratados 17 funcionários para a unidade a ser instalada. A carga de esgoto

gerada pelos 17 funcionários será atendida pelo sistema, de modo a não comprometer a eficiência de tratamento do efluente.

4.12.3 - Águas Pluviais

Considerando-se como objeto de controle ambiental, pois representa significativo potencial poluidor, as águas pluviais no contato direto com o solo, podem causar focos erosivos e carreamento de partículas sólidas em direção aos cursos d'água. A fundição possuirá sistema de drenagem de águas pluviais que será interligado ao sistema de drenagem das fundições I e II.

4.12.4 – Ruídos

O levantamento dos níveis de ruído somente poderá ser efetuado após implantação e início de funcionamento da unidade. Contudo, caso os valores encontrados, através de amostragens sejam superiores aos padrões estabelecidos, será efetuado projeto para adequação aos padrões vigentes na legislação ambiental.

4.12.5 – Resíduos Sólidos

4.12.5.1 - Finos dos sistemas de desempoeiramento

Os finos retidos nos filtros de mangas comporão os resíduos sólidos industriais. Esse material seguirá para o depósito temporário.

4.13 - Sistema de Controle, Tratamento e Disposição Final dos Efluentes

Os sistemas que visam às propostas e medidas de controle das emissões, tratamentos e disposição final dos efluentes, encontram-se detalhados através de projetos específicos contidos em um Plano de Controle Ambiental-PCA, um dos documentos exigidos pelo órgão ambiental, onde já foi citado anteriormente.

Os sistemas que visam as propostas e medidas de controle das emissões estão detalhados a seguir

4.13.1 - Efluentes Atmosféricos

Os efluentes atmosféricos gerados - Material Particulado - estão relacionados com algumas fases do processo industrial da unidade a ser licenciada, como armazenagem de matéria prima (Areia) no Silo do resfriador e no processo do Resfriador de Areia e Macharia.

Está prevista a instalação de Filtros de Mangas para atender cada equipamento referido, possibilitando a retenção do material particulado gerado.

Salienta-se que a empresa possui fornecedores deste tipo de equipamento e estes possuem um desempenho adequado aos padrões ambientais vigentes.

- **Macharia**

A macharia possuirá um sistema de captação de particulados composto por 1 Filtro de Manga. O material recolhido (finos de areia) será encaminhado a um depósito temporário.

- **Resfriador primário de areia do processo de desmoldagem**

O resfriador primário possuirá um sistema de captação de particulados composto por Filtro de Manga. O material recolhido (finos de areia) será encaminhado a um depósito temporário.

- **Resfriador de areia do silo de areia recuperada**

O Resfriador de areia recuperada possuirá um sistema de captação de particulados composto por Filtro de Manga. O material recolhido (finos de areia) será encaminhado a um depósito temporário.

4.13.1.1 - Características e especificações dos Filtros de Mangas modelo: IMF

- **FILTRO DE MANGAS 75 M² DA TORRE DE REGENERAÇÃO MECÂNICA**

Produto Filtrado: Material Particulado (Areia)

Mecanismo de limpeza – jato pulsante

Quantidade de Mangas: 78 Mangas Filtrantes Poliester

Diâmetro de Mangas: 140 mm

Comprimento das Mangas: 2.360 mm

Área Filtrante: 550 gramas/cm²

Vazão do Exaustor: 8.760 m³/h

Pressão Estática: 400 mmCA

Motor do Exaustor: 25 HP

Concentração do Material Particulado na Chaminé: 50 mg/N m³

A empresa responsável pelo projeto das instalações e pelo projeto dos filtros de mangas é a IMF BRASIL LTDA

Existe garantia, de acordo com as especificações técnicas do equipamento, que as emissões serão enquadradas dentro dos padrões legais de emissão de 50 mg/N m³.

Não haverá reações químicas durante o funcionamento dos equipamentos do sistema de proteção ambiental, já que o sistema executará apenas o trabalho físico de separação do material particulado oriundo da Macharia, silo do resfriador e do resfriador de areia.

