

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM)

Avaliação da Gestão e Tecnologia Ambiental Aplicada ao Pó de Aciaria Elétrica

Clovis Dutra Acosta

Tese para obtenção do título de Doutor
em Engenharia

Porto Alegre

2013

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de
Materiais (PPGEM)

Avaliação da Gestão e Tecnologia Ambiental Aplicada ao Pó de Aciaria Elétrica

Clovis Dutra Acosta
Engenheiro Mecânico

Trabalho realizado no Centro de Tecnologia da Escola de Engenharia da UFRGS, dentro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGEM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia.

Área de Concentração: Tecnologia Mineral, Ambiental e Metalurgia Extrativa.

Porto Alegre
2013

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia - área de Tecnologia Mineral, Ambiental e Metalurgia Extrativa e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e pela Banca Examinadora do Curso de Pós-Graduação.

Orientador: Prof. Dr. Ing. Antônio Cezar Faria Vilela

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Luis Duarte Ribeiro (UFRGS)

Prof. Dr. Ivo André Homrich Schneider (UFRGS)

Prof. Dr. Luis Augusto Colembergue Klujszo (Gerdau)

Prof. Dr. Telmo Roberto Strohaecker

Coordenador do PPGEM

AGRADECIMENTOS

À Gisele, Aline e Mariana, pela compreensão e amparo durante o longo período de estudo para conclusão deste projeto.

Aos meus pais, pelos valores pessoais e éticos repassados e pelo estímulo constante aos estudos. Aos meus irmãos e familiares, pela nossa sólida e fraterna família.

À Viviana, pela valiosa ajuda na busca dedicada dos referenciais bibliográficos.

Ao Nieves, pelo apoio à distância na revisão e adequação do texto em língua inglesa.

Ao Leonardo e Hildo pelas dicas e recomendações.

Aos colegas e amigos Gabriel, Trícia, Liza, Marcele, Peter, Cenira, Alisson, Filipe, Wagner, e Cesa que dedicaram seu conhecimento e tempo para qualificar este estudo.

Ao Professor Antonio Cezar Faria Vilela, exemplo de profissional e caráter humano, pela persistência e contínuo apoio para a conclusão deste projeto.

Ao Professor José Luis Duarte Ribeiro, o qual participou intensamente ao longo de toda a trajetória de desenvolvimento deste trabalho, facilitando a conexão do conhecimento à metodologia científica de avaliação desta tese.

À criteriosa e competente banca examinadora de qualificação e de defesa, Doutores Luis Augusto Colembergue Klujszo, Ivo André Homrich Schneider, José Luis Duarte Ribeiro e Lia Buarque de Macedo Guimarães pelo muito que contribuíram para a qualificação deste estudo.

À Alda da Secretaria do PPGEM, pelo incentivo dado para iniciar este desafio e à Beatriz pelo apoio na realização dos processos administrativos da UFRGS.

Ao Grupo Siderúrgico, reconhecido referencial de processos de gestão e tecnologia, pela oportunidade de proporcionar os meios para este significativo aperfeiçoamento humano.

“O acaso só favorece a mente preparada.”

Louis Pasteur

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	XII
RESUMO.....	XIV
ABSTRACT	XV
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 PARTE TEÓRICA	7
2.1 GESTÃO AMBIENTAL.....	7
2.1.1 Aspectos e Impactos Ambientais.....	7
2.1.2 Requisitos Legais e Outros Requisitos	9
2.1.3 Objetivos, Metas e Programas	13
2.1.4 Recursos, Funções, Responsabilidades e Autoridades	14
2.1.5 Comunicação.	15
2.1.6 Recursos Naturais: Otimização e Eficiência Energética	16
2.2 TECNOLOGIA	17
2.2.1 Qualidade da Sucata	17
2.2.2 Captação do Pó de Aciaria Elétrica (PAE)	19
2.2.2.1. Lavadores Tipo Venturi.....	21
2.2.2.2. Precipitadores Eletrostáticos	24
2.2.2.3. Filtros de Mangas	26
2.2.2.4. Sistemas de Ventiladores e Recolhimento do PAE.....	34
2.2.2.5. Emissões Primárias.....	34
2.2.2.6. Emissões Secundárias.....	37
2.2.3 Ruído.....	39
2.2.4 Solo.....	40
2.2.5 Áreas Verdes no Entorno.....	42
2.2.6 Água de Resfriamento e Efluente Líquido	43
2.2.7 Resíduos Sólidos.....	44
2.2.8 Pó de Aciaria Elétrica (PAE).....	48
2.2.9 Tecnologias para Tratamento do PAE.....	51
2.3 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL	74
3 PRÁTICAS INDUSTRIAIS.....	79
3.1 GESTÃO AMBIENTAL.....	79
3.1.1 Política do Meio Ambiente.....	81
3.1.2 Planejamento.	82
3.1.3 Aspectos Ambientais – Avaliação do PAE	82
3.1.4 Requisitos Legais e Outros Requisitos	84
3.1.5 Recursos, Papéis, Responsabilidade e Autoridade	85

3.1.6	Competência, Treinamento e Conscientização	89
3.1.7	Comunicação.	90
3.1.8	Controle Operacional do PAE	90
3.1.9	Verificação.....	92
3.1.10	Análise pela Administração	94
3.2	TECNOLOGIA	95
3.2.1	Prática Associada ao Pó de Aciaria Elétrica (PAE).....	95
3.2.2	Prática Associada aos Indicadores do Sistema de Captação do PAE	97
3.2.3	Radioproteção	109
3.3	VISITAS TÉCNICAS REALIZADAS	109
4	METODOLOGIAS APLICADAS	123
4.1	CAMPO DO ESTUDO	123
4.2	MATRIZ DE AVALIAÇÃO.....	124
4.3	AVALIADORES.....	129
4.4	COLETA DE DADOS	130
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	131
5.1	MAIORES VALORES DE PRIORIZAÇÃO DA GESTÃO AMBIENTAL	137
5.2	MAIORES VALORES DE PRIORIZAÇÃO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL.....	137
5.3	MENORES VALORES DE PRIORIZAÇÃO DA GESTÃO AMBIENTAL	138
5.4	MENORES VALORES DE PRIORIZAÇÃO DA TECNOLOGIA AMBIENTAL	139
5.5	RESUMO DA MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE GESTÃO E TECNOLOGIA.....	139
6	CONCLUSÕES.....	145
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	148
	REFERÊNCIAS	149
	APÊNDICE A – MATRIZ DE AVALIAÇÃO DA GESTÃO AMBIENTAL.....	159
	APÊNDICE B – MATRIZ DE AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA AMBIENTAL.....	162

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Componentes principais de um sistema de captação do PAE (SPENGLER; 1997).</i>	21
<i>Figura 2 - Componentes principais de um lavador venturi (SCHIFFTER; HESKETH; 1992).</i>	23
<i>Figura 3 - Etapas do processo de limpeza das mangas: 1- ingresso do ar sujo e a distribuição do gás; 2 - pó depositado na superfície externa da manga; 3- ar filtrado e limpo sai do filtro de mangas; 4 - manga do filtro é recondicionada através do pulso com ar comprimido (AMERICAN AIR FILTER-AAF, 2011)</i>	29
<i>Figura 4 - Detalhe do sistema de distribuição do jato pulsante com ar comprimido utilizado para limpeza da manga (GE ENERGY, 2011).</i>	29
<i>Figura 5 - Sistema operação de filtros tipo ar reverso (RENNER PRODUTOS TÊXTEIS, 2004).</i>	30
<i>Figura 6 - Vista do interior da câmara de combustão, piso de concreto refratário com paredes e teto montados em painéis resfriados a água.</i>	35
<i>Figura 7 - Foto aérea da coifa com dutos secundários, vista parcial dos dutos primários e tubulação de água utilizada para resfriar os dutos primários.</i>	37
<i>Figura 8 - Curva típica da pluma de carregamento para uma usina com produção de 800.000 toneladas de aço/ano (MANTEN; BRAND, 1994).</i>	38
<i>Figura 9 - Amostra de Pó de Aciaria Elétrica (PAE).</i>	48
<i>Figura 10 - Fluxograma esquemático do Processo Forno de Waelz (SPENGLER, 1997)</i>	65
<i>Figura 11 - Fluxograma esquemático do Processo Primus (FRIEDEN et al., 2001).</i>	67
<i>Figura 12 - Fluxograma esquemático do Processo Carbofer (MULTISSERV HARSCO METALS, 2011).</i>	70
<i>Figura 13 - Diagrama dos requisitos da ABNT NBR 14.001/2004 - ATSG (2006)</i>	80
<i>Figura 14 – Fluxo esquemático do processo de tratamento dos requisitos legais.</i>	85
<i>Figura 15 - Captação do PAE – Indicadores vazão primária/produção horária (m^3/t) e produção horária de aço/consumo de O_2 (t/Nm^3).</i>	101
<i>Figura 16 - Captação do PAE – Indicadores vazão secundária/produção horária (m^3/t) e volume da coifa /produção horária do FEA (m^3/t).</i>	102
<i>Figura 17 - Captação do PAE – Indicadores vazão água/vazão de ar primário ($l/m^3/h$) e área de dutos resfriados/vazão primária ($cm^2/m^3/h$).</i>	103
<i>Figura 18 - Captação do PAE – Indicadores velocidade transversal na câmara de combustão (m/s) e tempo de permanência na câmara de combustão (s).</i>	105
<i>Figura 19 - Captação do PAE – Indicadores vazão de água nos sprays / vazão primária na HQT (l/m^3) e tempo de permanência na HQT (s).</i>	106
<i>Figura 20 - Captação do PAE – Indicadores vazão total de ar filtrado / área filtrante total (m/min) e vazão total filtrada/área filtrante com um compartimento em limpeza (m/min).</i>	107
<i>Figura 21 - Captação do PAE – Indicadores de geração PAE/tonelada aço(kg PAE/tonelada aço) e vazão secundária/quantidade de PAE (m^3/kg).</i>	108
<i>Figura 22 - Foto da esquerda mostra a HQT e dutos, a foto da direita, os bicos sprays da HQT em operação de testes durante a posta em marcha.</i>	110

<i>Figura 23 - Vista geral da casa de filtros, dos dutos, da chaminé e dos ventiladores.</i>	<i>111</i>
<i>Figura 24 - Vista da chegada dos dutos na casa de filtros.</i>	<i>112</i>
<i>Figura 25 - Vista da coifa do prédio da aciaria; à frente, vista dos dutos de saída do filtro e chaminé.</i>	<i>112</i>
<i>Figura 26 - Vista do telhado da Central de Resíduos onde é armazenado o PAE.</i>	<i>113</i>
<i>Figura 27 - Processo de inertização do PAE coletado na Empresa Siderúrgica Sul- americana 4</i>	<i>116</i>
<i>Figura 28 - Esquema associado ao processo de construção das matrizes de avaliação.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 29 - Matriz de avaliação de desempenho da gestão ambiental.</i>	<i>126</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Recomendações básicas para dimensionamento de um sistema de despoeiramento, segundo Brand (1996).....</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 2 - Comparativo entre os sistemas de filtragem (HOLMLUND; GAIOTTO, 1997; BRAND, 1996).....</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 3 - Resumo com as principais características de alguns materiais filtrantes disponíveis no mercado (GE ENERGY, 2011).</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 4 - Composição típica do PAE (% Massa) (MATSUOKA, et al., 1991 e MARQUES SOBRINHO, et al., 2010).....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 5 - Distribuição granulométrica do PAE (% Massa) (MATSUOKA et al., 1991).....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 6 - Coeficiente de geração de (PAE) (% de pó gerado / produção de aço)- (Instituto Brasileiro de Siderurgia - IBS, 1996).....</i>	<i>51</i>
<i>Tabela 7 - Tecnologias correntes nos EUA para o PAE, segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010).</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 8 - Tecnologias correntes fora dos EUA para o PAE, segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010).....</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 9 - Opções de Aterros nos EUA para o PAE, segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010).</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 10 - Processos correntes em construção ou em fabricação no mundo para o PAE, segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010).</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 11 - Processos correntes para reciclagem do PAE no mundo segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010).....</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 12 - Processos em desenvolvimento potencial ou futuro para reciclagem do PAE segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010)</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 13 - Processos históricos para reciclagem do PAE segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010)</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 14 - Resultados das análises químicas da massa bruta realizadas no PAE em amostras coletadas na câmara de combustão (elaborada pelo autor).</i>	<i>97</i>
<i>Tabela 15 - Características e indicadores dos sistemas de captação do PAE de 11 Usinas siderúrgicas</i>	<i>99</i>
<i>Tabela 16 - Origem das descrições das Práticas das Matrizes de Avaliação.....</i>	<i>128</i>
<i>Tabela 17 - Práticas, indicadores e resultado da priorização por empresas na matriz do desempenho da gestão ambiental.</i>	<i>132</i>
<i>Tabela 18 - Prática, indicadores e resultados da priorização por empresas na matriz de tecnologia ambiental.</i>	<i>134</i>
<i>Tabela 19 - Ordenamento das práticas e resultado da priorização por empresas nas matrizes de desempenho ambiental</i>	<i>136</i>
<i>Tabela 20 - Resumo da pontuação Do desempenho ambiental por empresa obtida na matriz de avaliação ambiental, classificada para cada etapa do processo do PAE.....</i>	<i>140</i>
<i>Tabela 21 - Relação das práticas consideradas diretamente relacionada ao processo do PAE.....</i>	<i>142</i>
<i>Tabela 22 - Resultado das avaliações de desempenho das práticas nas Empresas.....</i>	<i>142</i>

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

A - ampere
 A&I - Aspectos e Impactos ambientais
 ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
 ACFM - Atual pé cúbico por minuto (equivale a 1.699 m³/h)
 Am³/h - Atuais metros cúbicos por hora
 ANA - Agência Nacional de Águas
 Ar - número de Archimedes
 ASTM - *American Society for Testing of Materials*
 ATSG - Academia Tecnológica de Sistemas de Gestão
 BAT - *Best Available Techniques*
 BET - *Best Environmental Practices*
 BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
 BUS - *Berzelius Umwelt Service AG*
 BOF - *Basic Oxygen Furnace* ou convertedor a oxigênio
 CAR - Centrais de Armazenamento de Resíduos
 CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
 CMB - *Consolidated Materials Brokers*
 CICE - Comissão Interna de Conservação de Energia
 CnHm - hidrocarbonetos
 CO - monóxido de carbono
 CO₂ - dióxido de carbono
 CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente
 CnHm - Hidrocarbonetos
 CSI - *Conversion System Inc*
 CTC - *Control of Composition & Temperature*
 CV - Cavalo vapor
 CVAA - Cinzas Volantes Alkali-ativadas
 DC Energia - tensão elétrica contínua (também chamada CC ou DC)
 DRI - *Direct Reduced Iron* (ferro esponja)
 DRX - Difração de Raios X
 EBT - *Eccentric Bottom Tapping*
 EAF – *Electric arc furnace*
 EIA - Estudo de Impacto Ambiental
 EPA - *Environmental Protection Agency*
 EPI - Equipamentos de Proteção Individual
 EUA - Estados Unidos da América
 FEA - Forno Elétrico a Arco
 FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental
 FP – Forno panela
 ft³ - pé cúbico (equivale a 0.0283 m³)
 g - grama
 HBI - *Hot Briquetted Iron*

HI-VOL - amostrador de grandes volumes (*high volume*)
 HQT - *Hot Quench Tower*
 HRD - *Horsehead Resource Development Inc*
 IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia
 ISO - *International Organization for Standardization*
 L – comprimento
 LF – *Ladle furnace*
 l/dm² - litros por decímetro quadrado
 l/h - litro por hora
 l/min - litro por minuto
 m³/h - metro cúbico por hora
 m³/m²/min - velocidade de filtração (relação entre a vazão e a área de filtração)
 MDL - Mecanismos de Desenvolvimento Limpo
 mg/l - miligrama por litro
 mg/Nm³ - miligrama por normal metro cúbico
 mmCA - milímetros de coluna de água
 MMUS\$ - milhões de dólares americanos
 MP - material particulado
 MTR - Manifesto de Transporte de Resíduos
 MW - megawatt
 NBR - Norma Brasileira
 NC - Não Conformidade
 Nm³/h - normal metro cúbico por hora
 PAE - Pó de Aciaria Elétrica
 PDCA - *Plan, Do, Check and Action*
 pH - potencial de hidrogênio
 PPGEM - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais
 PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
 PTS - Partículas Totais em Suspensão
 RCRA - *Resource Conservation and Recovery Act*
 Rima - Relatório de Impacto Ambiental
 RHF - *Rotary Hearth Furnace*
 RPM - rotações por minuto
 SGA - Sistema de Gestão Ambiental
 t - tonelada
 To - temperatura ambiente
 UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 UNECE - *United Nations Economic Commission for Europe*
 UNEP - *United Nations Environment Programme*
 USEPA - *United States Environmental Protection Agency*
 UTM - Universal Transversa de Mercator
 VIM - *Vacuum Induction Melting*
 VOC - Compostos orgânicos voláteis
 η - eficiência
 μ - viscosidade do fluido
 μg/m³ - micrograma por metro cúbico
 μm - micron

RESUMO

Esta tese apresenta os métodos de gerenciamento associados ao Pó de Aciaria Elétrica (PAE) gerado no forno elétrico a arco (FEA) e no forno-panela (FP), envolvendo dois grandes tópicos: sistema de gestão ambiental e fatores relacionados à tecnologia. O processo do PAE percorre as seguintes etapas: entrada e beneficiamento da matéria-prima, preparação, carregamento e fusão de carga no FEA, formação e retirada de escória, vazamento do aço para a panela, refino no forno-panela, assim como o sistema de captação das emissões atmosféricas e destinação do PAE captado no FEA e FP. Os métodos de gerenciamento foram estruturados em cima do aprendizado técnico, qualitativo e quantitativo adquirido no desenvolvimento das atividades profissionais, dos levantamentos sobre as tecnologias disponíveis para destinação e reciclagem do PAE, dos mapeamentos das características das instalações de captação do PAE de empresas siderúrgicas, bem como das bibliografias e visitas técnicas realizadas. As informações reunidas foram empregadas para desenvolver duas matrizes de avaliação, consolidando assim, um critério para verificar as práticas de gestão ambiental e de tecnologias que estão associadas ao PAE. O principal resultado das matrizes foi a identificação e priorização das necessidades de melhorias, tanto do sistema de gestão ambiental como da área de tecnologia. A avaliação das empresas siderúrgicas, segundo estas matrizes, mostrou quais práticas possuem menores valores e que, por consequência, devem requerer maior esforço para melhorar seus desempenhos, bem como aquelas de maior valor que requerem uma consolidação da sua rotina para manterem o elevado nível de desempenho atingido. Como conclusão, foi obtida uma ferramenta robusta que respondeu de forma consistente a avaliação do processo do PAE e a pergunta sobre “O que se encontra mais desenvolvido, os processos de gestão ou os de tecnologia?”. As matrizes de avaliação foram preenchidas por especialistas ambientais de três Empresas siderúrgicas. O resultado obtido com essa ferramenta mostrou que os desempenhos sobre as práticas de gestão são superiores aos desempenhos das práticas de tecnologia e que esta metodologia de avaliação está apta para ser aplicada em qualquer outro processo ou empresa. Ficou evidenciado que o conhecimento e a inteligência ambiental são requisitos para assegurar que as estratégias de médio e longo prazo estejam corretamente alinhadas às boas práticas de gestão e melhores tecnologias disponíveis.

Palavras-chave: Pó de Aciaria Elétrica (PAE); Gestão Ambiental; Tecnologia Ambiental; Forno Elétrico a Arco; Forno Panela, Sistema de Despoeiramento; Sistema de Captação; Matriz de Avaliação.

ABSTRACT

The thesis presents the methods associated with the management of the electric arc furnace (EAF) baghouse dust and ladle furnace (LF) dust. The management methods cover two broad topics: environmental management system practices and technology related factors. The EAF baghouse dust and ladle furnace (LF) dust process has the following steps: input and processing raw materials, EAF charging and melting, slag generation and removal, furnace tapping of the steel to the LF, refining in the LF, as well as the EAF dedusting system, dust recycling and final destination. The management methods were determined based on professional experience of the author, assessment of typical installations of steel plant dedusting system, bibliographies review, available technologies to EAF/LF dust destination and recycling and subject technical literature, as well technical visits undertaken. Collectively the information was used to develop two standard evaluation standard matrices which provide criteria to assess environmental management system practices and technology associated with EAF dust management. The primary goal of the assessments was to identify and prioritize areas for potential improvement - either in environmental management systems area or the technology area. The assessment results showed that steel plants which have practices with lower values, according to these matrices, should require greater effort to improve their performance, while those with good score, will require a consolidation of their routine to maintain the high level of performance already achieved. The matrices were filled by environmental experts from three steelmaking companies. Finally, as a result of this project a rigorous and reliable assessment tool was designed to evaluate the meltshop dust generation and management process and provide a quantitative answer to the following question: 'Which area has achieved a higher level of development as it relates to meltshop dust management: environmental management system practices or control technology?' The results from using this tool have shown that the performance of management practices is superior to the control technology. Furthermore, experiences captured during the assessment indicate this evaluation methodology is fully adaptable and can be applied to other processes and/or other businesses. It was clearly highlighted how knowledge and environmental intelligence are requirements to assure that the medium and long term strategies are properly aligned with the available best practices to environmental management system and control technology.

Keywords: Dust from Electric Arc Furnace (EAF) and Ladle Furnace (LF); Environmental Management; Environmental Technology; Dedusting System; Evaluation Matrix.

1 INTRODUÇÃO

O aço é um produto de importância na dinâmica da atividade humana, assumindo papel determinante no funcionamento da economia. Totalmente reciclável, ele movimentando a economia em todos os seus estágios. O setor siderúrgico aderiu aos princípios e valores do desenvolvimento sustentável, buscando sempre o uso mais racional dos recursos naturais e insumos, além de adotar tecnologias que permitam reduzir seus impactos sobre o meio ambiente (IABr, 2011).

Os requisitos legais estão se tornando importantes em todo o mundo, e as autoridades têm acompanhado de perto a produção das companhias industriais. Este processo está elevando o nível de conscientização e sensibilização de políticos e público em geral para as questões de poluição industrial, tais como as de emissões de chaminés e prédios industriais. Os limites de emissão para todas as fontes estão se tornando mais restritivos e rigorosos. A cada ano novos limites são aplicados, colocando forte pressão sobre o setor de produção de aço no mundo (KNOT, 2009).

Atualmente, percebe-se que existem etapas de processos industriais nos quais se está dando maior valor às questões de gestão em detrimento da tecnologia. Aparentemente, isso sugere que nesses casos os assuntos tecnológicos sejam conhecidos por todos e, que estes, consequentemente, já estariam estabilizados.

Diante desse cenário e, em continuidade aos estudos anteriores sobre sistemas de despoluição (Acosta 2003), ficou como objetivo central deste trabalho a construção de uma metodologia de avaliação do processo do Pó de Aciaria Elétrica (PAE), para fundamentar uma resposta à pergunta: “O que está mais desenvolvido, os processos de gestão ou os de tecnologia?”. Como objetivos específicos ficou a identificação, através de uma matriz de avaliação, das práticas com menores valores de priorização associadas ao PAE, que irão requerer esforços para melhorar seus desempenhos, apresentar as principais práticas disponíveis sobre as etapas relevantes deste processo, apontar tecnologias disponíveis para reciclagem do PAE, mapear os sistemas de captação do PAE de onze empresas e, finalmente, servir como referência e contribuir para o conhecimento e aperfeiçoamento dos processos de gestão ambiental e tecnologia ambiental das organizações, em especial sobre o processo da geração e destinação do PAE. Estes objetivos serão comentados a seguir.

Portanto, um dos objetivos da tese é a construção de uma metodologia de avaliação do processo associado ao PAE, através de matrizes, considerando as principais práticas, tanto de gestão como de tecnologia, presentes nas diferentes etapas do PAE, desde a entrada dos insumos na aciaria até a destinação do PAE. Dentre estas 70 práticas consideradas - 35 de gestão e 35 de tecnologia, estão aquelas consideradas como referenciais ou *benchmarks*, até as que estão em desuso ou pouco empregadas.

Quanto à avaliação de desempenho ambiental, Luz et al. (2006) apresentam um método que antes identifica e prioriza os fatores que afetam o desempenho ambiental, para depois definir os indicadores a serem medidos. Com isso, evita-se a utilização de indicadores desalinhados do processo de gestão ambiental.