A rotina operacional seguida pelos equipamentos de proteção ambiental (Filtros de Mangas) é um procedimento habitual já efetuado por instalações semelhantes no processo industrial da Brasil Verde Agroindústrias Ltda. Os respectivos equipamentos estarão ligados e operarão em todo tempo em que a nova unidade de fundição estiver em funcionamento.

Esses equipamentos (Filtros de Mangas) têm por finalidade fazer exaustão e filtragem dos gases contaminados com material particulado fino, gerados na Macharia, Silo do Resfriador e no Resfriador de Areia, fazendo com que sejam lançados na atmosfera nos limites permitidos pela legislação vigente.

- **Poeiras Fugitivas**

O controle das poeiras fugitivas é realizado através de aspersão de água nas principais áreas que por ventura possam gerar poeira e nas vias de circulação, por meio de caminhões pipas próprios ou terceirizados.

O controle de poeira nas vias de circulação e pátios internos do empreendimento já é contemplado, operando nos horários de fluxo de carga e descarga.

- Tipo de aspersor: Caminhão pipa;
- Capacidade do tanque: 6,0 m³;

Nas épocas de seca que variam de Junho a Outubro a aspersão é intensificada sempre que necessário.

4.13.2 - Efluentes Líquidos

A utilização de água no processo é destinada a controlar a temperatura do forno e os resfriadores de areia, porém em circuito fechado, havendo perdas por evaporação. Dessa forma, não há a geração de efluente industrial eliminando a possibilidade de lançamento em corpos receptores.

A unidade de produção de fundidos de ferro e aço, objeto de licenciamento, não irá gerar qualquer tipo de efluente líquido industrial conforme previsto. Devido a este fato, não será realizado ensaio de tratabilidade, nem projeto de sistema de tratamento para este tipo de efluente.

4.13.2.1 - Efluentes Sanitários

De acordo a revisão bibliográfica e estudos já realizados nesta área por especialistas, os efluentes sanitários que serão gerados nas instalações da Unidade de Fundição terão tratamento em um sistema proposto, constituído por fossa séptica e filtro anaeróbio, seguido de sumidouro. A limpeza do sistema de tratamento, quando necessária, será realizada com periodicidade de dois anos por empresa especializada e ambientalmente legalizada.

O sistema a ser implantado foi dimensionado para uma população de 20 pessoas, apesar de que, está previsto um quadro de 17 funcionários. Sendo assim, consegue-se uma maior confiabilidade no sistema, já prevendo um possível aumento de vazão dos efluentes sanitários.

- Descrição do sistema a ser implantado:

O sistema de tratamento proposto é sem dúvida, o mais utilizado atualmente no Brasil para o tratamento dos esgotos sanitários de pequenas e médias comunidades. Este sistema detém os despejos domésticos, por um período de tempo especificadamente estabelecido, de modo a permitir a decantação dos sólidos e retenção do material graxo contido nos esgotos, transformando-os, biologicamente, em substâncias e compostos mais simples e estáveis.

O processo de tratamento procura simular as operações que ocorrem nos processos naturais, o que o torna bastante simples.

Geralmente, não requer técnicas construtivas sofisticadas, nem equipamentos especiais e a operação não necessita da presença constante de um operador qualificado. Essa simplicidade, aliada a eficiência satisfatória de remoção de sólidos e de matéria orgânica, garante ao sistema de tanque séptico/filtro anaeróbio uma ampla faixa de utilização.

Estes processos apresentam uma série de vantagens, tais como:

- Ocupam pequenas áreas;
- Produzem pouco lodo
- Não consomem energia;
- Não necessitam de equipamentos eletromecânicos;
- Requerem construção e operação simples

Os tanques sépticos podem ser classificados como reatores anaeróbios de lodo passivo em relação à fase líquida. Nesses sistemas, o fluxo é horizontal, ocorrendo a sedimentação do lodo e a decantação da fase líquida, que passa sobre a biomassa decantada. O fluxo ocorre na fase líquida e, portanto, a ação dos microorganismos da biomassa, separada por sedimentação, é passiva em relação à massa líquida.

Sendo um reator passivo em relação à fase líquida, o processo biológico devido à ação séptica que ocorre na fração líquida é de pouca importância. O principal fenômeno ativo na depuração da fase líquida é a sedimentação, enquanto a degradação da matéria orgânica ocorre principalmente no lodo sedimentado.

O funcionamento dos tanques sépticos é descrito simplificadamente a seguir:

- Os sólidos sedimentáveis presentes nos efluentes vão ao fundo do tanque formando uma camada de lodo;
- Os óleos, graxas e materiais leves flutuam até a superfície do tanque, formando uma camada de espuma;

- O efluente, agora isento de grande parte dos sólidos sedimentáveis e dos materiais flutuantes, flui entre as camadas de lodo e espuma, deixando o tanque séptico em sua extremidade oposta, de onde é encaminhado para uma unidade de pós tratamento;
- O material orgânico retido no fundo do tanque passa por uma decomposição facultativa e anaeróbia, sendo convertido a compostos mais estáveis como CO_2 , CH_4 , H_2S . O H_2S formado combina com metais acumulados no lodo e forma sulfetos metálicos insolúveis, evitando a geração de maus odores;
- A decomposição anaeróbia proporciona uma redução contínua do volume do lodo depositado no fundo do tanque, mas há sempre uma acumulação ao longo dos meses de operação do sistema. Como consequência, a acumulação de lodo e de espuma leva a uma redução do volume útil do tanque, demandando a remoção periódica desses materiais.

Ao contrário dos tanques sépticos, os filtros anaeróbios são classificados como reatores de lodo reativo em relação à fase líquida. Os filtros são preenchidos com britas, nas quais se desenvolve um biofilme, formando um leito fixo filtrante em cujos interstícios ocorre o fluxo da fase líquida. Além do lodo aderido, pode se formar também um lodo floculado ou granulado que permanece em suspensão na fase líquida.

O principal objetivo do filtro anaeróbio é propiciar o pós tratamento do efluente proveniente do tanque séptico, através do aumento do tempo de retenção celular, para se obter um longo contato entre a biomassa ativa e o efluente a ser tratado.

O processo de tratamento é estritamente biológico e a eficiência aumenta na medida em que a concentração de lodo aumenta.

Com o tempo, o lodo torna-se velho e mineralizado, desprende-se naturalmente do meio suporte.

- Memorial de cálculo para dimensionamento do sistema adotado:

➤ Fossa Séptica

O sistema proposto foi dimensionado para as condições médias previstas pela NBR 7229/93 com as seguintes dimensões:

Tipo: Cilíndrico de câmara única

Número de contribuintes (N): 20 habitantes

Contribuição “per capita” de esgoto (C): 70 L/habitante x dia

Lodo fresco (L_f): 0,30 L/habitante x dia

Período de retenção (T): 24 horas = 1 dia

Taxa de acumulação de lodo (K): 100 dias

Intervalo entre limpeza: 2 anos

Volume da fossa séptica (m^3):

$$V = 1.000 + N \times (C \times T + K \times L_f)$$

$$V = 1.000 + 20 \times (70 \times 1 + 100 \times 0,30)$$

$$V_{(\text{mínimo})} = 3.000 \text{ L} = \mathbf{3,0 \text{ m}^3}$$

Dimensões internas da fossa (m):

Altura útil: 1,5 m

Altura total: 2,5 m

Diâmetro: 2,0 m

Volume útil: **4,71 m^3**

➤ Filtro Anaeróbio

O sistema proposto foi dimensionado para as condições médias previstas pela NBR 13969/97 com as seguintes dimensões:

Tipo: Cilíndrico com calha vertedoura

Volume do filtro (m^3):

$$V = 1,60 \times N \times C \times T$$

$$V = 1,60 \times 20 \times 70 \times 1$$

$$V_{(\text{mínimo})} = 2.240 \text{ L} = \mathbf{2,24 \text{ m}^3}$$

Dimensões internas da fossa (m):