Frente a realidade do ambiente organizacional, torna-se conveniente entender o que vem a ser gestão ambiental. Ela é entendida como um processo adaptativo e contínuo, através do qual as organizações definem e redefinem seus objetivos e metas relacionados à proteção do ambiente, à saúde de seus empregados, aos seus clientes e à comunidade, além de selecionar estratégias e meios para atingir estes objetivos num tempo determinado, através de constante avaliação de sua interação com o meio ambiente externo (SEIFFERT, 2007).

Nunes (2009) informa que, embora não seja possível encontrar uma definição universalmente aceita para o conceito de gestão e, por outro lado, apesar deste ter evoluído ao longo do último século, existe algum consenso que este deva incluir obrigatoriamente um conjunto de tarefas que procuram garantir a apropriação eficaz de todos os recursos disponibilizados pela organização, a fim de serem atingidos os objetivos predeterminados. Em outras palavras, cabe à gestão, a otimização do funcionamento das organizações, através da tomada de decisões racionais e fundamentadas na coleta e tratamento de dados e informações relevantes e, por essa via, a contribuição para o seu desenvolvimento e para a satisfação dos interesses de todos os seus trabalhadores e proprietários, como também para a satisfação de necessidades da sociedade em geral ou de um grupo em particular.

Outro conceito importante para este trabalho é o de tecnologia. De acordo com Mattos e Guimarães (2005), tecnologia é o conjunto organizado de todos os conhecimentos-científicos, empíricos ou intuitivos, empregados na produção e comercialização de bens e serviços. A tecnologia é o mais importante fator para o aumento da competitividade global de uma empresa. As empresas que investem e aplicam em novas tecnologias tendem a ter situação financeira mais sólida do que as que não o fazem. Segundo Holanda (1986), a palavra tecnologia é “um conjunto de conhecimentos, especialmente princípios científicos, que se aplicam a um determinado ramo de atividade: tecnologia mecânica”. Silva (2002)

refere que, evidentemente, é dentro das áreas de engenharia que esse termo é mais aplicável para produtos, processos e sistemas.

O Pó de Aciaria Elétrica (PAE), foco principal deste trabalho, é um resíduo sólido gerado no processo de filtragem das emissões atmosféricas de Fornos Elétricos a Arco da Aciaria (FEA) e, em menor quantidade, em Fornos Painelas de plantas siderúrgicas. A geração do PAE está associada a uma das principais etapas dentro do processo de aciaria, além de ser considerado um dos mais relevantes aspectos ambientais deste processo. Em plantas siderúrgicas semi-integradas, a aciaria elétrica é a área responsável pela transformação das matérias-primas (sucata, gusa-minério de ferro reduzido, ligas metálicas e demais insumos) em aço. O aço produzido é utilizado para usos industriais (cantoneiras, barras redondas, chatos), construção civil (vergalhões) e produtos agropecuários (cercas, arames farpados), entre outros.

O processo do PAE inicia com a entrada da matéria-prima e insumos, sua preparação e seu beneficiamento, a preparação de carga no FEA - passando pelo carregamento, fusão da carga, formação e retirada de escória, o vazamento do aço para a panela, refino no forno panela, assim como o sistema de captação das emissões atmosféricas e reciclagem do PAE captado no FEA e forno-panela.

Bergmann (2008) relata que o produto obtido no processo de filtragem das emissões do Forno Elétrico a Arco da aciaria são as emissões atmosféricas tratadas e lançadas para a atmosfera e um coproduto ou resíduo sólido chamado Pó de Aciaria Elétrica (PAE). O PAE, segundo esse autor, é formado pela volatilização de metais, como o zinco e chumbo, que, devido às temperaturas de trabalho nos fornos elétricos, passam ao estado de vapor, sendo oxidados pelo excesso de oxigênio e, posteriormente, resfriados pelo ar do sistema de resfriamento.

O PAE contém elevadas concentrações de óxidos de zinco, cálcio, ferro e outros metais. Tipicamente, o chumbo e zinco têm um valor comercial, enquanto que os outros metais não justificam economicamente sua recuperação. Atualmente, grande parte do PAE é tratado a elevadas temperaturas nos fornos rotativos do tipo Waelz, onde os óxidos de chumbo e zinco são seletivamente reduzidos e, simultaneamente oxidados, e assim produzido o óxido de zinco bruto (PICKLES, 2012).

Por fazer parte de um importante processo, a necessidade de manter atualizado o processo do PAE, quanto à gestão e tecnologia, é um fator decisivo para a obtenção de desempenhos diferenciados. Diante disso, este trabalho apresenta no Capítulo 3 as boas práticas disponíveis sobre as etapas relevantes do processo que envolve o PAE, estruturadas

em cima do aprendizado técnico, qualitativo e quantitativo adquirido no desenvolvimento das atividades profissionais em grupo empresarial do setor siderúrgico, produtor de aços longos, especiais e planos. Também estruturam essas boas práticas as bibliografias mostradas no Capítulo 2 e visitas técnicas realizadas, descritas na Seção 3.3, orientadas para as questões de operação, manutenção, custos e desempenho.

Dentre as práticas apresentadas, destacam-se aquelas associadas à responsabilidade dos gestores deste processo e suas relações com órgãos de controle e a legislação ambiental, os procedimentos operacionais adotados na gestão de resíduos, as variáveis que afetam a qualidade do PAE e emissões atmosféricas, o controle dos equipamentos críticos e as formas de evitar o arraste do PAE.

Este trabalho também objetiva apontar, conforme referido na Seção 2.2.9, aquelas tecnologias disponíveis para reciclagem do PAE, visto que a identificação de soluções sustentáveis é um dos desafios do setor siderúrgico. Neste estudo foi adotada a denominação “coprodutos” para caracterizar aqueles resíduos reciclados ou reutilizados; portanto, diferentes dos demais resíduos não reciclados ou que ainda não possuem uma aplicação sustentável de reciclagem, requerendo disposição em Centrais de Armazenamento de Resíduos (CAR). Os coprodutos possuem comprovações científicas que viabilizam o seu uso, tanto no próprio processo quanto em outros setores produtivos.

Para aquelas práticas associadas ao processo tecnológico do sistema de captação do PAE, foram mapeadas na Seção 3.2.2 as características das instalações de despoeiramento de onze empresas, com o objetivo de construir indicadores destas práticas que melhor caracterizem os componentes do sistema, tais como dutos, coifas, câmaras de combustão, HQT, ventiladores, filtro de mangas e PAE gerado.

Para completar o ciclo, após a apresentação das boas práticas, estas foram consolidadas em duas matrizes de avaliação, apresentadas no Capítulo 4, uma de gestão e outra de tecnologia. As matrizes possuem, para cada prática, três alternativas: a primeira opção com a descrição da melhor prática; a segunda, com uma descrição de qualidade intermediária; a terceira opção com a descrição que caracterize estágios iniciais de implantação ou até mesmo ausência de boas práticas. A matriz de avaliação foi apresentada e preenchida pelos profissionais especialistas vinculados a três empresas siderúrgicas. Essa avaliação permitirá conhecer o desempenho ambiental de cada uma das empresas sobre as práticas consideradas. Dessa forma, o principal resultado da matriz é a geração de prioridades entre as práticas do processo do PAE das empresas avaliadas. As práticas com menores valores de priorização devem receber maior atenção, pois podem proporcionar maior

contribuição para melhorar seus desempenhos – alcançando a excelência operacional – e, as com maiores valores de priorização que devem requerer uma disseminação e consolidação da rotina para manterem o elevado nível de desempenho atingido. Esta análise está apresentada no Capítulo 5 deste trabalho.

Como resultado, espera-se que este trabalho sirva como referência e contribua para o conhecimento e aperfeiçoamento dos processos de gestão ambiental e tecnologia ambiental das Organizações, em especial sobre o processo da geração e destinação do PAE. Esse conhecimento elevará o grau de inteligência ambiental dos envolvidos no processo e, conseqüentemente, contribuirá para manter o equilíbrio entre o social, econômico e ambiental, bases do desenvolvimento sustentável, fortalecendo assim a imagem do setor siderúrgico.

2 PARTE TEÓRICA

A parte teórica está dividida em dois segmentos: um, para as questões associadas à gestão; outro, para as de tecnologia. A parte teórica de gestão emprega referenciais bibliográficos disponíveis e associados ao processo do PAE, relatórios setoriais, normas, entre outros. No segmento que trata sobre tecnologia, também está fundamentado na bibliografia sobre o processo do PAE, iniciando no recebimento dos insumos, captação do PAE até sua destinação final. Apresenta a evolução dos estudos tecnológicos consolidados ou que estejam em desenvolvimento para transformar o PAE de resíduo para coproduto e, também, suas características qualitativas e quantitativas.

O conteúdo teórico apresentado nesta seção é uma das fontes de contribuição para o desenvolvimento das matrizes de avaliação, bem como para o seu preenchimento, objeto do capítulo “Metodologias Aplicadas”.

A medição de desempenho estratégico requer a avaliação de conceitos intangíveis e também é tema recorrente em pesquisas. Os indicadores podem fazer parte de esquemas teóricos, que auxiliam o pesquisador a representar a realidade na qual os fenômenos de interesse se inserem. Vale mencionar que toda medição de desempenho já incorpora um conceito intangível: a própria estratégia da organização (SELLITO; RIBEIRO, 2004).

2.1 GESTÃO AMBIENTAL

A seguir, serão apresentadas informações consideradas relevantes sobre o tema de gestão ambiental, as quais são associadas ao processo do PAE.

2.1.1 Aspectos e Impactos Ambientais

Segundo a Resolução CONAMA nº 001, de 1986, impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Segundo Sánchez (2001), para a identificação dos aspectos e avaliação dos impactos ambientais associados a determinado empreendimento, deve-se procurar, inicialmente, selecionar todas as atividades, produtos e serviços relacionados à atividade produtiva, de modo a separar o maior número possível de impactos ambientais gerados, reais e potenciais, benéficos e adversos, decorrentes de cada aspecto identificado, considerando, sempre, se são significativos ou não.

Ao identificar os aspectos ambientais, é importante que a organização realize análises críticas, de modo a estabelecer um pré-filtro para assegurar sensatez, principalmente, segundo Carvalho (1998), que se refere aos aspectos ambientais indiretos e potenciais, como o exemplo citado por Ferreira e Andery (1998): “o caso de riscos que estão fora do controle da empresa, como os riscos de força maior (terremotos, furacões, tempestades, etc.)”.

Conforme a norma ambiental NBR 14001/2004, o aspecto ambiental constitui “elementos das atividades, produtos e serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”. Sendo que, “um aspecto ambiental significativo é aquele que tem ou pode ter um impacto ambiental significativo”, isto é, a organização identifica os aspectos ambientais, quando da avaliação para diagnosticar o que cada atividade, tarefa ou passo de seus processos pode causar através de alterações no meio ambiente, assim os agentes de cada alteração constituem os aspectos ambientais desta atividade. O anexo A.3.1 da norma ABNT NBR 14001/2004 aborda, também, a temporalidade em relação ao que se deve ser considerado relativo aos aspectos a serem avaliados, isto é, é recomendado que as organizações “determinem quais são os seus aspectos ambientais, levando em consideração as entradas e saídas associadas às suas atividades, produtos e/ou serviços atuais – e passados –, se pertinentes”. Quanto a seu requisito 4.3.1, referente a aspectos ambientais, cita em seus dois parágrafos a necessidade da organização identificar os impactos ambientais significativos, e que sejam considerados na definição de seus objetivos ambientais. Na leitura desta norma, bem como de seus anexos, pode-se encontrar referências a impactos significativos.

Moura (1998, p. 95), no título do item 4.5.5, utiliza a seguinte denominação para a determinação dos impactos considerados significativos: “classificação e priorização dos impactos ambientais”. Porém, as denominações utilizadas em relação à determinação dos impactos significativos são diversas, mas sugerem formas de definir quais são os maiores e os menores impactos ambientais. A identificação dos aspectos e impactos ambientais é de fundamental importância para o conhecimento real do desempenho ambiental de uma organização e sua consequente avaliação.

2.1.2 Requisitos Legais e Outros Requisitos

A norma ABNT NBR 14001/2004 recomenda que a organização deva estabelecer, implementar e manter procedimentos para identificar e ter acesso a requisitos legais aplicáveis, assim como a outros requisitos relacionados aos aspectos ambientais pela organização e determinar como esses requisitos se aplicam aos seus aspectos ambientais. A organização deve assegurar que esses requisitos legais aplicáveis e outros requisitos subscritos pela organização sejam levados em consideração no estabelecimento, implementação e manutenção de seu sistema da gestão ambiental. Outros requisitos podem incluir: normas, licenças, acordos com órgãos públicos, termos de ajustamento de conduta, estudos de impacto ambiental, contratos, cartas de intenções, requisitos corporativos e outros comprometimentos e códigos de práticas da indústria.

A legislação no Brasil apresenta ampla cobertura para resíduos e coprodutos e estabelece regras definidas para todas as etapas do seu processamento. Segundo Assumpção (2006), para se obter conformidade com as leis e com outros requisitos pertinentes, inicialmente, deve-se saber quais são os requisitos associados à organização e também como eles podem afetar nas definições a serem tomadas e nos aspectos ambientais da organização. Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), com resultados significativos, geralmente possui uma boa sistemática para identificar e atualizar os requisitos ambientais pertinentes e disponibilizar esses requisitos, a fim de que o pessoal envolvido tenha um rápido e fácil acesso a eles. O objetivo é que, antes que algum trabalhador estabeleça uma decisão que possa interferir sobre qualquer aspecto ambiental da empresa, ele consulte as informações sobre requisitos legais disponíveis nela. Caso algum desses requisitos esteja desatualizado ou não disponível, a decisão a ser tomada sobre o aspecto ambiental pode infringir o requisito válido, e algum desdobramento de ilegalidade contra a empresa poderá ocorrer, tais como: multas, interdições de funcionamento, processos civis e criminais. Quando um aspecto ambiental envolve mais de uma região geográfica, deve-se obter os requisitos estabelecidos para este aspecto de todas as regiões envolvidas.

Segundo Cremonesi (2000), somente um levantamento detalhado da legislação ambiental permitirá à organização identificar quais os requisitos legais são aplicáveis às suas atividades. Normalmente, considera-se a aplicabilidade como sendo genérica ou específica. A primeira não estabelece parâmetros ou limites; a segunda é aquela cujo rigor da lei é mensurável (estabelece limites) e seu resultado independe de interpretação.

Licenciamento Ambiental

O controle das licenças ambientais pode ser feito através de cadastro no banco de dados de alguns softwares, que possibilita armazenar informações importantes sobre algum documento, tais como: fornecedor, validade, atividade licenciada e tipo de licença, permitindo um maior controle das licenças da empresa e dos seus fornecedores (CHIELE, 2003).

Já Luis Carlos Júnior (2003) refere que licenciamento ambiental é uma exigência legal e uma ferramenta do poder público para o controle ambiental, que, em muitos casos, apresenta-se como um desafio para o setor empresarial. O mercado cada vez mais exige empresas licenciadas e que cumpram a legislação ambiental. Além disso, os órgãos de financiamento e de incentivos governamentais, como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), condicionam a aprovação dos projetos à apresentação da licença ambiental.

Segundo a Resolução CONAMA nº 237, de 1997, o Licenciamento Ambiental é o procedimento no qual o poder público, representado por órgãos ambientais, autoriza e acompanha a implantação e a operação de atividades, que utilizam recursos naturais ou que sejam consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras. É obrigação do empreendedor, previsto em lei, buscar o licenciamento ambiental junto ao órgão competente, desde as etapas iniciais de seu planejamento e instalação até a sua efetiva operação.

De acordo com a Lei Federal nº 6.938/81, o Licenciamento Ambiental se tornou obrigatório em todo o território nacional e as atividades efetivas ou potencialmente poluidoras não podem funcionar sem o devido licenciamento. Desde então, empresas que funcionam sem a licença ambiental estão sujeitas às sanções previstas em lei, incluindo as punições relacionadas na Lei de Crimes Ambientais, instituída em 1998: advertências, multas, embargos, paralisação temporária ou definitiva das atividades.

Segundo Medauar (2002), o Licenciamento Ambiental é a base estrutural do tratamento das questões ambientais pela empresa. É através da licença que o empreendedor inicia seu contato com o órgão ambiental e passa a conhecer suas obrigações quanto ao adequado controle ambiental de sua atividade. A licença possui uma lista de restrições ambientais que devem ser seguidas pela empresa.

Já Luis Carlos Junior (2003) refere que a licença ambiental é um documento – com prazo de validade definido – em que o órgão ambiental estabelece regras, condições, restrições e medidas de controle ambiental a serem seguidas pela empresa. Entre as principais características avaliadas no processo, pode-se ressaltar: o potencial de geração de líquidos

poluentes (despejos e efluentes), resíduos sólidos, emissões atmosféricas, ruídos e o potencial de riscos de explosões e de incêndios. Ao receber a licença ambiental, o empreendedor assume os compromissos para a manutenção da qualidade ambiental do local em que se instala.

A seguir, é apresentado o resumo de algumas legislações relacionadas ao PAE:

- Resolução CONAMA nº 382/06: trata das emissões do Sistema de Depoeiramento de Aciarias com capacidade de produção inferior ou igual a 50 toneladas por corrida; para material particulado é de 50 mg/Nm³. Para fornos maiores que 50 toneladas por corrida, é de 40 mg/Nm³. Os valores médios de uma instalação que opera sem emissões visíveis oscilam de 2 a 40 mg/Nm³;
- Resolução CONAMA nº 023/96: define resíduos perigosos, resíduos inertes, resíduos não inertes e outros resíduos, para fins de melhor entendimento da Convenção da Basiléia;
- NORMA REGULAMENTADORA N.º 25 (NR-25): 25.2.1 os resíduos líquidos e sólidos produzidos por processos e operações industriais deverão ser convenientemente tratados e/ou dispostos e/ou retirados dos limites da indústria, de forma a evitar riscos à saúde e à segurança dos trabalhadores;
- Lei Estadual nº 11.520/00: institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. Art. 221º - É vedado o transporte de resíduos para dentro ou fora dos limites geográficos do Estado sem o prévio licenciamento do órgão ambiental. Art. 218º - Compete ao gerador, a responsabilidade pelos resíduos produzidos, compreendendo as etapas de acondicionamento, coleta, tratamento e destinação final. § 1º - A terceirização de serviços de coleta, armazenamento, transporte, tratamento e destinação final de resíduos não isenta a responsabilidade do gerador pelos danos que vierem a ser provocados. § 2º - Cessará a responsabilidade do gerador de resíduos somente quando estes, após utilização por terceiro, licenciado pelo órgão ambiental, sofrer transformações que os descaracterizem como tais.
- Decreto Estadual nº 38.356/98, que regulamenta a Lei nº 9.921, de 27/07/93: dispõe sobre a gestão de resíduos sólidos no Rio Grande do Sul. Art. 1º - A gestão dos resíduos sólidos é responsabilidade de toda a sociedade e deverá ter como meta prioritária a sua não geração, devendo o sistema de gerenciamento destes resíduos buscar sua minimização, reutilização, reciclagem, tratamento ou destinação adequada. Art. 4º, § 2º - Acumulação temporária de resíduos sólidos somente será tolerada mediante autorização prévia da FEPAM. Art. 8º - A coleta, o transporte, o tratamento, o processamento e a destinação final devem ser licenciados na FEPAM. Art. 10º - Em caso de acidente comunicar à FEPAM;

- Decreto Federal nº 875/93: promulga o texto da Convenção sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito;
- Portaria do Ministério do Interior (MINTER) nº 053/79: estabelece normas aos projetos específicos de tratamento e disposição de resíduos sólidos, bem como à fiscalização de sua implantação, operação e manutenção, e resolve: III - os resíduos sólidos de natureza tóxica, bem como os que contêm substâncias inflamáveis, corrosivas, radioativas e outras consideradas prejudiciais, deverão sofrer tratamento ou acondicionamento adequado, no próprio local de produção, e nas condições estabelecidas pelo órgão estadual de controle da poluição e de preservação ambiental; IV - os lixos ou resíduos sólidos não devem ser lançados em cursos d'água, lagos e lagoas, salvo na hipótese de necessidade de aterro de lagoas artificiais, autorizado pelo órgão estadual de controle da poluição e de preservação ambiental;
- Resolução CONAMA nº 452/2012: Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito;
- Resolução CONAMA nº 313/02: Art. 8º - as indústrias deverão registrar mensalmente e manter na unidade industrial os dados de geração e destinação dos resíduos gerados para efeito de obtenção dos dados para o Inventário Nacional dos Resíduos Industriais;
- Portaria Estadual FEPAM nº 47-95/98: aprova o Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR e dá outras providências. Art. 2º - As empresas geradoras de Resíduos Sólidos Classe I e Classe II que vierem a ser definidos pela FEPAM, deverão solicitar autorização para emissão do talonário - Manifesto de Transporte de Resíduos;
- Resolução Estadual CONSEMA nº 02/00: dispõe de norma sobre o licenciamento ambiental para co-processamento de resíduos em fornos de clínquer;
- Resolução CONSEMA nº 73/04: dispõe sobre a co-disposição de resíduos sólidos industriais em aterros de resíduos sólidos urbanos no Estado do Rio Grande do Sul. Art. 1º - Fica proibida a co-disposição de resíduos sólidos industriais em células destinadas ao recebimento de resíduos sólidos urbanos, exceto aqueles oriundos de refeitórios e de áreas administrativas e previamente segregados na fonte geradora;
- Norma Brasileira ABNT NBR 10.004/2004: classifica resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde pública, para que estes resíduos possam ter manuseio e destinação adequados;
- Norma Brasileira ABNT NBR 10.007/2004: fixa condições exigíveis para amostragem, preservação e estocagem de amostras de resíduos sólidos;

- Norma Brasileira ABNT NBR 10.157/1987: aterros de resíduos perigosos - critérios para projeto, construção e operação;
- Norma Brasileira ABNT NBR 12.235/1992: armazenamento de resíduos sólidos perigosos;
- Norma Brasileira ABNT NBR 11.174/1990: armazenamento de resíduos sólidos classe II - inertes e não inertes.

2.1.3 Objetivos, Metas e Programas

Segundo Assumpção (2006), os objetivos e metas são as intenções relacionadas com o meio ambiente, são os alinhamentos mestres do gerenciamento ambiental da organização. Devem ser ao máximo mensuráveis e as metas, preferencialmente, devem ser definidas com base em resultados acontecidos, como por exemplo, a redução da geração de resíduos em 10% com base no consumo anterior.

A norma ABNT NBR 14.001/2004 estabelece claramente que a organização deve determinar e manter objetivos e metas ambientais documentados em cada nível e função pertinentes da organização. Os objetivos podem ser entendidos como alvos estabelecidos pela organização e as metas são requisitos decorrentes dos objetivos. Dessa forma, uma meta pode especificar como um determinado setor ou área pode contribuir para atender ao objetivo global da empresa. É recomendado, no anexo da norma, que os objetivos sejam específicos e que as metas sejam mensuráveis, onde exequível, e que sejam levadas em considerações medidas preventivas, quando apropriado. Porém, as organizações podem definir seus objetivos e metas ambientais livremente, sempre levando em consideração a legislação.

Marsden (1998) observa que o SGA permite alguma liberdade para as empresas escolherem seus próprios objetivos e metas ambientais, mas com a condição de que a lei seja cumprida e que sejam feitas melhorias ambientais periodicamente.

Para Seiffert (2007), existem situações em que ocorrem desvios nos padrões previstos em procedimentos, que podem afetar o cumprimento dos objetivos e metas, e comprometer os compromissos assumidos na política ambiental. Para tanto, realiza-se o controle operacional, que tem como objetivo a identificação das operações e atividades associadas aos seus aspectos ambientais significativos. O surgimento de novas normas, assim como a crescente busca por parte das empresas de uma imagem ambientalmente mais adequada, vem sendo marcado por uma mudança de hábitos de consumo, patrocinada pelo crescimento da preocupação ambiental, a qual repercute negativamente na compra de produtos provenientes

de produtores identificados como ambientalmente inadequados. A mudança de hábitos do consumidor representa uma questão-chave na construção de um elemento objetivo que despertou, nas organizações, o interesse pela gestão ambiental.

Segundo Souza (1998), a finalidade dos controles é assegurar que o desempenho ambiental atenda aos objetivos e às metas. As organizações alcançam o controle operacional da seguinte forma: preparando procedimentos documentados para as atividades e operações – a fim de assegurar que não desviem de políticas, objetivos e metas –, especificando critérios operacionais, estabelecendo e comunicando aos fornecedores e subcontratados procedimentos relevantes que se relacionam com os aspectos ambientais significativos das mercadorias e serviços utilizados pela organização.

Esse autor ainda afirma que a identificação dos aspectos ambientais é determinar quais deles têm ou podem ter impactos ambientais significativos. Isso assegura que os aspectos referentes a esses impactos significativos refletem-se nos objetivos e metas da empresa. A identificação dos aspectos ambientais é um processo contínuo e a norma requer que as organizações mantenham as informações atualizadas.