Altura do leito filtrante: 1,5 m

Altura total: 2,5 m

Diâmetro: 2,0 m

Volume útil: **4,71 m³**

Altura do fundo falso: 0,50 m incluindo a espessura da chapa ou laje

Fundo falso: Laje de concreto com orifícios de 25 mm separados 0,10 m centro a centro

Tubo guia: Diâmetro de 100 mm

Leito filtrante: Brita N° 4

➤ **Sumidouro**

Para o dimensionamento do sumidouro é essencial o conhecimento prévio das características de infiltração do solo. Como não se dispõe desta informação, será tomado como referência parâmetros para um solo com características intermediárias, com taxa de aplicação diária de 0,08 m³ m² x dia

A taxa de geração do efluente será de:

Taxa de Aplicação Diária (Q)

$$Q = 20 \text{ habitantes} \times 70 \text{ litros/habitante} \times \text{dia} = 1.400 \text{ L/dia} = \mathbf{1,4 \text{ m}^3/\text{dia}}$$

A área necessária para infiltração no solo será de:

$$\text{Área de infiltração} = (1,4 \text{ m}^3/\text{dia}) / (0,08 \text{ m}^3 \text{ m}^2 \times \text{dia}) = \mathbf{17,5 \text{ m}^2}$$

Será construído um sumidouro cuja área de infiltração será a das paredes, desconsiderando a área do fundo:

$$D = 2,3 \text{ m} \quad H_{\text{útil}} = 2,5 \text{ m}$$

$$A_{\text{parede}} = 2 \pi \cdot r \cdot H_{\text{útil}} = 2 \pi \cdot 1,15 \cdot 2,5 = \mathbf{18,06 \text{ m}^2}$$

4.13.2.2 – Águas Pluviais

As águas provenientes de drenagem pluvial da nova unidade serão captadas em canaletas de concreto e interligadas ao sistema de drenagem atual da empresa.

4.13.3 – Resíduos Sólidos

4.12.3.1 - Finos dos Sistemas de Desempoeiramento

Os finos retidos nos filtros de mangas comporão os resíduos sólidos industriais. Esse montante será coletado e enviado para o depósito temporário.

4.13.4 – Ruídos

O levantamento dos níveis de ruído, somente poderá ser realizado após a implantação da unidade foco deste licenciamento e mesmo assim, após o funcionamento da unidade de produção de fundidos de ferro e aço. Caso os valores encontrados, estejam fora dos padrões especificados pela Lei Estadual 10.100 de 17/01/90, será apresentada proposta de medidas corretivas visando intervenção nas fontes geradoras e o controle do nível de ruídos, sendo realizada novas medições e respectivos resultados enviados e apresentados a FEAM. Entretanto, conforme informado na tabela 4.2 - descrição dos equipamentos envolvidos no processo de produção de fundidos de ferro e aço, a utilização de motores de baixa potência indica que os níveis de pressão sonora no local não serão afetados pela nova instalação.

4.14 - Procedimentos para Situação de Emergência

4.14.1 – Área de Produção

Os equipamentos instalados na área de produção, que constitui um setor independente, passível de ser desligado quando houver necessidade, por exemplo, em caso de algum acidente ou emergência, já foram previstos com segurança suficiente para enfrentar tais situações.

Não haverá tanques para depósitos de efluentes líquidos de qualquer natureza que possam romper ou vaziar causando danos ao meio ambiente. Os Filtros de Mangas serão providos de tampas de explosão, visando reduzir impacto de explosão e suas conseqüências. Os Filtros de Mangas, em caso de rompimento de mangas e provável emissão de material particulado para a atmosfera, fora dos padrões permitidos, deverão ser paralisados para reparos e troca de mangas.