2.1.4 Recursos, Funções, Responsabilidades e Autoridades

A ABNT NBR 14.001/2004 recomenda que as funções, responsabilidades e autoridades devem ser definidas, documentadas e comunicadas. A alta administração da organização deve indicar representante específico da administração com a função, responsabilidade e autoridade definidas para assegurar que um sistema da gestão ambiental seja estabelecido, implementado e mantido em conformidade com os requisitos desta Norma, assim como relatar à alta administração o desempenho do sistema da gestão ambiental para análise, incluindo recomendações para melhoria.

Ribeiro (2009) informa que os zeladores da sustentabilidade são os profissionais responsáveis por colocar temas como meio ambiente e relações com a sociedade na agenda dos negócios das Organizações. Sigaud apud Ribeiro (2009) define que as principais competências para esses novos profissionais são: compreender o negócio, inspirar as pessoas, comunicar com eficiência, agir com coerência no dia a dia, realizar trabalho por intermédio de terceiros, saber gerenciar relacionamentos e problemas. Além de compreender o negócio, entra na lista das habilidades saber se relacionar com os novos atores da cena dos negócios, tais como as ONGs, as comunidades afetadas e a mídia. Roxo apud Ribeiro (2009) diz que

“dos portões para dentro, um dos desafios desse profissional é espalhar com eficiência o conhecimento existente”.

A capacidade para conduzir o processo ambiental está relacionada com fatores de desenvolvimento de inteligência ambiental. Carretero (2005) informa que, nos últimos cinco anos, surgiu uma nova área de trabalho interdisciplinar, denominada “Inteligência Ambiental” (*Ambient Intelligence - AmI*), também conhecida como “entornos inteligentes”. Sua relevância reside nas importantes mudanças que influenciarão seus resultados, em curto prazo, na vida diária das pessoas. A visão da Inteligência Ambiental (IA) consiste na criação de espaços nos quais os usuários interajam de forma natural e sem esforços com os diferentes sistemas. Isso, graças à possibilidade de que as tecnologias de computação e comunicação convertam esses entornos invisíveis aos usuários, ao estarem sempre presentes e integrados nos objetos do cotidiano. Dessa forma, é a própria tecnologia que se adapta aos indivíduos e seu contexto, atuando de forma autônoma e facilitando a realização de suas tarefas diárias e de comunicação entre eles e o entorno. Essa visão despertou um crescente interesse por utilizar as tecnologias da computação na construção de sistemas, que suportem as tarefas diárias de forma eficiente, como por exemplo, as atividades relacionadas com o controle da casa, da educação, do trabalho e da saúde. Esses sistemas podem ser criados a partir de diversos cenários conhecidos como “entornos inteligentes”.

2.1.5 Comunicação

Assumpção (2006) recomenda que as comunicações externas tenham critérios para definir quando e quais circunstâncias serão comunicadas, quem (porta-voz), quais possíveis meios de comunicação autorizados, funções envolvidas para elaborar e para autorizar as comunicações externas. A sistematização das comunicações internas pode obter resultados favoráveis, tais como a motivação e o maior comprometimento dos trabalhadores e facilita o processo de informações sobre o SGA.

A ABNT NBR 14.001/2004, contudo, recomenda que a organização deva decidir se realizará a comunicação externa sobre seus aspectos ambientais significativos, devendo documentar sua decisão. Se a decisão for comunicar, a organização deve estabelecer e implementar métodos para esta comunicação externa.

2.1.6 Recursos Naturais: Otimização e Eficiência Energética

A energia é um insumo ou produto, dependendo do uso final, de extrema importância para o desenvolvimento de qualquer sociedade. A partir das restrições econômicas e ambientais, e da dificuldade de substituição do petróleo e dos combustíveis fósseis para gerar energia, consagrou-se a importância do estudo e aplicação da eficiência energética em todos os níveis de produção, consumo e distribuição (ABREU, 2003).

Esse autor também refere que o tema “eficiência energética” vem ocupando um espaço importante na agenda política dos países mais desenvolvidos, desde o Protocolo de Quioto em 1997. Essa importância está associada às políticas de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) e os benefícios que a conservação de energia pode trazer, tanto para o consumo de energia quanto para o meio ambiente. Nesse caso, devem ser pensadas as questões relacionadas com as emissões do CO₂ e a necessidade de sua redução.

Rodrigues (2002) refere que com a prevenção da poluição, pode-se conseguir aumentar a eficiência da planta, reduzir a quantidade de energia e matéria-prima utilizadas na produção de bens e serviços, bem como reduzir custos de disposição final, devido à diminuição drástica da quantidade de resíduos gerados.

Para Weigmann (2004), em 30 de dezembro de 1985, através da Portaria Interministerial nº 1877, os Ministérios das Minas e Energia e da Indústria e Comércio instituíram o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), com o objetivo de promover a conservação de energia elétrica no país, eliminando os desperdícios e procurando a redução de custos e de investimentos em novas instalações no sistema elétrico.

Esse autor também diz que a economia de energia pode acontecer através de medidas zeladoras, adequações em equipamentos e processos, melhoria no desempenho de equipamentos e redução das perdas. Medidas zeladoras são aquelas relacionadas diretamente à operação e manutenção de equipamentos. Envolvem uma educação do usuário e não representam custos expressivos: apagar as luzes em ambientes que não estão sendo utilizados, usar a iluminação natural sempre que possível, manter limpas as luminárias, entre tantas outras.

Segundo Magalhães (2001), um programa de conservação de energia deve ser concreto, justificado, quantificado, com responsabilidades bem definidas, comprometido com objetivos, dinâmico, coletivo e divulgado. O programa concreto é caracterizado pelo predomínio de ações efetivas e específicas, será justificado quando as ações que requerem

mudanças de hábitos convençam e surtam os efeitos desejados, e quantificado quando estiver alicerçado em dados concretos, obtidos através de um diagnóstico que aponte investimentos e ganhos financeiros. As responsabilidades devem estar bem definidas, ou seja, toda ação referente ao programa deve ter um responsável direto. O comprometimento com os objetivos manifesta o efetivo compromisso com as metas do programa, assim como a proatividade, fundamentais para o sucesso dele. O programa é dinâmico quando as revisões contínuas fazem com que ele permaneça “sintonizado” com as tecnologias e demandas que se apresentam. Será coletivo quando predominar o envolvimento de todos da empresa, evitando que alguém se sinta excluído do processo e possa vir a comprometer os resultados esperados, e, finalmente, será divulgado quando todos os resultados do programa forem de conhecimento comum e comparados com os anteriores, para acompanhamento e avaliação.

Esse autor comenta que a tarefa de coordenar um Programa de Conservação de Energia deve ser delegada a uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), instituída na Administração Pública Federal pelo Decreto Lei nº 99.656, de 26/10/1990, com o objetivo de apresentar, implementar e acompanhar as ações efetivas para a conservação de energia, além de divulgar informações referentes ao programa.

2.2 TECNOLOGIA

O controle operacional aplicado aos coprodutos e resíduos segue procedimentos estabelecidos a partir dos requisitos legais e soluções tecnológicas implantadas. A seguir, são apresentadas informações consideradas relevantes sobre o tema de tecnologia associadas ao processo do PAE.

2.2.1 Qualidade da Sucata

A utilização de processos de beneficiamento de sucatas, tal como o triturador de sucata (Shredder) possibilita a redução dos níveis de contaminantes e proporciona também uma diminuição na geração do PAE. Maiores informações sobre este processo estão apresentadas na seção de práticas industriais, Seção 3.2.1 deste trabalho. Seguem informações bibliográficas sobre alguns processos de beneficiamento de sucatas.

Gunn (2005) informa que, sendo a sucata o insumo ferroso empregado em maior quantidade e com grande valor agregado, é de interesse que ela chegue ao forno elétrico a

arco das aciarias com um baixo nível de impurezas e uma densidade suficiente para evitar a ocorrência de interrupções no processo de fusão que são causadas por sucata com comprimento acima do especificado. Essas interrupções são denominadas “sucata alta” e ocorrem após o carregamento do forno com sucata. Caso o volume carregado ultrapasse sua borda, o fechamento da abóboda - tampa superior do forno - fica prejudicado, e o tempo gasto para retirada da sucata excedente é contabilizado como interrupção.

De acordo com Wientezek (2003), até a metade do século passado, as ferramentas para corte de sucata se resumiam a tesouras e serras manuais, e a pequenas guilhotinas com acionamento mecânico. Após o final da Segunda Guerra Mundial, enormes quantidades de sucata foram geradas, principalmente as de origem bélica e armações de aço da construção civil. Esse novo panorama, aliado ao aquecimento das economias do pós-guerra, gerou uma nova demanda: a criação de equipamentos mais robustos para o corte de sucata, os quais permitissem o processamento de materiais mais longos e espessos, mais resistentes e com maior produtividade. Ao longo dos anos, os equipamentos foram aperfeiçoados, maiores forças de corte foram obtidas e as tesouras hidráulicas evoluíram para as atuais prensas tesoura, que possibilitam realizar, além do corte, também a prensagem da sucata em fardos com dimensões predefinidas.

Gunn (2005) diz que, nesse sentido, foram desenvolvidos equipamentos denominados tesouras hidráulicas, nas quais a força para o cisalhamento é fornecida por um sistema hidráulico de alta pressão, que possibilita o empacotamento e corte de uma ampla gama de tipos de sucata.

Mas é Shushan (1996) que narra que alguns tipos de sucata com características incomuns geram danos ou baixa produtividade se processados em prensas tesouras. Isso ocorre com sucatas de comprimento ou volume elevado, maiores que a bandeja da prensa-tesoura, sucatas de fio-máquina e fitas de aço - as quais se enrolam na estrutura da prensa durante o processo - e sucata de aço inoxidável.

Esse autor esclarece também que, para o corte desses tipos de sucata, utiliza-se uma tesoura acoplada a uma escavadeira, o que propicia o corte de peças de qualquer comprimento, uma melhor seleção de área das peças a serem cortadas e melhores condições de manipulação da sucata. A tesoura funciona como uma pinça e garante o afastamento entre a sucata e as partes sensíveis do equipamento.

2.2.2 Captação do Pó de Aciaria Elétrica (PAE)

A poluição atmosférica não é um processo recente e de inteira responsabilidade do homem, tendo a própria natureza se encarregado, durante milhares de anos, de participar ativamente deste processo com o lançamento de gases e materiais particulados originários de atividades vulcânicas e tempestades, dentre algumas fontes naturais de poluentes. A atividade antrópica, por sua vez, acaba por intensificar a poluição do ar com o lançamento contínuo de grandes quantidades de substâncias poluentes (OLIVEIRA, 1997).

Em algumas situações, torna-se difícil a classificação de uma fonte como natural ou antropogênica. Stern et al. (1984) assinalaram que, por exemplo, se uma atividade humana resultasse na remoção da camada superficial da terra e, posteriormente, o particulado ali formado fosse carregado pelo vento para outra região onde as pessoas sofressem o prejuízo, ficaria difícil decidir se o evento é natural ou resultante da atividade humana. A correta definição dependeria do tempo de análise. Ou, no caso dos incêndios florestais, com produção de emissões bastante significativas, que podem ser de origem natural ou antropogênica.

De acordo com Bretschneider e Kurfurst (1987), o conceito de poluição atmosférica é a introdução direta ou indireta de materiais na atmosfera em quantidades que afetam sua qualidade e composição, resultando em efeitos negativos para o bem-estar humano, à natureza viva e não viva, aos ecossistemas, aos materiais, aos recursos naturais e à utilização do meio ambiente.

A Convenção da Comissão Econômica Européia sobre Poluição Atmosférica Transfronteiriça de Longo Alcance (UNECE, 2009) passou a considerar como poluição atmosférica não só a emissão de substâncias materiais no ar, como também a emissão de qualquer forma de energia capaz de causar efeitos nocivos.

Bretschneider e Kurfurst (1987) afirmam, também, que poluente atmosférico é toda substância sólida, líquida ou gasosa que afeta prejudicialmente o meio ambiente, após mudanças químicas na atmosfera ou pela ação sinérgica com outras substâncias. Esses poluentes causam prejuízo à composição química da atmosfera com as seguintes consequências: perigo ou prejuízo ao bem-estar dos homens e dos animais, dano ao meio ambiente (natural, residencial ou área de trabalho), levando a efeitos sobre a sociedade que podem ou não ser expressos financeiramente, levando a efeitos que conduzam à deterioração do conforto, como a diminuição da visibilidade.

Dizem ainda esses autores que fonte de poluição atmosférica é um conceito amplo que pode ser definido como um local do qual escapam substâncias poluentes (chaminés, dutos, descargas de ar, etc.), possui processos e/ou equipamentos de produção (caldeiras, fornos, linhas de produção, câmaras de combustão, etc.) e uma área como conjunto de pontos e ou processos e equipamentos, numa região específica, capazes de liberar matéria ou energia para a atmosfera, tornando-a poluída.

Segundo Cavalcanti (2003), as emissões das fontes naturais ocorrem com frequência diferente das emissões das fontes antropogênicas; porém, são bastante significativas e muitas vezes superam as emissões de origem antrópica. As várias fontes de poluição do ar podem ser classificadas como fontes estacionárias ou fontes fixas, móveis e naturais.

As fontes estacionárias ou fixas podem ser subdivididas em dois grupos: um, abrangendo atividades pouco representativas nas áreas urbanas, como queimadas, lavanderias e queima de combustíveis em padarias, hotéis e outras atividades consideradas não industriais; outro, formado por atividades individualmente significativas, em vista à variedade ou intensidade de poluentes emitidos, como a poluição dos processos industriais.

As fontes móveis são todos os meios de transportes aéreo, marítimo e terrestre que utilizam motores à combustão como força motriz. Já as fontes naturais são todos os processos naturais de emissão que vêm ocorrendo durante milhares de anos, como as atividades vulcânicas, os aerossóis marinhos, a liberação de hidrocarbonetos pelas plantas, a ação eólica, entre outros.

Para Assumpção (2004), as emissões atmosféricas geradas num processo industrial, podem ser oriundas da queima de combustíveis no processo de combustão, de emissões fugitivas no transporte e movimentação interna de produtos, de emissões evaporativas associadas ao estoque de produtos e, por último, de emissões evaporativas associadas à estação de tratamento de água.

A seguir, será mostrada a revisão da literatura que aborda estudos e experiências sobre sistemas de captação do PAE, também chamado de sistema de despoeiramento, bem como as melhorias obtidas no decorrer do tempo, típicas da gestão focada na melhoria contínua.

Os equipamentos mais utilizados no controle de poluição de fornos elétricos a arco (FEA) de aciarias de siderúrgicas semi-integradas - parte seu processo da sucata ferrosa e não do minério de ferro -, são os filtros de manga de fibras sintéticas de fluxo reverso. Também se utilizam mangas de fibras de poliéster e acrílico; para temperaturas elevadas, mangas de fibra de vidro. Algumas empresas siderúrgicas implantaram equipamentos tipo lavadores Venturi e precipitadores eletrostáticos para abatimento de materiais particulados. Uma das chaves para

o sucesso das soluções adotadas, visando resolver os problemas de controle das emissões atmosféricas, envolve o conhecimento de onde aplicar cada tecnologia (MACINTYRE, 1990).

O sistema de captação do PAE apresenta diferentes tipos de soluções para atingir o objetivo que é captar com segurança e desempenho o PAE no FEA. O principal componente do sistema é o filtro, responsável pela captura do PAE. Logo, neste trabalho são apresentadas as três principais formas de filtragem, que são: os lavadores Venturis, filtros eletrostáticos e de mangas.

A Figura 1 apresenta um fluxograma esquemático de um sistema de captação do PAE ou de despeiramento com o filtro de mangas e demais componentes.

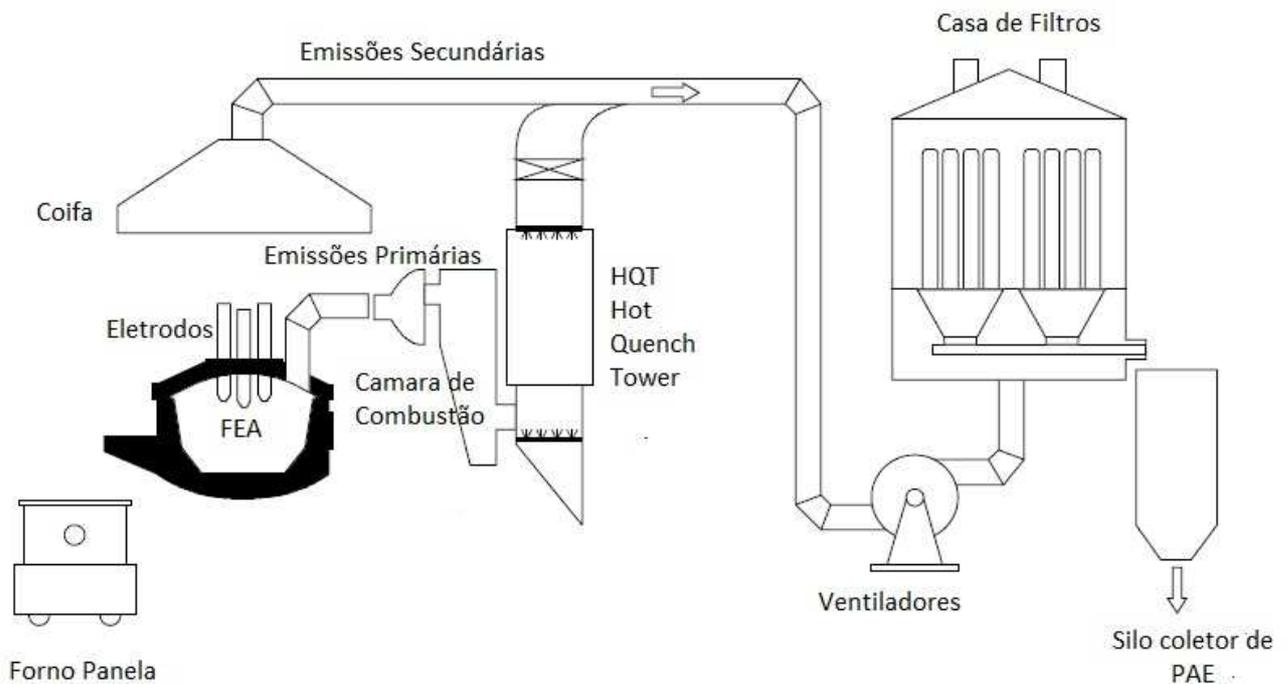


Figura 1 - Componentes principais de um sistema de captação do PAE (SPENGLER; 1997).

2.2.2.1. Lavadores Tipo Venturi

Poucas tecnologias foram tão estudadas e maturadas como os lavadores, segundo Schiffter e Hesketh (1992). Existem vários tipos de lavadores em operação ao redor do mundo. Os lavadores de gases removem as partículas do gás pela captura destas nas gotas e separando as gotas do fluxo gasoso, os quais capturam as partículas através de três

mecanismos: impacto direto das partículas contra as gotas descendentes, interceptação da partícula pela gota descendente, proximidade e difusão da partícula, através da proximidade da gota, até que a partícula fique tão próxima que possa ser capturada.

Eles esclarecem que o objetivo é causar na partícula do poluente o alojamento dentro da gota e então remover a gota maior do meio gasoso. Em cada caso, o objetivo do projeto é criar uma densa dispersão de finas gotículas. Em geral, quanto menor forem as gotículas, menor serão as partículas capturadas. Quanto maior a densidade das gotículas, maior será a probabilidade de captura.

Dentre os diversos tipos de lavadores, o mais utilizado é o lavador tipo Venturi. O Venturi foi inventado em 1886 pelo engenheiro americano Clemens Herschel, com o propósito de aumentar a velocidade do fluido, causando uma diminuição na pressão.

A Figura 2 apresenta os principais componentes desse tipo de lavador, de acordo com os dois autores. A zona de entrada é chamada de seção de convergência; a central, na qual os gases estão em maiores velocidades, é chamada de garganta; por último, a seção de expansão, localizada após a garganta, é denominada zona de recuperação de pressão dinâmica.

No Venturi, a pressão estática dos gases é transformada em pressão dinâmica, quando os gases passam pela garganta. A força motriz que impulsiona a massa gasosa é realizada normalmente por ventiladores. A injeção de líquido no lavador é efetuada de diferentes formas: alguns projetos injetam na garganta; outros, na entrada dos gases, no sentido contrário.

O sistema conhecido como lavador acionado por bomba, utiliza elevadas velocidades no *spray* líquido para induzir a entrada do gás e arrastar o mesmo para a unidade de lavagem. Esse *spray* pode estar na mesma direção do fluxo gasoso, no sentido oposto ou em ângulo. Alguns sistemas utilizam atomizar com ar o jato *spray*.

Schiffter e Hesketh (1992) consideram que as bombas são mais eficientes que os ventiladores. Esta analogia é estabelecida para afirmar que os lavadores acionados por bombas são mais eficientes do que os lavadores acionados por ventiladores.

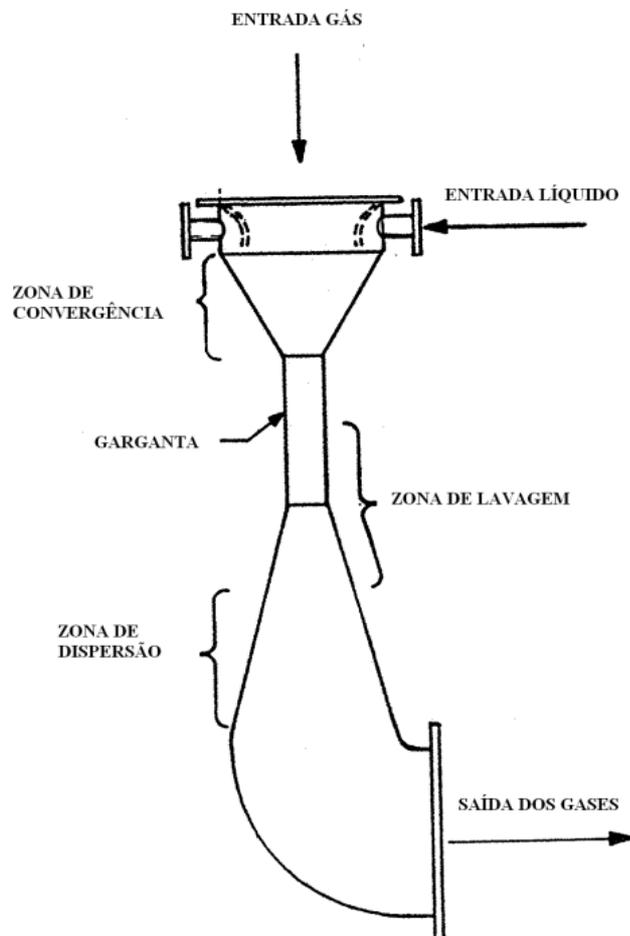


Figura 2 - Componentes principais de um lavador venturi (SCHIFFTER; HESKETH; 1992).

Conforme Gerdau Guáira (1983), os principais componentes da instalação de um sistema de controle, tipo lavador Venturi, são o saturador, Venturi, ciclone, ventilador, chaminé e circuito de água de contato direto. A seguir, serão descritos os principais componentes da instalação de um sistema de controle, tipo lavador Venturi, aplicado na captação de emissões primárias de FEA. A instalação de lavadores de gases da Gerdau Guaira foi substituída por um sistema de filtros de mangas.

O gás, ao entrar no saturador ou pré-resfriador, é lavado por um forte jato de água, nebulizado por bicos, instalados no interior da câmara. Os bicos são projetados e direcionados dentro da câmara com o objetivo de pré-resfriar o gás e lavar as paredes do saturador. A seção inicial do saturador é construída com paredes duplas refrigeradas com água industrial ou de contato indireto. Na parte inferior do saturador, em forma de cone, são recolhidas as gotas maiores que, em função do tamanho e peso, não são arrastadas pelo fluxo de gás. Essa mistura de água e pó (lama) é conduzida ao poço de lama. No difusor do Venturi, caracterizado pelo pequeno diâmetro do bocal, o gás é acelerado, atingindo grande velocidade. O gás, ao passar pelo disco do difusor - juntamente com a água injetada pelos bicos pulverizadores, que neste

momento está subdividida a ponto de formar uma fina névoa, entra em contato íntimo, resultando na lavagem ou captação final das partículas restantes de pó. O gás, ao sair do difusor do Venturi, é conduzido através da seção intermediária ao ciclone. No ciclone, por efeito da centrifugação, a água contida no gás é separada. A água recuperada retorna ao poço de lama. O gás ao sair do ciclone é conduzido por uma tubulação, chamada de duto de sucção do ventilador. O ventilador é dotado de um sistema de injeção de água, para lavar suas partes internas, a fim de evitar depósitos de pó sobre o rotor, o que pode ocasionar problemas de desbalanceamento e vibrações. A água com pó, resultante dessa lavagem, retorna ao poço de lama. O gás ao sair do ventilador é lançado na atmosfera por intermédio da chaminé. O circuito de água de contato direto é o sistema em que a água entra em contato com o gás, carregado de partículas. Possui duas funções básicas: resfriar e lavar o gás. A água de contato direto é injetada por bicos pulverizadores localizados no saturador e no Venturi. Após resfriar e lavar o gás, a água resultante, chamada de água com lama, é recolhida nos seguintes pontos: saturador, Venturi, ciclone, ventilador e separador. A água com lama recolhida nestes pontos é conduzida por tubos e por ação da gravidade ao poço de lama. No poço de lama estão instaladas as bombas verticais que deslocam a água para os decantadores. Após a decantação das partículas sólidas, as bombas de água limpa retornam a água aos consumidores citados anteriormente, caracterizando assim um circuito fechado.

2.2.2.2. Precipitadores Eletrostáticos

Spengler (1997) informa que até 1997, 80% dos FEAs, das plantas siderúrgicas da Alemanha, utilizavam filtros de mangas; em segunda posição, estão os precipitadores eletrostáticos. Segundo Spengler (1997), os filtros de mangas apresentam maior eficiência em relação aos precipitadores eletrostáticos no abatimento de poluentes, tais como dioxinas e furanos.

Segundo Macintyre (1990), esse é um sistema pouco utilizado para abatimento de materiais particulados em usinas siderúrgicas com FEA. A precipitação eletrostática é um processo físico, segundo o qual uma partícula contida num fluxo gasoso é carregada eletricamente e, sob a influência de um campo elétrico, é separada da corrente gasosa. O sistema que realiza essa ação consiste em uma superfície coletora carregada positivamente (ligada à terra), colocada próxima de um eletrodo emissor com carga negativa. Devido à elevada tensão, a imensa quantidade de elétrons que sai do fio bombardeia as moléculas de

gás próximas a ele. A potência desse bombardeio forma íons gasosos positivos e negativos, cuja presença se evidencia por um círculo luminoso azul visível, chamado efeito corona. Os íons se deslocam para os eletrodos de carga oposta aos do fio, devido ao intenso campo elétrico formado. Os íons positivos voltam para o fio negativo e recuperam seus elétrons perdidos; os íons gasosos negativos se dirigem para o eletrodo ligado à terra (positivo em valor relativo), o que faz com que a passagem do gás fique inundada de íons gasosos negativos. Estabelece-se, assim, uma corrente de íons gasosos negativos entre os fios e as placas. À medida que as partículas de poeira conduzidas pelo gás atravessam as passagens, elas se chocam com os íons gasosos negativos e assim se carregam negativamente. Como os íons gasosos são imensamente mais numerosos e muitíssimos menores que as partículas, por menores que elas sejam, haverá suficientes cargas elétricas para solucionar quase todos os problemas de purificação de ar com poeiras. As partículas de poeiras carregadas negativamente se dirigem rapidamente às placas de potência igual a da terra, e ali se prendem, retidas por imensas forças eletrostáticas (MACINTYRE,1990).

Esse autor diz ainda que as partículas de poeira formam sobre os eletrodos uma camada que vai aumentando de espessura e, conseqüentemente, oferecendo maior resistência à passagem da carga para o eletrodo terra. Essa resistência se chama “resistividade da poeira”. Os filtros eletrostáticos funcionam bem para poeiras cuja resistividade seja da ordem de 10⁷ a 1.011 ohms.centímetro. Quando se forma uma camada de poeira de 1 a 6 mm, as partículas de poeira mais próximas dos eletrodos já perderam grande parte da sua carga sobre a placa ligada à terra, então, a atração eletrostática se torna fraca. As partículas de poeira que mais recentemente vão chegando e se depositando conservam melhor sua carga, uma vez que estão eletricamente isoladas da placa pela camada protetora de poeira, o que permite que a totalidade da camada fique aderente ao eletrodo. Com uma pancada seca, consegue-se provocar o descolamento da camada de poeira, de tal modo que os fragmentos sejam relativamente grandes, com dimensões bem superiores à poeira que penetrou no equipamento. Sob a ação de seu peso ou de dispositivos eletromagnéticos, vibradores ou batidas nos coletores, os fragmentos caem numa tremonha, onde se acumulam e periodicamente são removidos.

2.2.2.3. Filtros de Mangas

Os filtros de mangas são meios porosos capazes de deter e coletar partículas e névoas contidas no ar que os atravessa. Os filtros de manga têm a forma de um saco alongado e tubular. O ar carregado com material particulado penetra pela parte interna, quando a boca do saco fica embaixo, saindo o ar filtrado pelo lado externo do tecido e deixando as poeiras no lado interno. Quando se emprega uma armação interna de arames, chamada gaiola, para manter a manga com a forma cilíndrica ou tubular, o ar penetra pelo tecido de fora para dentro e sai filtrado pela parte central pela boca colocada na parte superior. Os compartimentos onde são instalados os filtros de mangas são conhecidos pelas designações de “*bag house*”, “casa de mangas” e, ainda, “casa de filtros” (MACINTYRE, 1990).

Brand (1996) apresenta as variáveis que devem ser analisadas durante a definição de um projeto. Os principais pontos a serem avaliados são a *performance*, o equipamento e a tecnologia. A primeira recomendação é não olhar exclusivamente o preço e, sim, iniciar por uma avaliação técnica, identificando os elementos que definem a *performance* do projeto, tais como: vazão do sistema de captação primária e secundária (coifa), capacidade de armazenamento da coifa, emissões do forno-panela, temperaturas do ambiente e da coifa para diluição, potência do ventilador, área de filtragem, sistema de limpeza dos filtros, capacidade do sistema de recolhimento de pó captado, capacidade do silo de armazenamento de pó e capacidade do pelotizador. A Tabela 1 apresenta um resumo com as taxas recomendadas por esse autor.

As taxas de filtragens da casa de filtros informadas na Tabela 1 se referem a condições de operação em que um dos compartimentos do filtro está fora de operação para limpeza ou manutenção. Os valores informados nessa Tabela foram extraídos da experiência de instalações de despoeiramento realizadas por esse especialista. Essas informações são úteis para a fase inicial de estimativa dimensional do sistema. Em casa de filtro de grande porte, acima da faixa de 350.000 a 500.000 m³/h, filtros positivos de ar reverso são mais econômicos em custos e manutenção do que filtros do tipo jato pulsante.

Tabela 1 - Recomendações básicas para dimensionamento de um sistema de despoeiramento, segundo Brand (1996).

DESCRIÇÃO	VALORES RECOMENDADOS
Vazão do sistema primário no final do duto refrigerado durante a fusão.	1.100 – 1.700 m ³ /h por tonelada de aço produzida/hora
Temperatura dos gases na saída do duto refrigerado durante a fusão.	650 – 760 °C
Vazão de captação do forno-panela após o <i>gap</i> de diluição.	350 – 500 m ³ /h por tonelada de aço produzida/hora
Temperatura dos gases captados no forno-panela após o <i>gap</i> de diluição.	650 – 760 °C
Taxa de filtragem na casa de filtros com limpeza das mangas com ar reverso.	0,60 a 0,76 m ³ /min de gás por m ² de mangas
Taxa de filtragem na casa de filtros com limpeza das mangas com <i>shaker</i> .	0,45 a 0,68 m ³ /min de gás por m ² de mangas
Taxa de filtragem na casa de filtros com limpeza das mangas com <i>pulse jet</i> .	1,21 a 1,37 m ³ /min de gás por m ² de mangas
Taxa de limpeza da casa de filtros durante a aplicação do ar reverso no compartimento de mangas.	0,53 a 0,60 m ³ /min de gás por m ² de mangas

Segundo Brand (1996), os fatores que influenciam na operação e manutenção são as condições de acessos, segurança, sistema de limpeza, facilidade de inspeção e instrumentação para medir a eficiência e identificar problemas. É recomendável que as tubulações, cabos elétricos e outros fiquem protegidos de intempéries e não interfiram com os acessos de manutenção, mantendo adequados espaçamentos nas passarelas de acessos aos compartimentos para inspeção e manutenção. Outro benefício desejável é a instalação de medidores de pressão por compartimento, com medições de perdas de carga a montante e a jusante das mangas, possibilitando a informação de vazão para cada compartimento e do total da casa de filtros.

Uma interessante construção de casa de filtros, porém pouco conhecida, é a do tipo pressão positiva com ar reverso com entrada dos gases pela parte superior. Possui construção cilíndrica com diâmetro de 3,4 metros e comprimento cilíndrico de 13 metros, com uma relação entre o comprimento e o diâmetro de 45:1. Para a maioria das casas de filtros positivos com ar reverso, esta relação é de 33:1. As vantagens desse tipo de filtro são devido a dois fatores. Primeiro, a direção da sedimentação do Pó de Aciaria e do fluxo dos gases é a mesma. Isto permite que o pó solto ou desalojado, durante a operação, não torne a entrar na

parte inferior da manga. Segundo, quando as mangas tornam a inflar após a limpeza com ar reverso, o pó em suspensão na manga é purgado para a tremonha inferior, enquanto que em sistemas com entradas inferiores, o pó em suspensão é soprado e captado no fechamento superior do tecido da manga.

Holmlund e Gaiotto (1997) apresentam informações comparativas entre os diferentes tipos de filtragem. Informam que duas tendências têm sido evidenciadas nas últimas décadas, em função do aumento de restrições legais. Uma tecnologia é a tradicional casa de mangas com pressão positiva e baixa taxa de filtragem; a outra, é a tecnologia de jato pulsante, utilizando jatos de ar comprimido para limpeza, caracterizado por altas taxas de filtragem.

De acordo com esses autores, o uso de filtros mangas na indústria siderúrgica é muito frequente, considerando-se com muito critério as propriedades dos gases (vazão, temperatura, concentração do pó e composição do gás) e o tempo. Comparado com outros tipos de coletores ou filtros, quando corretamente dimensionados, os filtros de mangas permitem variações operacionais na fonte geradora, sem comprometer significativamente a qualidade do ar filtrado. São apresentados, a seguir, alguns comparativos entre os dois principais sistemas de filtros mangas: o tipo jato pulsante e o ar reverso.

Holmlund e Gaiotto (1997) ainda referem que filtros de mangas, tipo jato pulsante, trabalham com altas taxas de filtragem e aplicou-se com sucesso na década de 70, com o desenvolvimento de novos sistemas de válvulas de limpeza, refinado sistema de distribuição do jato pulsante e o princípio de distribuição do gás nas mangas. A crescente demanda por menores custos e consumos de energia direcionou estudos, na década de 80, para novos desenhos de filtros que apresentavam melhor eficiência. Esse tipo de sistema possui alta velocidade de filtragem e intenso, direto e vigoroso sistema de limpeza; normalmente, opera sob depressão (pressão negativa). Para filtros tipo jato pulsante de alta tecnologia, o comprimento adequado para as mangas fica em torno de 8 metros.

A Figura 3 mostra o processo de limpeza de filtros do tipo jato pulsante. Na posição 1, pode-se observar o ingresso do ar sujo e a distribuição do gás através das mangas. Na posição 2, é mostrado o pó depositado na superfície externa da manga, e à medida que vai sendo acumulado, forma uma torta, que amplia a eficiência de filtração, pois reduz a área de passagem. Na posição 3, o ar filtrado e limpo sai do filtro de mangas. Na posição 4, a manga do filtro é recondicionada através do pulso com ar comprimido, acionado por um sistema eletrônico atuado por temporizador. O pulso de ar comprimido possui um pequeno volume com elevada pressão, e é direcionado do tanque através de tubos localizados acima das

mangas, expandindo o tecido e quebrando a torta de pó filtrado. O pó deslocado cai para a parte inferior da tremonha ou silo (AMERICAN AIR FILTER - AAF, 2011).

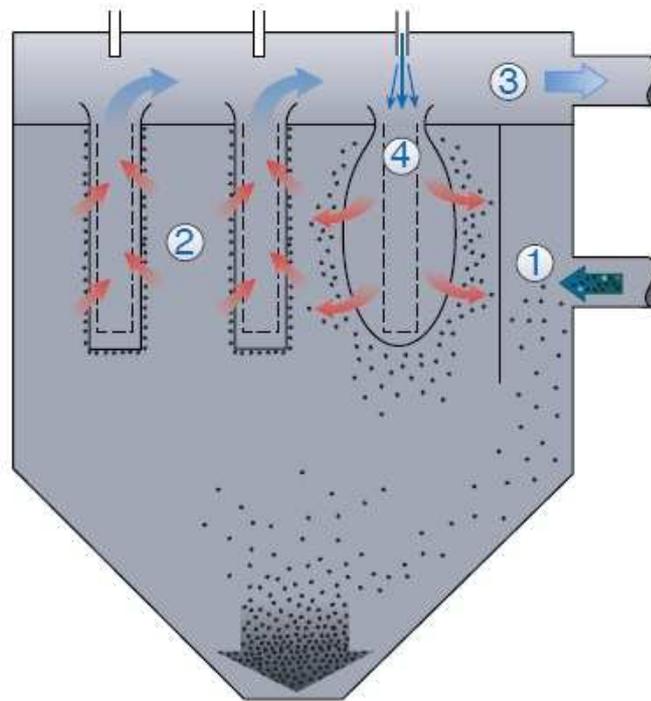


Figura 3 - Etapas do processo de limpeza das mangas: 1- ingresso do ar sujo e a distribuição do gás; 2 - pó depositado na superfície externa da manga; 3- ar filtrado e limpo sai do filtro de mangas; 4 - manga do filtro é recondicionada através do pulso com ar comprimido (AMERICAN AIR FILTER-AAF, 2011)

A Figura 4 mostra o detalhe com os principais componentes responsáveis pela introdução do jato pulsante, segundo a empresa GE Energy (2011).

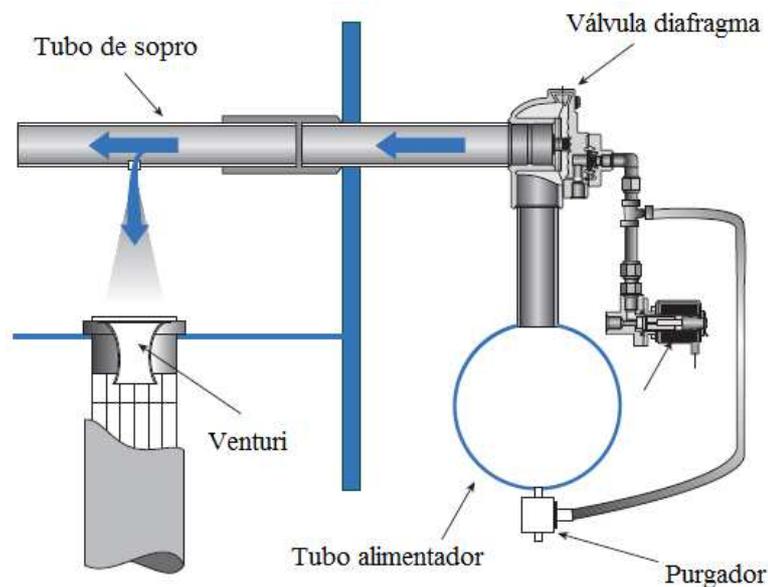


Figura 4 - Detalhe do sistema de distribuição do jato pulsante com ar comprimido utilizado para limpeza da manga (GE ENERGY, 2011).

Holmlund e Gaiotto (1997) informam que filtros de ar reverso ou de baixas taxas de filtração são considerados sistemas convencionais de filtração. Sofreram, nos últimos anos, um aperfeiçoamento para atender as novas demandas, obtendo-se baixos custos de manutenção e confiabilidade. Possuem baixas velocidades de filtração e um suave sistema de limpeza das mangas. Normalmente, operam sob pressão positiva ou algumas vezes sob depressão (pressão negativa).

A Figura 5 mostra os fluxos de um filtro de ar reverso durante as operações de filtração e de limpeza das mangas.

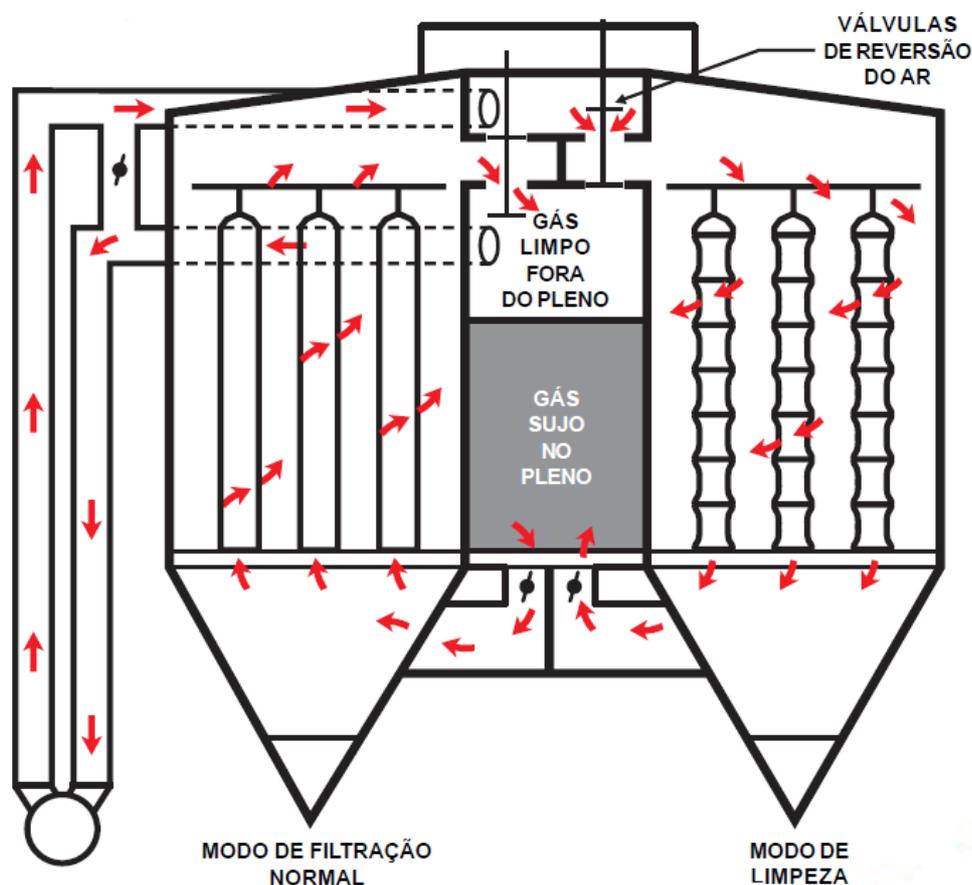


Figura 5 - Sistema operação de filtros tipo ar reverso (RENNER PRODUTOS TÊXTEIS, 2004).

Aqueles autores ainda demonstram que os filtros positivos, que trabalham sob pressão, com o ventilador colocado antes da instalação de filtração, demandam maiores cuidados na especificação dos ventiladores, uma vez que os gases sujos entram em contato com os componentes girantes do ventilador. O comparativo entre os diferentes tipos de mangas está representado na Tabela 2, com um resumo das principais características dos sistemas de

filtragem com jato pulsante e ar reverso, a partir das informações de Holmlund e Gaiotto (1997) e Mantem e Brand (1994).

Tabela 2 - Comparativo entre os sistemas de filtragem (HOLMLUND; GAIOTTO, 1997; BRAND, 1996).

JATO PULSANTE - NEGATIVO	AR REVERSO - POSITIVO
Maior taxa de filtragem ~ 1,2 m/min.	Menor taxa de filtragem ~ 0,8 m/min.
Menor vida útil ~ 2 anos.	Maior vida útil ~ 4 anos.
Investimento inicial maior para sistemas a partir de 340.000/500.000 m ³ /h.	Investimento menor para sistemas a partir de 340.000/500.000 m ³ /h.
Infiltrações no filtro e no sistema de transporte de pó reduzem a eficiência de captação.	Infiltrações no filtro e no sistema de transporte de pó não alteram eficiência de captação.
Maior consumo de energia ocasionado pela operação com pressões maiores 80-150 mmCA.	Menor consumo de energia no filtro ocasionado pela operação com pressões menores 60-90 mmCA.
Ventilador após o filtro não ajuda a abater partículas incandescentes.	Ventilador antes do filtro ajuda a abater partículas incandescentes.
Ventilador não está preparado para receber uma alta concentração de pó nas situações de manga furada.	Ventilador preparado para operar com alta concentração de pó.
Material das mangas de maior peso (500-650 g/m ²) para operar com maiores taxas e garantir a mesma eficiência de filtragem. Normalmente utiliza feltro agulhado.	Material das mangas de menor peso (400-450 g/m ²) para operar com menores taxas. Pode utilizar feltro agulhado, que possui maior permeabilidade, para a mesma capacidade de retenção ou tecido (não adequado para pós-abrasivos).
Limite para a altura de manga em 6 metros garante o percurso adequado do jato pulsante e a extração superior da mesma.	Limite para altura de manga de aproximadamente 10 metros. Melhor aproveitamento da altura da instalação.
Consumo de energia para o ar comprimido ligeiramente superior ao ventilador de ar reverso. (jato pulsante = 1,13 x ar reverso).	Consumo de energia para o ventilador de ar reverso ligeiramente inferior ao compressor que gera o jato pulsante.
Permite entrada de água pelas aberturas indesejadas (corrosão), ocasionando a hidrólise nas mangas.	Pressão positiva dificulta a entrada de água no filtro.
Requer a instalação da chaminé na saída dos gases.	Os gases saem pelo telhado do filtro, em aberturas de ventilação, chamadas de lanternim.
Operação de limpeza da manga com maior vigor e intensidade.	Operação de limpeza da manga mais suave. Equipamento trabalha mais aliviado.
Normalmente utilizado com filtros em pressões negativas.	Pode ser aplicado em filtros que operam em pressões negativas e positivas.
Em caso de falha do agente de limpeza (compressor), o filtro para de operar.	Em caso de falha do agente de limpeza (ventilador de ar reverso), o filtro pode operar utilizando a depressão a montante dos ventiladores principais.
Grande quantidade de válvulas solenóides para admissão do jato pulsante e <i>dampers</i> de grande porte para isolar os compartimentos.	<i>Dampers</i> de grande porte que atuam lentamente para isolar compartimentos e admitir ar reverso.
Amplamente aplicado na Europa.	Amplamente aplicado nos EUA e Japão.

JATO PULSANTE - NEGATIVO	AR REVERSO - POSITIVO
Requer menores áreas para implantação.	Requer maiores áreas para implantação. Ar reverso = 1,5 a 2 x jato pulsante.
Menor investimento inicial com o transporte de pó, devido ao menor comprimento de tremonhas.	Maior investimento inicial com o sistema de transporte de pó, devido ao maior comprimento de tremonhas.
Maior conforto ao operador durante as manutenções, pois pode substituir mangas por fora do filtro na parte superior.	Menor conforto para o operador nas ocasiões de manutenção, que deverá entrar no filtro para substituir mangas.
O tempo de troca de mangas é menor.	O tempo de troca de mangas é maior. Ar reverso = 3 x jato pulsante.
As mangas furadas são detectadas com maior facilidade no espelho do compartimento superior ou na chaminé.	As mangas furadas são detectadas na observação das mangas vizinhas ou com detectores de pó
Ventilador trabalha no lado limpo.	Ventilador requer uma construção especial para operar no lado sujo.
Consumo de energia ligeiramente inferior devido ao bom desempenho do rotor do ventilador (rendimento 70-80%).	Consumo de energia ligeiramente superior pelo menor rendimento do ventilador, devido ao tipo de pás retas do rotor (65-80%).
A manga danificada pode ser tamponada e isolada.	A manga danificada pode ser embrulhada na região do furo.
A sequência de limpeza pode ser por diferencial de pressão ou com controlador de tempo.	A sequência de limpeza, normalmente, é com controlador de tempo.

Nas instalações de despoeiramento, os filtros de mangas são preferencialmente do tipo de compartimento para regime de funcionamento contínuo. Os sistemas que não isolam o compartimento, durante a limpeza, não garantem que as partículas finas precipitem no compartimento de sedimentação de pó, uma vez que encontram os gases contaminados no fluxo contrário. A filtragem por mangas requer o resfriamento dos gases para proteger os tecidos. Os gases devem chegar ao filtro a uma temperatura máxima de 130° C, no caso de mangas de poliéster, podendo chegar a 280 °C no caso de mangas de fibra de vidro. Holmlund e Gaiotto (1997) concluem que os dois sistemas de filtragem, aqui abordados, apresentaram uma sensível atualização tecnológica, principalmente pela evolução dos sistemas de controles eletrônicos.