4.15 - Proposta de Monitoramento

4.15.1 – Efluentes Atmosféricos

Avaliação da concentração de Material Particulado emitido pelo Filtro de Mangas da Macharia. Os demais têm a função de silo pulmão e tradicionalmente de baixa emissão, atingindo valores menores que 10 mg/N m^3

Frequência: Anual

4.15.2 – Efluente Líquido Sanitário

Avaliação da eficiência da fossa séptica e filtro anaeróbio visando atendimento aos padrões de lançamento de efluentes respeitando Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008.

Parâmetros a serem avaliados:

pH, sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis, DBO, DQO, óleos e graxas, detergentes.

Frequência: Anual

Locais de monitoramento: Entrada e saída do sistema de tratamento

4.15.3 – Ruído

Avaliação dos níveis de pressão sonora, em 4 pontos distintos, na área externa da nova unidade da indústria.

Frequência: Anual

5. CONCLUSÕES

Este presente trabalho teve como principal objetivo apresentar um estudo de caso no qual viabiliza o processo de licenciamento ambiental de operação da unidade de fundição de siderúrgica não integrada Brasil Verde Agroindústrias, abordando principais aspectos da sua implantação e operacionalização. A Brasil Verde Agroindústrias está dentre as pequenas empresas produtoras de ferro-gusa em altos-fornos a carvão vegetal do Estado de Minas Gerais que atende aos padrões de qualidade do ar recomendados pela legislação ambiental.

Este estudo de caso constituiu-se numa experiência na qual, com base no conceito de desenvolvimento sustentável, é perfeitamente viável o planejamento e implantação de instrumentos de controle na prevenção e redução da poluição.

Foram descritos os impactos ambientais causados por empreendimentos do setor de ferro gusa e as respectivas medidas de controle ambiental adotadas e/ou exigidas pela legislação ambiental vigente. Foi apresentada também a situação atual do setor das indústrias não integradas de ferro gusa do Estado de Minas Gerais frente ao cumprimento da DN COPAM 74/2004 e o licenciamento na Fundação Estadual do Meio Ambiente (SUPRAM). O setor busca, ainda lentamente, se adequar as exigências ambientais, estabelecidas pelas deliberações do COPAM, entretanto, a fiscalização por parte dos órgãos ambientais torna-se imprescindível na conclusão dos processos de licenciamento e medidas tomadas por parte das siderúrgicas

6. RECOMENDAÇÕES

De fato, o diálogo e planejamento entre os vários profissionais que compõem essas diversas áreas do conhecimento acabam por se tornar ponto fundamental para que esse tipo de processo obtenha sucesso e que evite gerar problemas graves no futuro.

O planejamento por parte desses profissionais é bastante importante no que tange traçar as diretrizes básicas mais importantes neste processo de licenciamento ambiental, desde a observação minuciosa do processo, a identificação das principais fontes poluidoras, até o apontamento do melhor aparato de prevenção e atenuação destas fontes de poluição.

De acordo com a identificação destas fontes de poluição específicas do empreendimento e a implantação do aparato de proteção ambiental, é utilizada uma ferramenta de verificação da eficiência destes equipamentos de proteção ambiental que foram implantados denominado monitoramento ambiental.

O monitoramento ambiental consiste em rastrear a eficiência do sistema de proteção ambiental indicado e verificar se as emissões destas fontes poluidoras estão dentro dos padrões da legislação vigente.

O sistema de gestão ambiental da empresa em questão deverá ter responsabilidade ambiental em detrimento do seu empreendimento no que tange este tipo de verificação que é feito através do monitoramento ambiental. Mesmo que o órgão não exija esse monitoramento, a empresa deverá fazê-lo para fins de verificação e proteção ambiental.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L.A, Siderurgia, Editora FTD. São Paulo, 483p., 1967.

AUZA VILLEGAS, E., Introdução ao Controle Ambiental na Indústria Metalúrgica: Texto da disciplina EMT, Pós-graduação / DEMET / UFMG, 1996.