Segundo o Boletim Técnico N° 1, da Renner Produtos Têxteis (1999), que trata sobre o uso de elementos filtrantes na retenção de pós-aplicados à indústria de ferro e aço, a utilização de feltros agulhados de poliéster com acabamentos antiadesivos reduzem a fricção. Podem ser utilizadas mangas com pesos de 450 g/m², permeabilidade de 275 l/dm². Normalmente, operam com uma depressão de 20 mmCA, com relação de vazão de ar por área de pano de 1,3 m³/m²/min. A temperatura de operação situa-se na faixa de 130 a 150 °C. A perda de carga na casa de filtros é de aproximadamente 140 mmCA. A concentração de

material particulado no gás filtrado é de 20 mg/m³, e a vida útil das mangas é de aproximadamente 4 anos. Segundo esse fabricante, está comprovado que, pelo emprego de feltros agulhados especiais, a relação ar/pano pode ser aumentada de 1 para 1,3 m³/m²/min, reduzindo significativamente a área total de filtragem.

A Tabela 3, elaborada pela empresa GE ENERGY (2011), apresenta um resumo com as principais características de alguns materiais filtrantes disponíveis no mercado. Apesar da existência de diversos materiais, frequentemente em sistemas de despoeiramento se utiliza o poliéster. Sua escolha está associada ao menor custo e ao atendimento dos requisitos necessários para o correto funcionamento do sistema. Para a temperatura e a umidade, devem ser tomadas medidas no projeto que limitem a elevação dessas variáveis físicas na entrada da casa de filtros.

Sistemas que apresentam problemas de queimas de mangas, ocasionadas por temperaturas excessivas, podem adotar a solução de substituir o material da manga por materiais como Nomex, Ryton e P-84, que permitem uma operação em maiores temperaturas, desde que mantenham as mesmas propriedades de filtragem.

Tabela 3 - Resumo com as principais características de alguns materiais filtrantes disponíveis no mercado (GE ENERGY, 2011).

CARACTERÍSTICAS	Polipro-pileno	Poliéster	Acrílico	Fibra de Vidro	Aramida Nomex	Ryton PPS	P-84	Teflon
Máxima temperatura de operação contínua	77 °C	135 °C	130 °C	260 °C	204 °C	190°C	260 °C	260 °C
Resistência a abrasão	Muito Boa	Muito Boa	Boa	Regular	Muito Boa	Boa	Regular	Boa
Energia de absorção	Boa	Muito Boa	Boa	Regular	Boa	Boa	Boa	Boa
Propriedades de filtração	Boa	Muito Boa	Boa	Regular	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa	Regular
Resistência à umidade térmica	Muito Boa	Fraca	Muito Boa	Muito Boa	Boa	Boa	Boa	Muito Boa
Resistência à alcalinidade	Muito Boa	Regular	Regular	Regular	Boa	Muito Boa	Regular	Muito Boa
Resistência a ácidos minerais	Muito Boa	Regular	Boa	Fraca	Regular	Muito Boa	Boa	Muito Boa
Oxigênio (+15%)	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa	Fraca	Muito Boa	Muito Boa

2.2.2.4. Sistemas de Ventiladores e Recolhimento do PAE

Conforme Manten e Brand (1994), outro componente para avaliar o desempenho de sistemas de despoeiramento é o sistema de ventiladores. O custo dos ventiladores normalmente corresponde a 5% do custo total do investimento. Para garantir uma adequada capacidade, os ventiladores devem ser selecionados com uma margem de segurança de 10% acima da vazão calculada e 21% acima da pressão e potência projetadas, para assim atender as capacidades nominais, em condições de operação a temperatura ambiente.

De acordo com Manten e Brand (1994), a capacidade do silo deverá ser suficiente para armazenar as emissões geradas em pelo menos três dias de operação da Aciaria. É recomendável que a área de descarga do pó seja fechada e com sistema de captação localizado por ponto de descarga, para conter as emissões atmosféricas geradas na operação de carregamento de caminhões, trens ou navios. O silo pode ser montado em células de carga para realizar a pesagem dos carregamentos. No caso de instalar pelletizadores, é recomendável uma capacidade mínima para processamento de sete dias de produção de Pó de Aciaria em cinco dias, com 100% de capacidade de reserva.

2.2.2.5. Emissões Primárias

Quanto às emissões primárias, Manten e Brand (1994) entendem que elas são geradas na fase de fusão da matéria-prima no forno elétrico. A captação das emissões primárias na maioria dos FEAs é realizada através do quarto furo. Na abóbada do forno, existem quatro aberturas: três delas permitem a passagem dos eletrodos de grafita, responsáveis pela transmissão da energia elétrica necessária para fundir a matéria-prima; a quarta, chamada quarto-furo, é a que permite a saída dos gases. Após saírem do quarto furo, os gases ingressam na câmara de sedimentação. A câmara de sedimentação ou combustão do sistema primário deve ser dimensionada para garantir uma velocidade menor que 10 m/s para prevenir que pequenos sólidos presentes na escória sejam carregados para a casa de filtros. A câmara de combustão deverá ter uma capacidade de armazenamento suficiente para garantir, pelo menos, uma limpeza semanal, ou a cada duas semanas.



Figura 6 - Vista do interior da câmara de combustão, piso de concreto refratário com paredes e teto montados em painéis resfriados a água.

Esses autores afirmam ainda que o resfriamento das emissões primárias ou diretas do FEA pode ser realizado empregando-se diferentes tecnologias. Uma forma é o resfriamento por diluição, que compreende a mistura de ar resfriado com os gases quentes das emissões primárias ou diretas do FEA. Nesse caso, são aumentados os volumes de gases a serem tratados na casa de filtros. Entretanto, se o ar resfriado for disponível, em função do mesmo ser o resultado de outros pontos de captação, não será considerado uma ampliação da casa de filtros devido à diluição, pois o mesmo já exerce uma função de captura de emissões. Esse é o caso dos sistemas que utilizam a captura de emissões fugitivas, geradas na fusão, para diluir os gases quentes das emissões diretas do FEA. Outra forma é o resfriamento com *sprays* ou sistemas evaporativos, que empregam ar comprimido e água, introduzidos por bicos injetores. São utilizados para realizar o corte dos picos de temperatura das emissões primárias ou diretas do FEA. A quantidade a ser injetada no sistema deve ser cuidadosamente avaliada para evitar os problemas de condensação na casa de filtros. Uma terceira forma é o resfriamento com trocadores de calor, no qual ventiladores forçam o ar externo a passar por fora dos dutos com gases quentes provenientes das emissões primárias do FEA. Estes são resfriados e reduzem o seu volume, conseqüentemente, diminuindo os gases a serem tratados na casa de filtros. Trocadores de calor tipo “Trombone”, também chamados tipo “Tubo U”, não empregam ventiladores para forçar a passagem do ar do ambiente externo, porém requerem uma localização que permita o fluxo de correntes de ventos no seu entorno.

Para dutos resfriados, especialistas da Consultoria Canadense (1997) informaram, em visita realizada, que a taxa de água de resfriamento média deverá ser de 8 m³/h de água para

cada m² de painel resfriado, e a variação de temperatura da água, entre a entrada e saída nos painéis da câmara, deverá variar de 8 a 17 °C.

Manten e Brand (1994) informam que o resfriamento com *sprays* é eficientemente empregado para cortar os picos de temperatura no duto primário. O ar atomizado é capaz de produzir tamanhos específicos de gotas, resultando em eficiente resfriamento evaporativo, com o mínimo emprego de água. A adequada seleção dos bicos *sprays* é importante para evitar o entupimento e assegurar a apropriada distribuição de água sem encharcar as paredes dos dutos. Usualmente, as quantidades consumidas de água de *sprays* variam de 1,6 a 4,8 l/min (0,096 a 0,28 m³/h) para cada Nm³/h de gás. A quantidade de ar comprimido necessário para atomizar os *sprays* está em torno de 83 a 250 Nm³/h para 1,0 l/min de água de *spray*.

O sistema de resfriamento evaporativo tipo HQT (*Hot Quench Tower*) proporciona resfriamento do gás a partir de uma temperatura de entrada até um ponto pré-ajustado de temperatura de saída, através da evaporação de finas gotas de água, que são injetadas diretamente no fluxo do gás quente. As pequenas gotas de água ou gotículas são fornecidas por *sprays*, que utilizam ar comprimido para atomizar a água em fina névoa sobre uma ampla zona de operação. As gotículas evaporam até secarem dentro do compartimento da HQT, com uma descarga de partículas secas e nenhum transporte de água livre. A HQT proporciona o resfriamento para proteger os equipamentos que estão a frente do fluxo, tais como dutos de aço e ventiladores, assim como para manter as temperaturas dentro dos limites seguros em filtros de mangas, precipitadores de pó e precipitadores eletrostáticos (TURBOSONIC, 2011).

Em relação ao potencial de poluição dos gases primários, Rentz (1997) refere que tem de ser minimizado para prevenir impactos negativos no meio ambiente, normalmente associados a CO, VOCs ou dioxinas. Essa ação preventiva está associada à pós-combustão dos gases. CO é oxidado em CO₂, bem como hidrocarbonetos (C_nH_m) em CO₂ e H₂O. A pós-combustão pode ser obtida pela adição de queimadores com oxigênio no FEA, no duto ou na câmara de combustão, ampliando a oxidação do CO, hidrocarbonetos e dioxinas. Já o gás, este deve ser resfriado para entrar no sistema de filtragem; este resfriamento também proporciona uma maior prevenção para evitar a formação de substâncias perigosas. Dependendo do sistema de filtragem em uso, os gases devem ser resfriados de 1.400-1.700 °C (câmara de combustão) para 130-300 °C (entrada da casa de filtros). As opções para realizar o resfriamento dos gases são as câmaras de mistura do gás quente primário com os gases frios do sistema secundário, a condução do gás primário através de dutos resfriados com água e, também, o resfriamento dos gases com água através de bicos *sprays* e finalmente a

combinação destas medidas. O rápido resfriamento dos gases na HQT, úmida com água ou seca com ar, é considerado uma maneira de prevenir a formação de dioxinas.

2.2.2.6. Emissões Secundárias

As emissões secundárias são geradas nas operações de carregamento e vazamento do FEA e no forno-panela, normalmente captadas pelas coifas instaladas sobre as fontes geradoras, conforme mostrado na Figura 7.

Ao avaliar o sistema proposto para a coifa captar as emissões secundárias do FEA durante a fase de carregamento, Mantem e Brand (1994) ensinam que se deve observar a correta taxa de exaustão, capacidade de armazenamento e desenho da coifa. Durante o carregamento, a vazão dos gases gerados no FEA, frequentemente, ultrapassa em duas a três vezes a capacidade instalada de exaustão do sistema. A capacidade de armazenamento volumétrico da coifa deve ser suficiente para conter o excedente de gases e, assim, evitar o vazamento dos mesmos para atmosfera.



Figura 7 - Foto aérea da coifa com dutos secundários, vista parcial dos dutos primários e tubulação de água utilizada para resfriar os dutos primários.

A Figura 8 apresenta o perfil típico de vazão da face da coifa em função do tempo, durante o carregamento. Quando a abóbada do forno é aberta para o carregamento da sucata e

demais componentes da carga fria, uma pluma de gases de volume, com certa constância, é gerada em função das condições de elevadas temperaturas no interior do FEA. A taxa de exaustão da coifa deverá ser de, pelo menos, 1,2 vezes a vazão da pluma do ambiente para a efetiva captura dessas emissões. A pluma do ambiente pode ser calculada de acordo com o descrito no método do Manual Técnico da USEPA - *Hood System Capture of Process Fugitive Particulate Emissions* (KASHDAN et al., 1985).

Manten e Brand (1996) explicam que, quando o cestão com a carga fria é carregado no FEA, o volume dos gases emitidos cresce rapidamente em poucos segundos, frequentemente acompanhado de uma grande bola de fogo. Essa pluma se direciona em fileira, por um período de aproximadamente 7 a 10 segundos, na traseira do volume da pluma do ambiente, formada durante a abertura da abóbada. A linha horizontal Q_e da Figura 8 representa a taxa de exaustão da coifa, e a área sombreada sobre esta linha representa a capacidade de volume mínimo de armazenamento que a coifa deverá ter. Esse volume físico é o mínimo requerido para capturar a pluma de gases e particulados emitidos durante o carregamento. Se o volume da coifa é menor que o mínimo requerido, deverá ocorrer vazamento da pluma para o ambiente externo. Quando os gases da coifa são empregados para diluir a temperatura das emissões primárias do FEA, para proteger as mangas do filtro das condições de elevada temperatura, é importante adotar no projeto as máximas temperaturas do verão encontradas no prédio da Aciaria.

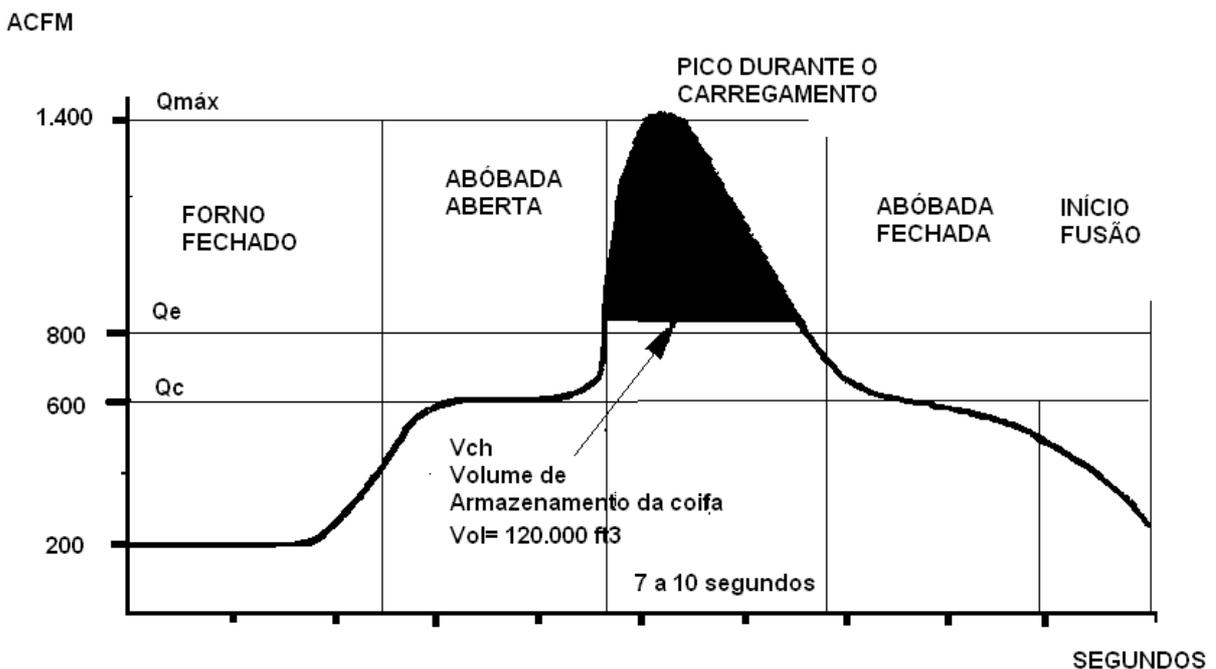


Figura 8 - Curva típica da pluma de carregamento para uma usina com produção de 800.000 toneladas de aço/ano (MANTEN; BRAND, 1994).

Ainda de acordo com esses autores, outra alternativa tecnológica é a captação chamada localizada, que consiste no controle das emissões secundárias durante o vazamento do aço líquido na panela, exaurindo as emissões da panela, particularmente no caso de sistemas de vazamento tipo EBT - *Eccentric Bottom Tapping*. Algumas plantas utilizam coifas localizadas para captar as emissões do vazamento. Todavia, devido à distância entre a panela de vazamento e a coifa, interferências do FEA, da ponte rolante e correntes cruzadas com a pluma, esse método de captura não é efetivo. O benefício da captação localizada, pela proximidade da coifa das fontes de emissão, é a necessidade de menores volumes de captação. A captação localizada minimiza as emissões para o interior do prédio. No controle das emissões atmosféricas, os fatores normalmente otimizados são a taxa de vazão e a área de filtragem. Uma vez instalados sistemas com pouca, ou no limite, de capacidade, serão necessários grandes esforços para não perder a batalha contra o aumento de produção, os deficientes planos de manutenções, as deteriorações dos equipamentos e as novas exigências ambientais.

2.2.3 Ruído

Spengler (1997) informa que a geração de ruído no sistema de captação do PAE é influenciada principalmente pela capacidade do sistema e pelo tamanho do FEA, pelo sistema de sucção, pelo sistema de precipitação (filtro eletrostático ou de mangas) e pelo desenho do sistema (pressões de operação e equipamentos de limpeza do filtro). A principal fonte de emissão de ruído no sistema de captação do PAE são os gases nos dutos de entrada e saída dos ventiladores, cujos níveis de emissão podem superar 120 dB(A). A isolação acústica do ventilador pode reduzir de 20 a 40 dB o ruído gerado. Se os níveis de ruído do filtro de mangas são audíveis na vizinhança, é recomendável também isolá-lo. Outro ponto representativo de geração de ruído está junto ao sistema de recolhimento do PAE, do filtro até o silo, o que ocasiona um ruído semelhante a rangido.

Santos (1994) esclarece que o ruído presente nos ambientes e processos de trabalho é responsável por vários efeitos negativos à saúde dos trabalhadores, como a lesão das células ciliares, levando à surdez progressiva e permanente, além de zumbido, irritabilidade, dificuldade de concentração, risco de acidentes e outros.

Quanto à literatura especializada internacional, Cordeiro (2005) relata que ela aponta que os trabalhadores expostos ao ruído ocupacional intenso apresentam risco aumentado de se acidentarem, quando comparados a trabalhadores não expostos.

Melamed (2004) menciona que é interessante observar que o ruído ocupacional impõe ao trabalhador dificuldades de comunicação (na detecção, discriminação, localização e identificação das fontes sonoras, assim como na inteligibilidade de fala), de manutenção da atenção e concentração, de memória, além do estresse e fadiga excessiva. Esses são fatores sabidamente envolvidos na gênese de acidentes do trabalho. Conseqüentemente, parece haver uma relação causal entre ruído ocupacional e acidente do trabalho, o que remete de imediato para o campo da prevenção dos acidentes de trabalho.

2.2.4 Solo

O processamento da matéria prima ferrosa, o manuseio do PAE captado, as tubulações e tanques enterrados e as emissões atmosféricas são potenciais agentes causadores de alterações na qualidade do solo.

Não foi identificada bibliografia específica sobre as relações entre o PAE e o solo; porém, considerando a relevância do assunto, a seguir são apresentadas informações que buscam reforçar a importância da correta operação para que o PAE não entre em contato com o solo.

Rodrigues (2003) afirma que a introdução de contaminantes no solo pode resultar na perda de algumas ou várias funções no solo e ainda provocar contaminação da água subterrânea. A ocorrência de contaminantes no solo, originados por várias fontes, acima de certos níveis, provoca múltiplas conseqüências negativas para a cadeia alimentar, para a saúde pública e para os diversos ecossistemas e recursos naturais.

Porém, diz Attwell (1998), que a utilização sustentável do solo potencializa a sua renovação, ano após ano, por processos naturais.

Para Guinther (2005), por tradição, o solo tem sido utilizado como receptor de substâncias resultantes das atividades humanas, principalmente para a deposição final.

Guidi et al. (1988) informam que indústrias siderúrgicas produzem vários resíduos que podem causar problemas ambientais, dependendo da forma e do local onde são descartados. Além disso, a disposição desses resíduos pode ser dispendiosa, elevando os custos da empresa.

A corrosão metálica é um dos fatores que tornam possível o contato do PAE com o solo, uma vez que seus elementos de proteção, tais como silos, tanques, dutos, etc, podem ser afetados. Pimenta (2009) informa que a corrosão é um processo de deterioração química natural, que resulta da inerente tendência dos metais reverterem para sua forma mais estável. A maioria dos metais é encontrada na natureza na forma de compostos estáveis como óxidos, sulfetos, silicatos, etc. Durante o processo de extração e refino, é adicionada uma determinada quantidade de energia aos minérios, para extrair o metal ou metais neles contidos. É essa mesma energia que possibilita o aparecimento de forças capazes de reverter o metal à sua forma primitiva de composto mais estável. Nos processos de corrosão, como ainda esclarece o autor em questão, os metais reagem com os elementos não metálicos presentes no meio, ou seja, O_2 , S, H_2S , CO_2 , entre outros, produzindo compostos semelhantes aos encontrados na natureza, dos quais foram extraídos. Conclui-se, portanto, que, nesses casos, a corrosão corresponde ao inverso dos processos metalúrgicos.

Por outro lado, Duarte (2003b) esclarece que o comportamento do solo, como meio corrosivo em uma planta industrial, depende de muitas variáveis. Algumas dizem respeito a características inerentes ao meio físico e biótico: estrutura, textura (composição granulométrica), permeabilidade, teor de umidade, posição do nível do lençol freático, grau de aeração, conteúdo de sais solúveis, acidez, presença de micro-organismos redutores de sulfato, etc. Outras não possuem qualquer relação com propriedades intrínsecas do solo, tais como: a melhor ou pior qualidade do revestimento utilizado em tubulações, a existência de contatos bimetálicos ou de correntes de fuga, etc. Essa grande quantidade de variáveis faz com que o solo seja considerado um meio corrosivo complexo, tornando difícil se determinar, com exatidão, sua ação agressiva sobre os diversos materiais metálicos que nele podem ser enterrados.

Duarte (2003a) explica que o agravante do processo corrosivo, em tanques de aço carbono enterrados, é que esse pode ocasionar perfurações que provocam vazamentos. Mesmo um vazamento pequeno e lento pode causar a mais complexa forma de poluição, pois apesar do volume de infiltração diária ser pequeno, a acumulação por um longo período de tempo pode ser bastante significativa e, principalmente, pequenos vazamentos nem sempre são detectados prontamente

2.2.5 Áreas Verdes no Entorno

A presença de áreas verdes contribui com a atenuação de ruídos gerados no sistema de captação de PAE, proporciona melhor aparência estética e resulta em melhoria na qualidade ambiental e de vida aos envolvidos neste processo.

A qualidade do meio ambiente influi consideravelmente na própria qualidade de vida. Como destaca Oliveira (1983), qualidade ambiental é uma expressão de uso corrente, mas de difícil definição; está intimamente ligada à qualidade de vida, pois vida e meio ambiente são inseparáveis. Há uma interação e um equilíbrio entre ambos, que varia de escala em tempo e lugar. Pires e Santos (1995) conceituam qualidade ambiental como sendo “a soma dos padrões encontrados em uma série de componentes que nos cercam e influenciam diretamente nossa vida: qualidade da água, do ar, estética, etc”. Para Tyrväinen (2001), a qualidade ambiental é um dos fatores-chave na criação de uma imagem positiva.

Nucci (2001), por sua vez, refere que a vegetação, sendo um indicador de qualidade ambiental, atua associada a outros indicadores (qualidade do ar, da água, dos solos, da fauna e do clima) como elemento indispensável ao equilíbrio, seja na manutenção de algumas condições vigentes desejáveis, seja nas ações que visem à melhoria da qualidade de vida em áreas mais comprometidas. Dessa forma, a importância das áreas verdes, como indicador de qualidade ambiental, reflete-se nas funções que estas desempenham no ambiente urbano.

Lira Filho (2002) esclarece que a forma peculiar dos arbustos, com seus diferentes caules aflorando junto ao solo, permite a formação de conjuntos vegetacionais, nos quais as plantas perdem a sua individualidade e passam a formar associações, o que pode ser muito útil para a formação de cercas vivas, maciços ou cortinas vegetais.

Além da função de ornamentar, Zuin (1998) explica que os arbustos podem ser utilizados para delimitar a visão e orientar a circulação das pessoas, proporcionar privacidade, complementar linhas arquitetônicas, destacar ou esconder vistas pouco estéticas, bem como formar cortina vegetal para a proteção do vento, poeira (partículas suspensas no ar) e ruído.

Segundo Roberts (1980), a vegetação absorve do meio substâncias líquidas, sólidas e gasosas, sendo algumas delas transformadas, immobilizadas e liberadas ao meio. Diferentes substâncias podem entrar na circulação das plantas e entre estas podem estar alguns poluentes atmosféricos, inclusive os composto odorantes.

A retenção das partículas do ar pelas plantas pode ocorrer por meio de filtragem efetiva, que consiste nos processos de deposição, adsorção ativa e absorção pela e sobre a

superfície foliar. O efeito de obstáculo/barreira desempenhado pela copa das árvores também reduz as possibilidades de o material particulado depositado ser novamente carregado pelo vento (FIRKOWSKI, 1990). A capacidade de filtragem da vegetação aumenta proporcionalmente ao número de folhas de cobertura por área ocupada. A contaminação do ar pode ser reduzida com a implantação de barreiras de vegetação, efeito que pode ser conseguido com árvores plantadas (ROMERO, 2001).

2.2.6 Água de Resfriamento e Efluente Líquido

Spengler (1997) comenta que a água utilizada nos FEAs da Alemanha é de circuito de resfriamento de não contato, ou seja, de contato indireto e também é utilizada em sistemas de limpeza de gases através de lavadores. Esse autor informa que as empresas siderúrgicas alemãs não utilizam mais o tratamento de gases através de lavadores. O maior uso da água está no resfriamento de equipamentos do FEA e dos dutos do sistema de captação do PAE, e a quantidade de água para resfriar estes componentes pode variar de 5 a 12 m³/h m². As plantas siderúrgicas modernas da Alemanha operam em circuito fechado de recirculação de água e, com isso, evitam a geração de efluentes e impactos ambientais. Ao longo do processo do PAE, podem ser gerados efluentes líquidos tais como lixiviados de pátios de matérias-primas, de armazenamento de PAE e de filtros lavadores de gases, vazamentos de centrais hidráulicas, entre outros. A seguir, são apresentadas informações sobre a evolução e relevância dos efluentes como forma de evitar geração de impactos ambientais.

Sperling (2002) refere que o tema “tratamento de resíduos líquidos industriais”, compõe o programa de gestão ambiental, sendo elemento-chave para a prevenção da contaminação dos mananciais pela atividade industrial. Nesse contexto, a degradação da qualidade das águas se apresenta como um dos mais relevantes problemas que devem ser compreendidos e encarados com seriedade e prioridade.

A geração de efluentes líquidos industriais é um problema complexo. De acordo com Mendonça (1991), esse tipo de efluente pode ser constituído de substâncias depletivas de oxigênio, objetáveis, corrosivas e de materiais radioativos, podendo vir a causar efeitos danosos ao meio ambiente e à saúde pública.

Chernicharo (2003) narra que, até alguns anos atrás, o tratamento de efluentes era considerado medida eficaz na resolução de problemas ambientais, causados por sua geração e disposição. Atualmente, sabe-se, no entanto, que essa medida transfere resíduos de um meio

para o outro, ou de um local para outro, não sendo suficiente para resolver os problemas a eles relacionados.

Pereira (2000) considera que, em um primeiro momento, é possível imaginar serem simples os procedimentos e atividades de controle desses resíduos líquidos na indústria. Todavia, as diferentes composições físicas, químicas e biológicas, as variações de volumes gerados em relação ao tempo de duração do processo produtivo, a potencialidade de toxicidade e os diversos pontos de geração na mesma unidade de processamento recomendam que os mesmos sejam caracterizados, quantificados e tratados adequadamente, antes da disposição final no meio ambiente.

Moura (1993) afirma que o reuso de efluentes líquidos na própria indústria pode reduzir o consumo de água em torres de resfriamento, caldeiras, lavagem de instalações e outros processos. Salienta que, além das vantagens internas, a reutilização de água também é uma forma de reduzir sua captação de mananciais e diminuir o volume de efluentes líquidos destinado ao meio ambiente. O reuso de água representa, assim, um instrumento excelente de promoção da imagem da empresa junto a comunidades e consumidores, de atendimento da legislação ambiental e uso racional das nascentes, assim como de adaptação para as mudanças na gestão dos recursos hídricos decorrentes da Agência Nacional de Águas (ANA).

2.2.7 Resíduos Sólidos

Neste estudo, foram adotadas as denominações: “coprodutos”, para caracterizar os resíduos reciclados ou reutilizados; “resíduos”, para caracterizar os demais que não são reciclados, ou que ainda não possuam uma aplicação sustentável de reciclagem e são dispostos em Centrais de Armazenamento de Resíduos (CAR). Os coprodutos possuem comprovações científicas que viabilizam o seu uso, tanto no próprio processo quanto em outros setores produtivos. O PAE é um resíduo gerado e, dependendo de sua destinação, poderá ser transformado em coproduto ou manter a denominação de resíduo.

Sanches (1995) explica que as estratégias de sustentabilidade ambiental buscam compatibilizar as intervenções antrópicas com as características dos meios físico, biológico e socioeconômico, minimizando os impactos ambientais através da menor geração de resíduos sólidos e pelo adequado manejo dos resíduos produzidos.

Conforme a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 10.004/2004, resíduos são materiais nos estados sólidos ou semissólidos, que resultam de

atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos, nessa definição, os lodos provenientes de sistemas de tratamentos 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 técnicas e economicamente viáveis, em face à melhor tecnologia disponível.

Cada grupo de resíduos tem suas recomendações de manuseio e acondicionamento segundo as NBRs, que servem como referência e critérios para o correto cumprimento da legislação. As análises e busca de bibliografias sobre a temática terão estrutura fundamentada em aspectos ambientais, econômicos e sociais, avaliando a sustentabilidade da gestão de resíduos. Os inúmeros aspectos ambientais são a potencial contaminação, principalmente do solo e da água, devido a condições de armazenamento de resíduos perigosos, transporte de resíduos e destinação final de dejetos urbanos e industriais diversificadas (BIDONE e POVINELLI, 1999).

Para estabelecer ordenamento e padrões ambientais, esses autores esclarecem que as NBRs estabelecem padrões referentes às medidas obrigatórias para armazenar, transportar e destinar os resíduos sólidos. Para armazenamento de resíduos não perigosos, é necessária área com características que permitam garantir a integridade física dos resíduos. Resíduos perigosos, contudo, devem ser armazenados em locais com bacia de contenção contra vazamentos, drenos, caixas coletoras, área coberta - com piso impermeável - e com sistemas de combate a incêndio. Os resíduos devem ser transportados para armazenamento temporário e/ou disposição final em veículos devidamente identificados. Os veículos, que fazem o transporte de resíduos perigosos, devem ter sinalização apropriada, *kits* de emergência, assim como o condutor deve ter habilitação própria para transportar produtos especiais.

Ceragioli (1998) explica que a ABNT propôs um conjunto de normas, visando padronizar, em nível nacional, a classificação dos resíduos, tendo como fundamental a utilização de listagens de resíduos e substâncias na determinação de algumas de suas características e propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, bem como na identificação presente em sua massa. Eles são classificados de acordo com seu grau de periculosidade, avaliados pelas características definidas segundo as normas da ABNT: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. A partir dessas características, os resíduos são agrupados em duas classes, a saber: Classe I e Classe II.

Segundo a ABNT NBR 10.004/2004, resíduos classe I – perigosos – são aqueles que apresentam periculosidade, conforme definido no item 3.2 da norma, ou uma das

características descritas nos itens 4.2.1.1 a 4.2.1.5, ou os que constem nos anexos A ou B desta norma. O PAE está listado sob o código de identificação K061 no anexo B, no qual estão relacionados os resíduos perigosos de fontes específicas, com a descrição lodos ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregados na produção de aço primário em fornos elétricos. O PAE apresenta os constituintes cromo hexavalente, chumbo, cádmio que lhe conferem o grau de perigoso e uma característica de periculosidade como tóxico.

Pela ABNT NBR 10.004/2004, alguns resíduos classe II – não perigosos – se encontram listados no anexo H da norma. Estes podem ser divididos em resíduos classe II A – não inertes – e resíduos classe II B – inertes. Os resíduos classe II A – não inertes – são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – perigosos – ou de resíduos classe II B – inertes –, e podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Os resíduos classe II B – inertes – são aqueles resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G.

Assumpção (2006) sugere que, para dar uma devida destinação final a qualquer tipo de resíduo, pode-se tomar como base a caracterização e identificação através do conhecimento físico e classificação segundo a ABNT NBR 14.001/2004, a avaliação do resíduo em função de sua viabilidade financeira e disponibilidade tecnológica, a avaliação de sua “reciclabilidade” ou não, além de procurar uma destinação final a ser dada ao resíduo, através da identificação de qual é o melhor processamento e a empresa que o detenha para absorver o resíduo em questão. Pode-se considerar, também, a administração interna do resíduo com práticas de controle, supervisão e monitoramento, a fim de que, continuamente, sejam identificadas e implementadas ações que objetivem a redução da geração e da agressividade do resíduo e, adicionalmente, sejam obtidas documentações. A parte mais importante do gerenciamento de qualquer resíduo é com respeito à obtenção e à guarda de documentos. Sem a documentação necessária (aprovação, controle, licenciamentos, etc.), a possibilidade de defesa das empresas geradoras, diante de processos judiciais, pode se tornar nula. E, por fim, pode-se tomar em conta a administração da destinação final, através de um plano de auditorias ambientais para constatar se os procedimentos executados estão em conformidade com os conceitos preestabelecidos.

Foster (2005) e Jardim (1998) entendem por resíduo passivo aquele já estocado na unidade, o qual muitas vezes não se apresenta totalmente agregado e identificado. Já os ativos são todos os resíduos gerados na rotina de trabalho da unidade geradora, depois de implantado um programa de gerenciamento de resíduos. O inventário de passivos e ativos é importante para que se conheça a natureza e quantidade dos resíduos gerados, ou seja, a dimensão do problema. Um inventário deve apresentar informações pertinentes à unidade geradora de resíduo, bem como do responsável por preencher o formulário. O formulário, por sua vez, idealmente deve conter espaços para que se listem as matérias-primas, insumos e produtos utilizados, assim como as etapas geradoras de resíduos e suas características.

Carvalho (2011), Drummond (2005) e Sorensen et al. (1998) referem que se tem como características relevantes a classificação do resíduo quanto ao seu inerente risco, suas possíveis incompatibilidades e os dados, estes determinantes na escolha da melhor forma de acondicionamento, armazenamento e tratamento. No Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) editou a Resolução nº 6, de 1988, que determinou o inventário dos resíduos sólidos industriais em todo o país, para identificar os pontos de geração e seus aspectos quantitativos e qualitativos – subsídios essenciais para delinear uma política adequada à sua realidade. A iniciativa não obteve sucesso, pois a grande maioria das Agências Estaduais encarregadas dos trabalhos não viabilizou recursos financeiros nem humanos para essa importante tarefa. Mais recentemente, o Ministério do Meio Ambiente retomou a questão, elaborando um projeto em âmbito nacional, que prevê o levantamento qualitativo da geração de resíduos sólidos industriais a partir de inventários em todos os estados da Federação.

Para Jardim (1998), aspecto fundamental de qualquer programa de gerenciamento de resíduo é a hierarquização das metas a serem atingidas. A implementação de uma hierarquia de decisões, explicitamente associada à adoção e à prática de várias atividades dentro de um programa de gerenciamento, é a base para o sucesso da política de gestão ambiental adotada.

O próprio Jardim (1998) e Phillips et al. (1999) afirmam que, em termos gerais, a ordem de prioridade segue a sequência de primeiro otimizar os processos, visando à redução do quantitativo de resíduos gerados e desperdícios, seguido da redução ou eliminação da geração de resíduos perigosos e reuso, reciclagem ou aproveitamento do resíduo gerado e, por último, a disposição final sem gasto de energia.

Butler e Hooper (2005), Fehr, Castro e Calçado (2000), John e Zordan (2000) e Phillips et al. (1999) ressaltam que a redução dos resíduos gerados é de caráter econômico, social e legal, já que entidades de vários países têm adotado políticas cada vez mais rígidas,

no sentido de fomentar a redução, reciclagem ou reaproveitamento dos resíduos gerados. Para D'Almeida (2000) e Jardim et al. (1995), alguns exemplos de medidas de minimização são a redução na fonte geradora, o reuso dos materiais e a reciclagem, que visam à ampliação do ciclo de vida do produto, reduzindo a extração de recursos naturais, bem como maximizando a vida útil dos aterros sanitários.

Dessa forma, a minimização de resíduos sólidos urbanos, associada à prevenção, são prioridades máximas na elaboração de qualquer plano de gerenciamento ambientalmente adequado (COMISSÃO EUROPEIA, 2000).

Em linhas gerais, Zanta (2001) esclarece que as medidas visando à minimização requerem uma significativa mudança de comportamento, tanto em nível de processo industrial e gestão do produto quanto do consumidor. Esse autor informa, ainda, que a minimização de resíduos sólidos consiste num conjunto de práticas que possibilitam reduzir a extração de recursos naturais e a geração de resíduos, maximizar a vida útil de áreas destinadas à disposição final de resíduos e ampliar a vida útil dos produtos.

No que diz respeito aos grandes geradores de resíduos, vários planos ou programas de gerenciamento têm sido propostos. Esses, na maioria, estão focados no conceito “processo limpo”, em que o gerenciamento de resíduos visa à prevenção da poluição (HILSON, 2000).

2.2.8 Pó de Aciaria Elétrica (PAE)

No processo de filtragem das emissões atmosféricas do Forno Elétrico a Arco da Aciaria a maior parte dos sólidos suspensos são removidos e o gás filtrado é lançado para a atmosfera. No processo de filtragem é obtido um coproduto ou resíduo sólido chamado Pó de Aciaria Elétrica (PAE) - ver Figura 9.



Figura 9 - Amostra de Pó de Aciaria Elétrica (PAE).

Conforme informação da empresa *Consolidated Materials Brokers* (2009), o PAE, desde 1984, é listado e regulado nos Estados Unidos da América como um resíduo perigoso, porque contém quantidades pequenas de metais pesados, principalmente o chumbo. As empresas americanas pagam elevado custo para remover, tratar e dispor o PAE. Nos EUA, são geradas mais de 500.000 toneladas desse resíduo por ano. Por muitos anos, o PAE foi enviado à Pensilvânia para tratamento térmico e disposição em CAR, com custos que superavam os US\$100/tonelada. Em adição à grande responsabilidade das empresas siderúrgicas, o PAE disposto nas CARs possui significativa e valiosa quantidade de óxido de zinco recuperável.

Brehem (2004) afirma que, em nível mundial, os processos utilizados para a reciclagem externa do PAE focam na recuperação do zinco. O percentual desse elemento no PAE vem crescendo, ao longo dos anos, devido ao incremento de sucatas de aços galvanizados na carga do FEA. Ao reutilizar a sucata galvanizada, o zinco evapora durante a fase de fusão no FEA, ficando retido no PAE. No Brasil, a reciclagem de sucata galvanizada está em fase de expansão. O PAE ainda contém baixo teor de zinco para tornar economicamente viável os processos de reciclagem e a sua quantidade gerada pode variar de 10 a 20 kg de PAE/tonelada de aço produzido, dependendo das condições e tipo de produção.

Segundo Matsuoka et al. (1991), o objetivo dos desenvolvimentos realizados pela Sumitomo Technology é reduzir os custos para recuperar os constituintes na sua forma metálica, isto é, zinco e chumbo, em lingotes e ferro fundido, que podem ser reciclados em fornos siderúrgicos, economizando calor sensível, materiais ferrosos e carbono. A composição típica do PAE e a sua distribuição granulométrica estão apresentadas nas Tabelas 4 e 5. Nessas tabelas, a maior concentração é dos elementos ferro e zinco. A maior concentração de massa se encontra distribuída na faixa de partículas que estão abaixo de 1 microm (0,001 mm), caracterizando assim um sólido com granulometria muito fina.

Para referenciar com características de PAE brasileiro, a Tabela 4 mostra os resultados da composição obtidos por Marques Sobrinho et al. (2010). Quanto à distribuição granulométrica, Marques Sobrinho (2010) informa que 10% da amostra possui diâmetro da partícula menor que 0,672 μm , sendo que 90% do material apresenta granulometria inferior a 17,070 μm . A área da superfície específica da partícula é de 3,81 m^2/grama .

Tabela 4 - Composição típica do PAE (% Massa) (MATSUOKA, et al., 1991 e MARQUES SOBRINHO, et al., 2010)

Fonte	Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	ZnO	PbO	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃
Matsuoka	30,2	2,8	40,0	24,2	4,1	5,1	4,8	1,3	2,4
Marques	58,3	-	-	14,2	1,18	4,7	4,18	1,52	0,48

Fonte	MnO	P ₂ O ₅	Na+K	Cu+Ni	C	S	Cl ⁻	Perda ao fogo
Matsuoka	2,8	0,5	0,4	0,9	1,7	0,6	3,3	5,3
Marques	2,05	0,5	-	-	-	0,9	1,43	-

Tabela 5 - Distribuição granulométrica do PAE (% Massa) (MATSUOKA et al., 1991)

µm	> 30	15	8	4	2	1	< 1
%	2,5	2,7	1,9	4,6	10,5	22,6	45,4

Com relação aos principais compostos cristalinos, Vargas et al. (2010) e Machado (2013) realizaram o espectro de difração de raios X (DRX) em amostras de PAE e relatam a presença de Quartzo (SiO₂), Hematita (Fe₂O₃), Franklinita (Fe₂O₃ZnO), Zincita (ZnO), Cromita (FeO.Cr₂O₃), Magnetita (Fe₃O₄), Magnésio Ferrita (MgFe₂O₄), Cálcio Magnetita (Ca_{0,15}Fe_{2,85}O₄), Periclase (MgO) e Óxido de Manganês (Mn₃O₄). Cabe destacar que a caracterização dos compostos cristalinos presentes no PAE é de elevada importância para os estudos de viabilidade de recuperação deste coproduto.

O relatório sobre tecnologias para o tratamento e/ou reciclagem de Pós de Aciarias, desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS), Natrontec e Hatch Associates (1996), apresentou inventário sobre a quantidade de pó gerado nas empresas siderúrgicas em relação à quantidade de aço produzido em empresas que produzem aço carbono baixa liga e inoxidável. Os valores variam de 1,4% (na Itália) a 1,8% (no Japão), conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Coeficiente de geração de (PAE) (% de pó gerado / produção de aço)-(Instituto Brasileiro de Siderurgia - IBS, 1996)

Canadá	EUA	México	Argentina	Alemanha	Itália	Japão	Média
1,5	1,7	1,6	1,6	1,6	1,4	1,8	1,7

Madias (2009) destaca que, ao se observar a indústria siderúrgica e a do zinco, deve-se levar em conta que 80% do zinco produzido se destina à galvanização de aços. Existe uma tendência da demanda da chapa galvanizada e, também, da geração da sucata galvanizada. Portanto, se pode prever um incremento do conteúdo de zinco no PAE. A evolução do percentual de sucata de aço inoxidável, sobre o total de sucata em FEAs de boa qualidade, variou de 30%, em 1989, para 39%, em 2000.

Para redução dos níveis de compostos organoclorados no PAE, tais como dioxinas e furanos, a United Nations Environment Programme (UNEP 2006) informou as melhores técnicas disponíveis “*Best Available Techniques (BAT)*” e as melhores práticas ambientais “*Best Environmental Practices (BET)*” no encontro realizado em Genebra, Suíça, entre 19 e 24 de novembro de 2006, como continuidade da Convenção de Estocolmo sobre organoclorados. Na Parte II do documento da UNEP, são apresentadas as melhores tecnologias do processo metalúrgico. Na parte III, é apresentada a tecnologia associada às plantas de Shredder, que realiza o tratamento de veículos no fim da vida útil (sucata).

O verdadeiro problema hoje não é saber se os metais pesados são tóxicos ou não, pois está confirmado que são tóxicos, mas sim identificar as concentrações que possam produzir efeitos nocivos ao ambiente e pessoas. A gravidade da contaminação por metais pesados é ainda ampliada pelo fato de que eles são geralmente solúveis em água, não degradáveis, vigorosamente oxidantes e estão fortemente ligados a muitos produtos bioquímicos, inibindo suas funções básicas (SINGARE, 2012).

2.2.9 Tecnologias para Tratamento do PAE

Este trabalho apresenta, através das Tabelas 7 a 13, a compilação da *Steel Manufacturer’s Association - K061 - Processing Options Subcommittee (2010)* sobre as tecnologias que estão em uso corrente ou consolidadas, as que estão em construção ou desenvolvimento, as para dispor o PAE em CAR (*landfarming*), as que têm um potencial futuro e as consideradas históricas. O código K061, adotado pela Steel Manufacturer’s

Association, refere-se à classificação do PAE como resíduo perigoso nos EUA, o qual corresponde à mesma identificação dada pela norma brasileira ABNT NBR 10.004/2004.

As opções de processos correntes das Tabelas 7 e 8 são constituídas por tecnologias de empresas que estão em operação e prestando serviço a clientes dentro e fora dos EUA. Essa tecnologia foi integralmente desenvolvida, satisfatoriamente testada em escala industrial e possui um porte suficiente para demonstrar sua viabilidade econômica. A lista de opções de tecnologias correntes procura elencar as que estão disponíveis de forma comercial.

As opções de processos em desenvolvimento da lista - Tabela 9 - relacionam tecnologias para a preparação do PAE, visando à disposição final em aterros industriais.

As opções de processos em desenvolvimento da lista, relativas à Tabela 10, referem as que foram testadas em escala industrial piloto, cujos dados atendam à demanda tecnológica. Não é necessário que esteja em escala industrial, porém deverá estar habilitada para tal. Projetos de pesquisa, desenhos teóricos, modelos laboratoriais e tecnologias, ainda não validados, não fazem parte dessa lista de opções, e sim daquelas que tenham um elevado potencial comercial para o futuro.

As opções daquelas tecnologias para reciclagem corrente para o PAE, ou seja, as tecnologias em que o PAE retorna para o próprio processo, estão mostradas na Tabela 11. Quanto à Tabela 12, esta apresenta as tecnologias que estão em desenvolvimento com potencial futuro de reciclagem do PAE.

As opções de processos históricos da lista (Tabela 13) relacionam as tecnologias que já foram incluídas nas listagens anteriores, e que são apresentadas com o propósito de referência comercial ou potenciais opções que foram tentadas, retiradas de serviço ou descontinuadas.

Tabela 7 - Tecnologias correntes nos EUA para o PAE, segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010).

Associação das Indústrias do Aço K061 - Subcomitê de Alternativas de Processamento						<i>Alternativas Correntes</i>
Atualização em março de 2010						
Alternativas de Reciclagem Atuais dos EUA para K061						
Nome do Processo	Fabricante(s), Comitativa	Descrição do Processo	Produtos do Processo	Usuários do Processo	Status Atual do Processo	Notas
Waelz Kiln dois estágios	Horsehead Corp. - 401 Delaware Avenue - Palmerton, PA 18071 Mary L. Wingert http://www.zinccorp.com or horseheadcorp.com (800) 253-5579, fax (610) 826-8993	Recuperação metálica a alta temperatura.	Óxidos de zinco e chumbo e ferro.	Horsehead Corp -Chicago, IL, Palmerton, PA and Rockwood, TN	Processo totalmente operacional. Empregado para o pó gerado na maior parte dos fornos FEA dos EUA.	
Reator de Chama	Horsehead Corp. - 401 Delaware Avenue - Palmerton, PA 18071 Mary L. Wingert http://www.zinccorp.com or horseheadcorp.com (800) 253-5579, fax (610) 826-8993	Fusão ciclônica.	Óxidos de zinco e chumbo e material ferroso.	Horsehead Corp, Gerdau Ameristeel Beaumont, TX	Totalmente operacional.	Unidade parada devido a condições de negociação e custos do gás natural.
INMETCO	INMETCO P.O. Box 720, 245 Portersville Road Ellwood City, PA 16117 http://www.inmetco.com (412) 758-2800, fax (412) 758-9311 John C. Onuska Jr., Env.-Health-Safety Mgr.	Arco submerso secundário. Forno de fundição (forno rotativo).	Níquel metálico, ferro, cromo. Escória e fluxo do pó em filtros.	INMETCO	Bem estabelecido somente para a maioria das empresas de pó em ligas.	
Waelz	Zinc Nationale - 13209 Highway 96; PO Box 819 - Millport, AL 35576-0819 (205) 662-8801; fax (205) 662-8802 http://www.steeldust.com Russ Robinson, CEO; Tom Knepper, Gen. Mgr.	Recuperação metálica a alta temperatura.	Óxidos de zinco e chumbo e escória de ferro.	Millport, AL	Totalmente operacional.	Zinc Nationale adquiriu a Steel Dust Recycling - SDR.

Tabela 8 - Tecnologias correntes fora dos EUA para o PAE, segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010).