BATISTA, A. A. M.; VITAL, E. S.S; BRANCO, L. F.; FONSECA, S. A, A Poluição das Usinas Não Integradas de Pequeno Porte a Carvão Vegetal para Produção de Ferro Gusa no Estado de Minas Gerais, FEAM, Belo Horizonte / MG, p. 09 – 34, 174 – 209. 1992.

BENJAMIN, J. O., Visão do Órgão Ambiental com relação às Propostas de Destinação dos Resíduos Sólidos Gerados pelas Indústrias de Ferro Gusa a Carvão Vegetal, FEAM / DIMET, Belo Horizonte, 2003.

BRAGA, R. N. B, Aspectos Tecnológicos Relativos a Preparação de Carga e Operação do Alto-Forno, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, ABM, 1994.

BRAILE, P. M., Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais, CETESB, São Paulo, 1993.

BOURLON, N.; BERTHON, D. Desenvolvimento Sustentável e Gerenciamento das Bacias Hidrográficas na América Latina. Ciência e Cultura, p. 16-22. (1993).

CETEC; Poluição na Indústria Siderúrgica: Processo, Poluentes e Controle das Emissões, Belo Horizonte, 1985.

EPA, Environmental Protection Agency, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, North Carolina, 3a ed., 509 p., 1977.

FELLENBERG, Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental, 1980.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.), Avaliação e Perícia Ambiental, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Ltda., 266 p., 1999.

JACOMINO, V. M. F.; MOTA BATISTA, A.; RIBEIRO, E. D. R.; LOPES, L. E. F.; CASTRO, L. F. A.; BATISTA, W. C., Ensino e desenvolvimento tecnológico para controle ambiental na indústria, pesquisa tecnológica para controle ambiental em unidades independentes de produção de ferro gusa de Minas Gerais – volume III, alternativas tecnológicas. Relatório Técnico, Belo Horizonte, 2000.

JACOMINO, V. M. F.; CASTRO, L. F. A.; RIBEIRO, E. D. L.; LEÃO, M. M. D.; SOUZA, C. M.; GOMES, A. M.; ALMEIDA, M. L. B.; LOPES, L. E. F., Projeto Minas Ambiente, Controle Ambiental das Indústrias de Ferro Gusa em Altos Fornos a Carvão Vegetal, Segrac Editora e Gráfica Ltda., Belo Horizonte, 302 p., 2002.

JACOMINO, V. M. F.; RIBEIRO, E. D. L.; CASTRO, L. F. A., Seleção de Padrões de Emissão Atmosférica. Um Estudo de Caso para as Pequenas e Médias Empresas Produtoras de Ferro Gusa do Estado de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA), vol. 7, n. 3, p. 112 – 116, 2002.

LANNA, A. E. L. Gerenciamento de Bacia Hidrográfica: Aspectos Conceituais e Metodológicos. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995. 171p.

MELO, G. C. B., Controle de Poluição Atmosférica, Escola de Engenharia da UFMG, 68 p., 2003.

MELLO, R. A., Composição de Representação nos Comitês e Conselhos: "A Estrutura Jurídico Institucional dos Comitês" in Relato dos Trabalhos: 3º Encontro Nacional dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Belo Horizonte. 2001.

ROSS, J. L. S.; PRETTE, M. E. D., Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Âncoras do Planejamento e Gestão Ambiental, Revista do Departamento de Geografia, n.º 12, USP- São Paulo, 1998.

SEROA DA MOTTA, R., Indicadores Ambientais: Utilização de Critérios Econômicos para a Valorização da Água no Brasil. Rio de Janeiro: DIPES/IPEA, abril 1998 (Texto para Discussão, 556).

SETTI, A. A., Legislação para Uso dos Recursos Hídricos. Viçosa: ABEAS/UFV/DEA, 64p. (1996).

SINDIFER, Sindicato da Indústria de Ferro no Estado de Minas Gerais, Estimativa da Produção de Ferro Gusa, Belo Horizonte, 2004.

SPERLING M., Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Volume 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte, 240 p., 1995.