Atuais Alternativas fora dos EUA de Reciclagem para K061						
Nome do Processo	Fabricante(s), Comitiva	Descrição do Processo	Produtos do Processo	Usuários do Processo	Status atual do processo	NOTAS
Ausmelt - Top Submerged Lancing (TSL)	Ausmelt Limited, 12 Kitchen Road Dandenong Melbourne Victoria Australia www.ausmelt.com.au info@ausmelt.com.au Markus Rueter, +61 (3) 9794 6200	Topo de lança submersa forno TSL reduz PAE e outros materiais de comportamento metálico para recobrimento de porções de metal não ferroso	Óxidos de zinco e chumbo e escória.	Korea Zinc, Korea	Atualmente em operação na Korea Zinc.	Korea Zinc funde PAE em um forno Ausmelt TSL atualmente para recuperação de zinco.
Electrothermic	Onahama Smelter	St. Joseph tipo processo em forno eletrotérmico.	Óxidos de zinco bruto e escória ferrosa.	Japão	Bem estabelecido no Japão. Instalação única.	30.000 t/ano unidades de pó fundido FEA e resíduos de zinco.
MF (Misui Furnace Process)	Miike Smelter	Misui Furnace Process, fusão em mini alto-forno (<i>half-shaft</i>).	Óxidos de zinco bruto e escória ferrosa.	Japão	Bem estabelecido no Japão. Instalação única.	70.000 TPY unidades de pó fundido FEA e resíduos de zinco.
ScanArc	ScanArc Plasma Technologies AB P.O. Box 41 S-813 21 Hofors, Sweden Sven Sante'n, +46 290 230 50 http://www.scanarc.se/	Tochas de arco de plasma sem transferência, funde o pó, carvão e fluxo misto. Zinco coletado em condensador <i>splash</i> . Ferro e escória com vazamento convencional.	Liga de ferro, óxido de zinco, zinco metálico se empregado o condensador splash, Escória	Scandust/ BUS Steel Services GmbH	Consolidado na Europa. Ligas somente recentemente	
Waelz - um estágio	BUS Steel Services GmbH Albert-Hahn-Str. 9 D-47269 Duisburg Tel.: +49-203-8093-0 Fax: +49-203-8093-195 http://www.bus-steel.com/en/index.html	Recuperação metálica a alta temperatura no forno Waelz.	Óxidos de zinco e chumbo e material rico em ferro (escória).	Japão, Alemanha, Itália	Totalmente operacional. Maioria das empresas internacionais.	Normalmente utiliza lavagem com óxidos para remover os cloretos devido às emissões de efluentes líquidos.
Waelz - um estágio	Zinc Nacional, S.A. Serafin Pena 938 Sur 64000 Monterrey, N.L., Mexico Phone: (8) 342-68-61, 344-42-43 Fax: (8) 344-34-46	Recuperação metálica a alta temperatura.	Óxido de zinco densificado, sulfato de zinco, cádmio metálico, sulfato de chumbo, escória ferrosa.	Zinc Nacional, S.A. Monterrey, Mexico	Totalmente operacional, tentando expandir a presença no mercado.	

Tabela 9 - Opções de Aterros nos EUA para o PAE, segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010).

Atuais Alternativas de Aterro nos EUA para o K061						
Nome do Processo	Fabricante(s), Comitiva	Descrição do Processo	Produtos do Processo	Usuários do Processo	Status atual do processo	NOTAS
Processo de Estabilização e disposição em aterro	EnviroSafe Services of Ohio, Inc. (ESOI) 876 Otter Creek Road, Oregon, OH 43616-7571- http://www.envirosafeservices.com - (419) 698-3500, (419) 698-8663	Tratamento K061 por processo CSI (Super DetTox) e disposição em aterro.	NENHUM	ESOI	Empresas licenciadas para aterros industriais do K061	
Processo de Estabilização e disposição em aterro	Peoria Disposal Company (PDC) 4700 N. Sterling Ave., Peoria, IL 61615-3647 Ron Edwards, VP Development & Operations http://www.pdcarea.com (309)688-0760, fax (309)688-0881	K061 estabilização e disposição em aterro, conforme Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) <i>Subtitle C</i> , da Environmental Protection Agency (EPA).	NENHUM	PDC	Empresas licenciadas para aterros industriais do K061	Indian Creek facility, Hopedale, IL aberto em Julho de 2004 para fazer delistagem de materiais.
Processo de Estabilização e disposição em aterro	Heritage Environmental Services, LLC 7901 W. Morris Street, Indianapolis, IN 46231-3301 317-243-0811, 317-486-2985 fax http://www.heritage-enviro.com	K061 estabilização e disposição em aterro RCRA <i>Subtitle C</i> (material K061 estabilizado foi delistado com o processo Heritage em NUCOR-Crawfordsville).	NENHUM	Heritage	Empresas licenciadas para aterros industriais do K061	
Processo de Estabilização e disposição em aterro	CWM-Emelle (div. of WMI) -Highwat 17 North, Mile Marker 163 - Emelle, AL 35459, http://www.wm.com	K061 estabilização e disposição em aterro RCRA <i>Subtitle C</i> .	NENHUM	CWM	Empresas licenciadas para aterros industriais do K061	
Processo de Estabilização e disposição em aterro	Environmental Quality Company 36255 Michigan Avenue, Wayne, MI 48184 1-800-592-5489, http://www.eqonline.com	K061 estabilização e disposição em aterro RCRA <i>Subtitle C</i> .	NENHUM	Wayne Disposal	Empresas licenciadas para aterros industriais do K061	Capacidade de processo 200.000 TPY.
Processo de Estabilização e disposição em aterro	Waste Control Specialists LLC -2707 Shaver, Pasadena, TX 77502 – tel.(713) 944-5900, fax (713) 944-2388 http://www.wcstexas.com	K061 estabilização e disposição em aterro RCRA <i>Subtitle C</i> .	NENHUM	WCS Andrews County, TX	Empresas licenciadas para aterros industriais do K061	
Estabilização e disposição em aterro	American Ecology 300 E Mallard Dr., Suite 300, Boise, ID 83706 http://www.americanecology.com (800) 274-1516, Fax (208) 834-2919	K061 estabilização para critérios de delistagem e disposição em aterro RCRA <i>Subtitle C</i> .	NENHUM	US Ecology Grand View, Idaho-Robstown, TX-Beatty, NV	Empresas licenciadas para aterros industriais do K061	Mercado de serviços atual a oeste de Mississippi River devido à acordo com ESOI.
Aterro Industrial	Clean Harbors Environmental Services 1501 Washington Street, P.O. Box 859048 Braintree, MA 02185-9048 http://www.cleanharbors.com/index.html (781) 849-1800, (800) 282-0058	K061 misturado com lodo e dispostos em aterros de Ontario.	NENHUM	Clean Harbors sites London, ON, CA Sarnia, ON, CA Corunna, ON, CA	Empresas licenciadas para aterros industriais do K061	Aterros Canadenses utilizando K061.
Processo de Estabilização e disposição em aterro	STABLEX CANADA INC. 760 Industrial Blvd. Blainville, Québec, J7C 3V4, Canada (450) 430-9230, http://www.stablex.com/	K061 estabilização por processo STABLEX e disposto em aterro licenciado.	NENHUM	Stablex Canada Central de Resíduo do Governo de Quebec	Empresas licenciadas para aterros industriais do K061	Aterros Canadenses utilizando K061.
Processo de Estabilização e disposição em aterro	MAX Environmental-1815 Washington Road Pittsburgh, PA 15241-1498 -(412) 343-4900 http://www.maxenvironmental.com/	K061 estabilização para critérios de delistagem e disposição em aterro RCRA <i>Subtitle C</i>	NENHUM	Yukon, PA	Instalação inaugurada em Yukon, PA.	

Tabela 10 - Processos correntes em construção ou em fabricação no mundo para o PAE, segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010).

K061 Processos "Em construção" ou "Analisando contrato" (dentro e fora dos EUA)						
Nome do Processo	Fabricante(s), Comitiva	Descrição do Processo	Produtos do Processo	Usuários do Processo	Status atual do processo	NOTAS
IMM-GTI	Indiana Melting and Manufacturing, LLC 525 S.W. Camden Avenue Stuart, FL 34994 Larry Brodie, CFO, 772-221-0110	Forno de combustão submersa. Produção de materiais ferrometasilicatos abrasivos.	Abrasivos cerâmicos de qualidade. Mercado de jateamento de granalha.	Tecnologia emergente afiliada com Institute of Gas Technology-Chicago e Gas Institute of Kiev.	Tecido mineral comercial. Em operação na Ucrânia, planta piloto operacional nos EUA.	Operação comercial sendo construída em Western IN (CY2006- 2007) no Center Township, La Porte County. Total de fornos, 4, em construção, 1, ampliado com mais 3, 60 toneladas de PAE/dia, capacidade de produção 100 t/dia/forno.
Heritage Env. PIZO (ferro esponja e óxido de zinco)	Heritage Environmental Services, LLC 7901 W. Morris Street Indianapolis, IN 46231-3301 317-243-0811, 317-486-2985 fax http://www.heritage-enviro.com	Processo por forno de indução para a produção de ferro esponja a partir de materiais ferrometálicos de mercado. Óxidos não ferrosos crus coletados para serem refinados em produtos não ferrometálicos em outras indústrias. Processo contínuo (<i>fast batch</i>).	Ferro esponja. Óxidos não ferrosos crus.	Em construção na NUCOR-Yamato.		Nenhuma atualização disponível.
ZincOx	ZinOx Resources plc 7 Tanners Yard, London Road Bagshot Surrey, GU19 5HD, United Kingdom Tel: +44 (0)1276 455700 Fax: +44 (0)1276 850015 www.zincox.com	Processo ZincOx pelo processo de estripagem (lingotes) alcalina para remoção de porções de zinco do PAE em forma de carbonato de zinco (ZnCO ₃), calcinar o óxido de zinco (ZnO) para vender na indústria de pneus e outros mercados de óxido de zinco.	Óxido de zinco resíduo ferroso para dispor em aterros.	ZinOx Resources plc	Planta em construção na <i>Aliaga Zinc Recycling Project</i> na Turquia Planta será operada por ZincOx Resources plc.	
ZincOx – EnviroSafe Services of Ohio, Inc. (ESOI)	Alliance of ZincOx & ESOI EnviroSafe Services of Ohio, Inc. (ESOI) 876 Otter Creek Road Oregon, OH 43616-7571 http://www.envirosafeservices.com (419) 698-3500, (419) 698-8663 fax ZinOx Resources plc www.zincox.com	Redução no Rotary Hearth Furnace (RHF) para DRI/HBI e posterior processo ZincOx pelo processo de estripagem (lingotes) alcalina para remoção de porções de zinco do PAE em forma de carbonato de zinco (ZnCO ₃), calcinar o óxido de zinco (ZnO) para vender na indústria de pneus e outros mercados de óxido de zinco.	Óxido de zinco DRI/HBI na forma de RHF.	ZincOx, EnviroSafe Services of Ohio, Inc. (ESOI)	Equipamento do processo comprado. Em construção.	BRZ site Sauget, IL and ZincOx site Delta, OH está em construção. Início de operação prevista para final de 2011

Tabela 11 - Processos correntes para reciclagem do PAE no mundo segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010)

Processos de Reciclagem por FEA (dentro e fora dos EUA)						
Nome do Processo	Fabricante(s), Comitativa	Descrição do Processo	Produtos do Processo	Usuários do Processo	Status atual do processo	NOTAS
Processo Carbofer	S.I.T. America, Inc. 100 South Braddock Avenue, Suite 304 Pittsburgh, PA 15208 Jason Carfagna, VP Operations Phone: 412-371-8114, Fax: 412-371-8115 SITAmerica@aol.com	Carepa oleosa, PAE, lodos e outros resíduos siderúrgicos são misturados com carbono e cal, peneirados e curados. Material curado ou beneficiado é um pó seco injetado no FEA como uma escória carbono espumante.	Carbofer.	Co-Steel Sheerness	Planta de larga escala operando em Co-Steel Sheerness desde abril de 1998. A Sheerness Steel encerrou a operação devido ao Mercado de aço britânico e europeu.	STEIN <i>Injection Tech.</i> (SIT) fez um acordo com Heckett e está comercializando a tecnologia nos USA e Europa.
FASTMET/FASTMELT	Midrex Direct Reduction Corporation 201 S. College St. Charlotte, NC, USA, 28244 704-373-1600, fax 704-373-1611 www.midrex.com Kenneth E. Joyner, Sales Development Mgr.	Briquetagem de resíduos de ferro, PAE, e reduzindo para DRI/HBI produto para matéria-prima do FEA. Óxidos crus coletados e vendidos no mercado de óxido de zinco. Fastmelt funde o DRI/HBI em ferro esponja para venda ou reuso.	DRI/HBI. Óxidos de zinco crus e ferro esponja.	Kobe Steel Tokyo, Japan	Planta de larga escala operando em Kobe Steel, Tokyo, Japan.	Tentando expansão no mercado dos EUA.

Tabela 12 - Processos em desenvolvimento potencial ou futuro para reciclagem do PAE segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010)

Processos em Desenvolvimento Potencial/Futuro						
Nome do Processo	Fabricante(s), Comitiva	Descrição do Processo	Produtos do Processo	Usuários do Processo	Status atual do processo	NOTAS
ADPL	Philip Services (Europe) Limited Bridge House, Heron Square Richmond, Surrey. TW9 1EN, United Kingdom 44 (0) 181 9489600, fax 44 (0) 181 9489601 Kevin A. Holliday, Manager Mill Services	Peletizador, forno de tratamento térmico e forno de redução. Variação da tecnologia Waelz.	DRI (>95% metalização) 92-98% óxidos de zinco.	Tecnologia emergente. Sem aplicação comercial atualmente.	Phillip está continuando a investigação na Allied Steel & Wire, Cardiff, Wales, Inglaterra na planta de processo ADPL.	Processo é operacional e disponível para visita local desde setembro de 1999 na Allied Steel & Wire localizada na Cardiff, Wales, United Kingdom ADPL é uma <i>joint venture</i> entre Philip Europe, Allied Steel, e Metal Red. Proc. Ltd.
AusIron	Ausmelt Limited 12 Kitchen Road Dandenong Melbourne 3175 Victoria Australia www.ausmelt.com.au info@ausmelt.com.au David Sherrington, +61 (3) 9794 6200	Forno <i>Top Submerged Lance</i> (TSL) reduz o PAE, minérios ferrosos, materiais metálicos de rolamentos para ferro esponja sem formação de coque. (versão de maior temperatura dos fornos Ausmelt. TSL está em operação).	Ferro, óxidos de zinco e chumbo e escória.		Planta de demonstração em operação em Whyalla, Australia	Testes estão sendo realizados em diversos pós e outros materiais metálicos em Whyalla, Australia.
DSM (sistema de tratamento de poeira-escória)	Daido Steel Co., Ltd. Chita Works Nagoya, Japan Shigeki Matsuoka - Sr. Engineer	Poeira, carbono e mistura de óleo pesado injetados através de lança de oxigênio especial em forno de combustão. A mistura queima a 2.800 °C no forno. Escória é injetada pela lateral do forno. A escória líquida é vazada pela parte de baixo do forno Os fumos são coletados para reciclagem.	Escória beneficiada, poeira de zinco (50-60% Zn).	Tecnologia emergente. Chita Works-Daido Steel.	100 t/dia operando em Chita Works por mais de 4 anos.	Daido Steel está procurando tecnologia de Mercado comercial.
EMEW	Electrometals Technologies Limited 28 Commercial Drive Ashmore, Queensland, 4214, Australia Phone: +61 7 5526 4663 Fax: +61 7 5526 4680 Peter Becker - Tech Sales Rep. email: pbecker@electrometal.com.au www.electrometals.com.au	Processo de lixiviado caústico em parceria com recuperação por eletrólise de metais na solução para produzir produtos metálicos pulverizados para briquetagem ou para transformar em lingotes. Células fechadas permitem a captura e manejo de misturas ácidas e gases produzidos durante a recuperação por eletrólise de metais na solução.	Pó de zinco, resíduos ferrosos e pós metálicos diversos.	Tecnologia emergente. Sem aplicação comercial atualmente.	Atualmente testando a tecnologia EMEW em uma siderúrgica australiana para uso no tratamento de poeira de FEA.	Electrometals Technologies Limited está tentando expandir no mercado dos EUA e está à procura de plantas para comprar e instalar a tecnologia.
Enviroplas	Pyromet CC/Mintek (partnership) 7th Floor, Alris Bldg., 3 Rissik Street Johannesburg, S. Africa 2001 27 11 832-1821, fax 27 11 834-1940 contact - David Pheiffer, Mg. Director	Forno de eletrodo oco DC, arco de plasma funde PAE, carvão, mistura de fluxo. Zn coletado em condensador <i>splash</i> . Ferro e escória vazados convencionalmente.	Zinco metálico se utilizado condensador <i>splash</i> Óxidos, escória, ferro.	Tecnologia emergente. Sem aplicação comercial.	Planta piloto integrada em construção. Aplicação das ligas planejadas no Canada.	Situação incerta.

Continuação Tabela 12

Processos em Desenvolvimento Potencial/Futuro						
Nome do Processo	Fabricante(s), Comitiva	Descrição do Processo	Produtos do Processo	Usuários do Processo	Status atual do processo	NOTAS
INDUTECH-EZINEX	Engitec Technologies, Srl Via Borsellino e Falcone, 31 20026 Nonate Milanese Phone: 011-3902-382071 Fax: 011-3902-3562086 http://www.engitec.com/ Oliviero Lanzani: o.lanzani@engitec.com general email: info@engitec.com	Forno de indução acoplado com processo hidrometalúrgico recuperação por eletrólise de metais na solução para zinco metálico de cloreto de amônio eletrolítico, cimentação de chumbo, cádmio, cobre etc, em torta de chumbo.	99,5-99,99% zinco metálico, torta de chumbo, cloretos alcalinos e ferro-gusa.	Ferriere-Nord, Osoppo, Italy	Processo comprovado operando a mais de 4 anos e 10.000 t/ano na Ferriere-Nord em Osoppo, Italy. Nova planta maior 50.000 t/ano foi permitida. Pitini não está procedendo com a planta devido à contrato comercial com BUS.	O Grupo Pittini recebeu aprovação do Governo Italiano para a construção de uma planta 50.000 t/ano no NE Italy. Engitec também está comercializando a tecnologia na America do Norte.
INDUTECH Process	Engitec Technologies, Srl Via Borsellino e Falcone, 31 20026 Nonate Milanese Phone: 011-3902-382071 Fax: 011-3902-3562086 Oliviero Lanzani: o.lanzani@engitec.com general email: info@engitec.com	Processo por forno de indução para a produção de ferro-gusa a partir de materiais metálicos para venda em mercado. Óxidos não ferrosos crus coletados para serem refinados em produtos não ferrosos por processador não ferroso. Processo em batelada.	Ferro-gusa, óxidos não ferrosos crus.	Tecnologia emergente. Sem aplicação comercial atualmente nos EUA.	30.000 t/ano testada na Ferriere-Nord em Osoppo, Italy em 1996.	Engitec está comercializando a tecnologia na europa e está se empenhando para expandir o comércio para os EUA.
Kawasaki Steel Process	Kawasaki Steel Corp. of Japan Chiba Works, Japan Dr. Hiroshi Itaya	Forno de fundição com dois níveis de ventaneiras, injeção de sopradores de poeira e coletor de zinco gaseificado.	Zinco metálico, ferro-gusa e escória.	Tecnologia emergente. Sem aplicação comercial atualmente.	Planta piloto de 10 toneladas em uso para pesquisa. Planta comercial 100 toneladas para ser completada em 1999.	Situação incerta.

Continuação Tabela 12

Processos em Desenvolvimento Potencial/Futuro						
Nome do Processo	Fabricante(s), Comitiva	Descrição do Processo	Produtos do Processo	Usuários do Processo	Status atual do processo	NOTAS
Phoenix (PEL)	Phoenix Environmental Ltd., (PEL) 158 Tebbs Road Montgomery, PA 17752 570-547-2412, fax 570-547-2479 Jeff Cheetham, General Manager e-mail: peltek1@aol.com	Reator de ferro-oxigênio utiliza materiais ferrosos para produzir magnetita esférica. Óxidos não ferrosos (Zn, Pb, etc.) são coletados para comércio no mercado de óxido de zinco.	Magnetita esférica e óxidos de zinco crus.	Timken	Timken está construindo prédio para Phoenix a fim de instalar o processo em Canton, OH facility. O processo foi comprovado por mais de 11 anos. Está em pesquisa e desenvolvimento.	Phoenix está visando expandir suas operações para outras aciarias no futuro. Ohio EPA classificou o PAE utilizado no processo PEL como matéria-prima.
PRIMUS	Paul Wurth Inc.-Stealth Tech Center 333 Technology Drive Cannonsburg, PA 15317 (724) 873-7200, fax (724) 873-7299 Paul Wurth - paulwurthinc@paulwurth.com Dr. Robert Heard, technical contact (412) 831-2036, heardr@yahoo.com	Processo de ustulação de multi-soleira é carregado com carvão e finos de óxido de ferro. Produz ferro sólido pré-reduzido e ZnO quando utiliza PAE empregado como matéria-prima de FeO. 70.000 t de capacidade.	Ferro esponja e óxidos de zinco.	Arbed, Luxemburgo	Unidade piloto operacional em uso na Arbed em Luxemburgo.	
Processo de Estabilização e aterro industrial	MAX Environmental 1815 Washington Road Pittsburgh, PA 15241-1498 Phone: 412-343-4900 Fax: 412-854-5536	Estabilização do PAE para delistá-lo como perigoso e dispô-lo em aterros. MAX adiciona produtos químicos e mistura até formar uma massa uniforme. Realiza testes químicos nas amostras para assegurar que está estável em ambientes ácidos, neutros ou básicos.	Nenhum	Yukon, PA	Yukon, PA. Instalação em construção.	
Processo TECOAER	TECOAER, Srl 20060 Gessate (MI) - Viale ITALIA, 68 Mr. Guglielmo Bodino, President Mr. Dario Bodino, Technical Contact Phone: 011-3902-95382351 Fax: 011-3902-95382363 email: tecoer@wind.it.net	Escória do FEA, carepa, PAE, escória branca (lingotamento contínuo/panelas) produzida na unidade de sinterização/peletização. Óxidos não ferrosos crus coletados da sinterização (900-1000 °C) antes do alto-forno de pequeno porte.	Ferro-gusa e óxidos não ferrosos crus.	Tecnologia emergente.	6.000 t/ano de capacidade por unidade de ferro-gusa. Iniciou em uma siderúrgica italiana em 2002.	Procura parceiros para implantar plantas. Plano de negócios é operar unidades no local para entregar ferro-gusa quente para siderúrgicas. TECOAER deseja manter a propriedade e operação das unidades. Pequeno protótipo de 10 m x 20 m.

Tabela 13 - Processos históricos para reciclagem do PAE segundo Steel Manufacturer's Association K061 Processing Options Subcommittee (2010)

Alternativas K061 Históricas				
Nome do Processo	Fabricante(s), Comitiva	Descrição do Processo	Produtos do Processo	Usuários do Processo
ALLMET	ALLMET Technologies No. 3 Neshaminy Interplex, Suite 113 Trevose, PA 19053 Dr. John Pargeter, 215-638-2640	Forno de fundição (forno de rotação) reduz ferro, forno DC de arco de plasma reduz óxidos de zinco e de chumbo, sais separados como camada fundida no topo de zinco e chumbo, zinco e chumbo separados por lenta redução da temperatura para reduzir a solubilidade do chumbo no zinco, separados como camadas.	Produto DRI, zinco metálico, chumbo metálico, cloretos de sódio e de potássio, escória.	
Processo Cashman	A joint venture between Chem. Waste Mgmt. and Amer. Metals Recovery Corp. contact: Doris J. Bjorn, Sr. Acct. Exec., Chem Waste (425) 823-6164, fax (425) 814-7868	Processo de lixiviação de CaCl e HCl. Lixiviados tratados com poeira de zinco para precipitar metais pesados. ZnO e gipsita separados da solução nas etapas finais.	Resíduo ferroso, barras de de chumbo, cádmio esponja, óxido de zinco e gipsita.	
Enviroscience	Enviroscience, Inc. (ESI) 131 Airway Drive Hot Springs, AR 71901 501-624-0181	Processo pirometalúrgico, utiliza revestimento gasto de painéis como redutor.	Óxido de zinco, ferro-gusa prateado, fibra mineral.	
Vitrificação	Glassification International LTD. Issaquah, WA	Produz fritas de vidro do PAE (partículas escuras com tamanho médio de 3 mm) utilizando tecnologia de forno a gás.	Fritas de vidro grânulos de abóboda outros produtos relacionados.	
Vitrificação	Penberthy Electromelt Int'l. Inc. Seattle, WA	Produz vidro de poeira de FEA utilizando tecnologia de forno elétrico.	Grânulos de vidro, grânulos de abóboda.	
Hi Plas	Davy McKee Limited Stockton-On-Tees, England agent- Hekett Technology Services, Inc. 610 N. Main St., P.O. Box 710 Butler, PA 16001-4307 (412) 283-5741, fax (412) 283-2251 contact- Davy McKee, Sam Ayars	Corrente elétrica contínua DC transferida através do arco elétrico ao carvão, fluxo misto e PAE injetado pneumáticamente. Zinco coletado em condensador splash. Ferro/escória vazados convencionalmente.	Zinco metálico se utilizado o condensador splash e óxidos.	

Continuação Tabela 13

Alternativas K061 Históricas				
Nome do Processo	Fabricante(s), Comitiva	Descrição do Processo	Produtos do Processo	Usuários do Processo
IBDR-ZIPP (Iron Bearing Dust Recovery- Zinc Iron Plasma Process)	Philip Environmental 651 Burlington Street East P.O. Box 423, Depot 1 Ontario, Canada L8L 7W2 (905) 544-6687, fax (905) 548-8444 V.S. (Vic) Perron, Dir. of Corp. Bus. Dev.	Forno de queima com plasma de eixo vertical com recuperação dos gases captados com óxido de zinco.	Ferro, escória, óxido de zinco e óxido de chumbo.	
IMS Plasma	IMS Plasma	Forno elétrico de arco de plasma.	Óxidos, zinco metálico se utilizado condensador. <i>splash</i>	
Intech Process	Intech Group, Inc. 340 Stagg Street Brooklyn, NY 11206 (212) 848-0207 Mr. Michael Caridi, President	Vitrificação do PAE em produtos abrasivos inertes.	Abrasivos inertes.	
Rotary Hearth Furnace (RHF) Process	Maumee Research & Engineering, Inc. 8015 Rinker Point-Northwood, OH 43619 419-666-4188, fax 419-666-2274 Valdis R. Diaga, P.E., Project Manager	Briquetagem de subprodutos ferrosos, PAE e reduzindo para DRI/HBI matéria-prima de FEA. Óxidos crus coletados e vendidos no mercado de óxido de zinco.	Produto DRI/HBI. Óxidos de zinco crus.	Mitsubishi detém os direitos da Maumee RHF Technology Maumee units shutdown nos EUA.
METALO	Metalo, S.A. de C.V. Calle Cecilio Garza No. 301 Col. Fraccionamiento El Milagro, C.P. 666000 Tel: (8) 321-2627	Forno rotativo. Relatório como similar ao Horsehead Resource Development Inc. (HRD), operações da BUS Steel.	Sem informação disponível.	
Modified Elkem	Elkem, modificado por Laclede Steel depois do início de operação com problemas.	Forno elétrico fechado.	Zinco metálico, ferro, escória e óxidos de metais pesados.	
Modified MRT	Hartford Steel Technologies-1 State Street Hartford, CT 06103 Tony Maselli, Managing Director (860) 722-5091	MRT forno de fundição (forno de rotação) <i>upfront</i> para produção de briquetes de ferro reduzido para reciclagem em FEA's. Óxidos crus são refinados na planta de processo MRT.	Óxido de zinco, chumbo metálico, cádmio metálico, briquetes de ferro reduzido.	Maumee RHF direitos detidos por Mitsubishi. Planta parou de operar.
Modified ZINCEX	Tecnicas Reunidas, S.A.-Sierra Nevada, 16 28850 Torrejo'n de Ardoz, Madrid, Espapa' Gustavo Diaz, R&D Centre Director 34 (1) 675 77 00	Processo hidrometalúrgico. Processo de lixiviação de ácido sulfúrico e recuperação por eletrólise de metais na solução para zinco metálico de ácido sulfúrico eletrolítico.	Zinco metálico, chumbo metálico, cimento de cádmio, gipsita, resíduo ferroso.	
Richland Moulded Brick	Richland Moulded Brick Co. 1000 Richland Shale Road, P.O. Box 1711 Mansfield, OH 44901 (419) 524-0000, fax (419) 524 6611 Scott W. Frame, P.E., VP (256) 237-2887	PAE calcinado e misturado com matérias-primas de tijolo antes de moldá-los e queimá-lo no forno.	Tijolo.	

Continuação Tabela 13

Alternativas K061 Históricas				
Nome do Processo	Fabricante(s), Comitiva	Descrição do Processo	Produtos do Processo	Usuários do Processo
Solidificação para Reciclagem em FEA	International Solidification Inc. 104 Noble Avenue Pittsburgh, PA 15205 Peter A. Viviano, VP Sales & Marketing (412) 922-8809, fax (412) 922-0647	Mistura e solidificação do PAE, carepa do laminador e outros resíduos para formar blocos para reciclagem no FEA.	Blocos	
Solidificação para Reciclagem em FEA	Ledge Recycling Services 617 W. Federal Street Niles, OH 44446 (330) 652-3253, fax (330) 652-7838 contact - John Bercik	Mistura, cimentação e vazamento do PAE, carepa de laminação, e outros resíduos da indústria para formar um aglomerado auto-redutor e auto-fundente para reciclagem em FEA.	Aglomerados (50% Fe como óxido de ferro)	
Vitrificação	Inorganic Recycling Corporation 1695 Chestertown Road Allentown, PA 18104-1630 (610) 398-1300, fax (610) 398-6600 Robert D. Jones, Dir. Sales & Marketing	Vitrificação do PAE em produtos vidro/cerâmicos utilizando processo de forno elétrico/oxi-combustível.	Materiais vidro/cerâmicos de várias especificações.	
ZTT	ZTT Minerals, Inc. Burlison County Road 105 P.O. Box 690 Caldwell, TX 77836 (409) 567-7777, fax (409) 567-9829 Klaus Stange, Pres. & CEO	Processo em forno rotativo para reduzir <i>pellets</i> e produzir "Ferro cálcico". Óxidos são coletados e lavados. Sais são evaporados dos líquidos de lavagem. Metal pesado produzido da lavagem é vendido para reciclagem.	Óxido de zinco lavado, produto metal pesado, sais, ferro cálcico e pellets.	

A seguir, são apresentadas informações complementares sobre algumas das tecnologias. O critério de seleção das tecnologias fundamentou-se naquelas mais reconhecidas e com maior facilidade de disponibilização de informações.

Processo Forno Waelz

O processo Waelz, de acordo com Heck (1997), é o único processo industrial totalmente confiável para o tratamento do PAE com alto teor de zinco e chumbo. A situação comercial desse processo pode ser resumida no seguinte: ele é controlado na Europa pela companhia afiliada da empresa Lurgi, a empresa Berzelius Umwelt Service AG (B.U.S.). Unidades instaladas e em operação podem ser encontradas na Espanha, França e Alemanha. As empresas existentes nos EUA são operadas em conjunto com a Horsehead Resource Development Inc. (HRD).

Para o Instituto Brasileiro de Siderurgia – IBS (1996), o processo mundial predominante para o tratamento do PAE utiliza o forno de Waelz. É uma tecnologia estabelecida, utilizada para a produção de zinco na maior parte do século passado. Nos anos 70, esses fornos, os quais existem nos EUA, na Europa e no Japão foram aplicados para a recuperação de zinco do PAE. Eles têm um comprimento de 40 a 60 metros, diâmetro de 3 a 4 metros, e são revestidos por refratários e giram entre 1 a 2 rpm. A descarga do forno possui um queimador para iniciar a operação e eventual suprimento de calor, e um soprador para o fornecimento de ar oxidante na combustão. A fonte primária de energia é fornecida pelos redutores. O PAE e um redutor, geralmente coque, são alimentados na devida proporção, em contracorrente ao escoamento dos gases de saída. Zinco e chumbo são reduzidos e volatilizados, e os vapores metálicos são reoxidados na carcaça do forno. A temperatura no forno pode atingir 1.200°C. O gás de saída, a uma temperatura de 850-900°C, é resfriado, limpo no filtro de mangas e lançado na atmosfera. O óxido é coletado principalmente no filtro de mangas e, uma grande parte, é coletada nos equipamentos de refrigeração dos gases. A recuperação no processo Waelz é de aproximadamente 95% do zinco, 90% do chumbo, 100% do cádmio, 98% do cloro, 68% do flúor, 50% do sódio e 67% do potássio. Esses óxidos podem ser processados em uma etapa de calcinação, antes de serem enviados para um forno de fundição de zinco eletrotérmico. Além da produção do óxido de zinco a 65%, este processo gera uma escória ferrosa de difícil retorno ao FEA. Essa escória é gerada quase que na mesma quantidade de pó processado, e pode vir a apresentar contaminantes que dificultem a sua disposição. A escala econômica mínima para a utilização desse processo é de 40.000 t/ano de

PAE. Quanto à prática norte-americana, esta tem implicado um custo efetivo mínimo de US\$120/t de PAE. A Figura 10 mostra o fluxograma simplificado do Processo Forno de Waelz.

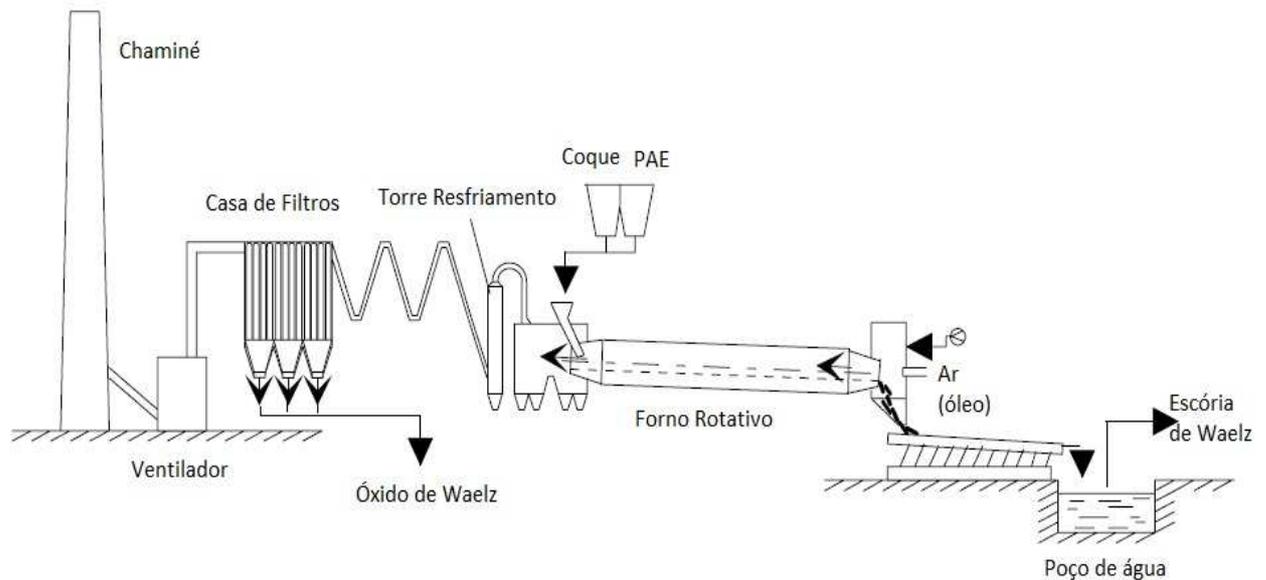


Figura 10 - Fluxograma esquemático do Processo Forno de Waelz (SPENGLER, 1997)

Processo Ezinex

O processo possui três etapas principais: lixiviação, cementação e precipitação. Na etapa de lixiviação, o PAE é adicionado a uma solução aquecida de cloreto de amônia. Os óxidos de zinco, chumbo e cádmio são dissolvidos, assim como os cloretos, fluoretos e metais alcalinos. Um sólido de óxido - de ferro e ferrita de zinco - permanece insolúvel. O lixiviado é filtrado e os sólidos podem ser reciclados no FEA. Na etapa seguinte, os metais dissolvidos, à exceção do zinco, são cementados, utilizando pó de zinco metálico. O cimento, que apresenta um alto teor de zinco, chumbo e cádmio é filtrado, restando uma solução de zinco. O cimento de chumbo é vendido para produtores de metais primários. A Ezinex pratica o eletrorrefino do zinco da solução, produzindo catodos de zinco de alta pureza, usando um processo anódico adequado para evitar a formação de cloro gasoso, cujo limite é controlado pelos fundidores de zinco eletrolítico. A solução resultante, após o refino, é purgada para controle do acúmulo de cloretos. Essa solução purgada é enviada a um evaporador para concentração e precipitação dos sais de halogenatos. As vantagens desse processo estão na pequena área necessária e baixa quantidade de emissões ambientais, além do produto - catodo de zinco -, ser facilmente

comercializado. Porém, tem a desvantagem de gerar efluentes líquidos que requerem tratamento para lançamento e a pouca familiaridade das siderúrgicas com os processos hidrometalúrgicos (IBS, 1996).

Processo Vitrificação

O PAE é armazenado junto com os formadores de vidro (sílica e calcário), aditivos e outros resíduos que serão reciclados, tais como a mulita - proveniente de revestimentos de moldes de grafite -, o carbono, os refratários e a escória. Estes materiais alimentam continuamente os fornos de vidro, que têm, em média, 3 metros de diâmetro, com uma câmara para o vidro fundido de 1,5 metros de profundidade. Eles são construídos com paredes de tijolos refratários, possuem eletrodos de molibdênio submersos cerca de 1 metro no banho de vidro fundido. A exaustão dos gases do forno é direcionada para o filtro de mangas na etapa de fusão. Não estão presentes metais voláteis no gás de saída, uma vez que o forno é operado com uma manta fria de materiais não fundidos no topo do vidro fundido. Os materiais volatilizados são resfriados e condensados na manta, retornando para o banho fundido. O vidro fundido é continuamente extraído dos fornos e mergulhado numa corrente de água. Ele é resfriado rapidamente e fraturado em peças angulares de dimensões de 3 mm (frita de vidro). A frita de vidro é preta, muito abrasiva e dura. Tipicamente, a frita contém 30 a 65% de peso de PAE. A frita de vidro úmida é seca, classificada, embalada e transportada. Os principais produtos são abrasivos e grânulos, para utilizar em pré-moldados asfálticos. Outros produtos possíveis são corantes para cerâmicos, vidrados e filtros, cerâmicas vitrificadas, azulejos e itens decorativos. Nesse processo, o PAE é utilizado como substituto de pós minerais. No entanto, a indústria não está segura com esse processo devido a seu teor de chumbo, apesar do cimento passar por testes de lixiviação. Como o produto pode ter utilização doméstica, o mercado teme eventual contaminação de pessoas e meio ambiente (IBS, 1996).

Processo Primus

Multiple Hearth Furnace desenvolvido pela empresa Paul Wurth, de Luxemburgo, emprega forno cilíndrico vertical, rotativo, com múltiplas soleiras refratárias. Em cada nível, existem aberturas que permitem a queda dos materiais ao longo do forno. Durante a queda, o material se desloca do centro até as paredes externas e retorna ao centro do forno. A descarga

do material ocorre no nível inferior, ou seja, na última soleira. O forno é aquecido através de queimadores laterais e os gases têm a direção do contrafluxo do material, saindo pela parte superior, permitindo uma temperatura interna relativamente equilibrada, ficando em torno de 1.100°C. A energia gerada durante a pós-combustão do CO, do óleo volatilizado e dos componentes voláteis de carvão é suficiente para manter a temperatura requerida do processo. Neste processo, os óxidos de metais pesados são reduzidos, e o ferro, o zinco e o chumbo evaporado saem como fumos metálicos. O forno é alimentado com carvão, finos de minério de ferro e PAE, o qual produz ferro esponja e óxidos de zinco. A Figura 11 mostra o fluxograma deste processo. A unidade iniciou sua operação em 2003, utiliza resíduos de alto-forno, BOF (convertedor a oxigênio) e FEA com fino de carvão, possui múltiplas zonas de aquecimento para secagem, desoleamento, aquecimento e redução. Não depende de pelletização ou briquetagem, usa gás da pós-combustão do CO - gerado nas zonas de aquecimento -, permite separação gasosa do zinco e chumbo. A planta piloto de 2 t/h (17.000 t/ano) foi instalada em Esch-Belval, Luxemburgo, onde os testes iniciaram em abril de 1999. Desde fevereiro de 1999, foram realizados testes com extração seletiva de zinco e chumbo. A metalização ficou acima de 90% e a eficiência de remoção de zinco contido ficou em 95% (J. MONAI et al., 2003).

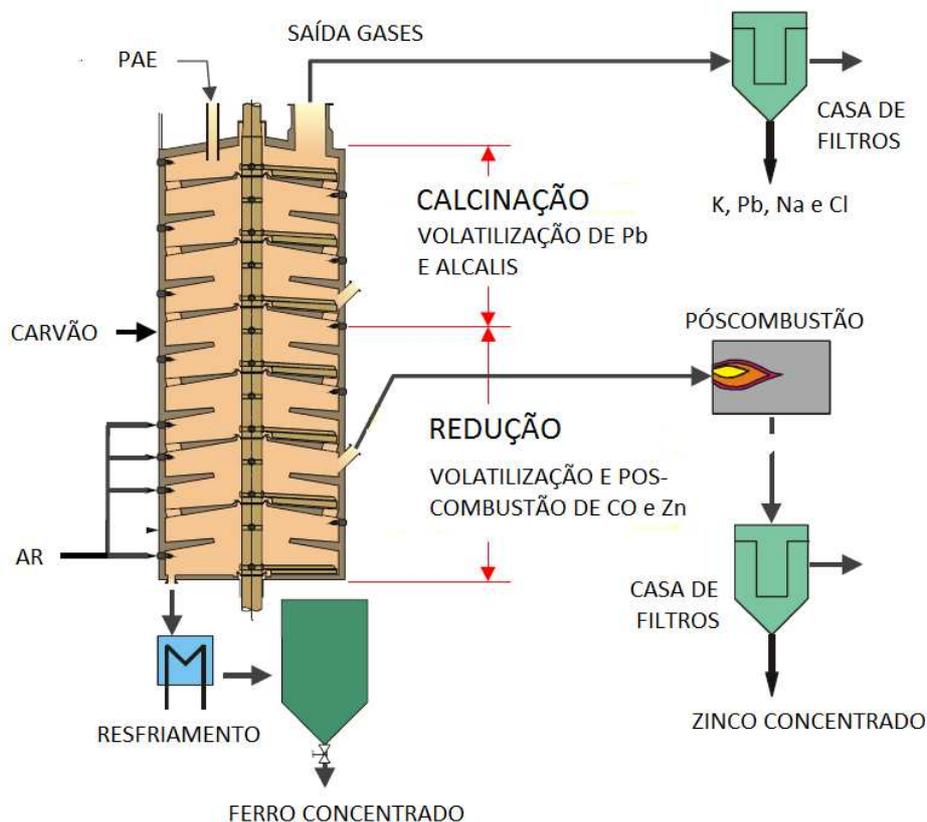


Figura 11 - Fluxograma esquemático do Processo Primus (FRIEDEN et al., 2001).

Processo Elkem

Este processo foi desenvolvido nos EUA para o tratamento do PAE, com uma unidade com capacidade para processar 110 t/dia. O pré-tratamento do material inicia com a mistura de fundentes e coque à poeira. Assim que a mistura está pronta, o material é compactado na forma de briquetes com adição de ligante. Os briquetes são aquecidos até a fusão dentro de um forno elétrico à resistência e reduzidos. A escória e o ferro obtidos escorrem pelo canal de vazamento. O zinco produzido se volatiliza e é conduzido, junto com outros gases do processo, a uma temperatura média de 1.100°C, e se condensa na forma metálica líquida em um condensador. O óxido de chumbo contido na poeira também se reduz, volatiliza e é condensado junto com o zinco. O metal líquido é vazado por uma bica pelo fundo. A separação dos metais, zinco e chumbo se faz por liquação. A liga, em repouso, é submetida à temperatura de 430°C; o chumbo, por ser mais denso, recolhe-se no fundo e é retirado por sifão. Ambos os metais estão no estado líquido. O zinco, recolhido por cima, contém menos de 1,4% de chumbo e, portanto, encontra alguma aplicação na indústria. O gás é queimado sendo, em seguida, filtrado. A vantagem do processo Elkem reside no fato de que o zinco poder ser obtido diretamente no estado metálico, o que permite economizar a significativa quantia de energia necessária para a redução de seu óxido (HECK, 1997).

Tecnored

Segundo José Junior et al. (2003), outro importante processo de recuperação metálica é o Tecnored, tecnologia de autorredução desenvolvida no Brasil. As tecnologias alternativas, também chamadas de emergentes, baseiam-se nas suas singularidades cinéticas, termodinâmicas e de transporte de calor e massa para justificar as suas vantagens comparativas e respectivas comercializações. As três vertentes principais dessas tecnologias são a redução em fase líquida, fluidização e autorredução. Na redução em fase líquida, os óxidos de ferro são dissolvidos em banhos metálicos ou escórias líquidas e reduzidos pelo carbono dissolvido. Na fluidização, os reatores de leito fluidizado aproveitam a interação gás sólido, a fim de promover a redução das partículas suspensas de finos de minério de ferro por gases redutores. E, na autorredução, utiliza uma mistura de finos de minério de ferro ou de resíduos ferrosos, com finos de materiais carbonosos, como carvão mineral, aglomerados na forma de pelotas ou briquetes, que são reduzidos, segundo um modelo de reação sólido-sólido, via intermediários gasosos, com altas velocidades de reação.

José Junior et al. (2003) informa que o processo Tecnoled (ver Figura 12) é uma tecnologia concebida para a produção de ferro-primário líquido, através da redução de aglomerados autorredutores (pelotas ou briquetes) de cura a frio, produzido a partir de finos de minérios de ferro ou resíduos ferrosos, mais um agente redutor como finos de coque verde de petróleo e carvão vegetal ou carvão mineral. Estes materiais, misturados com fluxantes e ligantes, são aglomerados e curados ao tempo ou em equipamentos de concepção especial. Os aglomerados produzidos são, então, reduzidos e fundidos em um forno de cuba com geometria diferenciada, o forno Tecnoled, que, por suas características únicas, permite o uso variado de combustíveis sólidos de baixo custo, como coque verde de petróleo, coque, carvão mineral ou semicoques, produzindo metal líquido e escória com características similares aos produzidos pelos processos convencionais. A concepção do forno Tecnoled apresenta mudanças significativas em relação aos fornos de cuba clássicos. A principal, é a alimentação lateral do combustível sólido, separada da alimentação central da carga metálica. O propósito desse conceito de alimentação individualizada é evitar a reação endotérmica de Boudouard na cuba central ($\text{CO}_2 + \text{C} > 2\text{CO}$), região onde ocorrem o preaquecimento e a redução da carga. Em cubilôs e altos-fornos, esse controle é inviável, devido à configuração necessária da alimentação por camadas alternadas de coque e carga. Como no caso dos fornos de cubas convencionais, no forno Tecnoled, a carga descendente troca calor com o gás em contracorrente, o que resulta em altos índices de troca térmica e aproveitamento substancial do calor sensível dos gases.

Essencialmente, segundo José Junior et al. (2003), o forno Tecnoled gera a energia necessária ao processo em dois estágios: primeiramente, através da queima de combustível sólido pelas ventaneiras primárias localizadas na cuba inferior do forno; segundo, pela queima de monóxido de CO, oriundo das regiões inferiores, nas ventaneiras secundárias localizadas na cuba superior do reator. Essa queima secundária ocorre sem a possibilidade de nova geração de CO, devido à ausência de combustível sólido nessa região, o que evita a reação de Boudouard. A fase do processo chamada Smelter, compreende a redução e posterior fusão dos aglomerados autorredutores, constituídos de finos de minério de ferro, uma fonte carbonácea e agentes fluxantes e ligantes para a produção de metal líquido. Devido à flexibilidade operacional do processo, assim como das técnicas de aglomeração, resíduos siderúrgicos ricos em ferro e carbono podem ser usados como carga, garantindo a utilização de materiais que hoje se constituem em pesado passivo ambiental para as empresas (pós e lamas de alto-forno, resíduos de coqueria, finos de peneiramento, pó de sinterização, pós e lamas de aciaria, carepas, etc.). Um dos maiores diferenciais do processo é a sua extrema rapidez (tempo de

residência = 20 a 30 minutos, contra 6 a 8 horas no processo clássico de Alto-Forno), que se deve a dois fatores principais: a concepção e o projeto do reator que permitem um aproveitamento substancial da energia sensível e latente disponível ao processo, e o ambiente interno dos aglomerados, no qual o gás CO presente, devido à sua alta pressão parcial pela ausência de nitrogênio e à alta reatividade das partículas finamente divididas de carvão e de minério favorecem a cinética das reações, resultando em elevadas taxas de redução e, conseqüentemente, tempos de residência até 20 vezes menores que os processos clássicos.

José Junior et al. (2003) informa que o processo Tecnoled está em plena adequação às legislações e exigências ambientais. Num primeiro momento, por utilizar como matéria-prima os diversos resíduos minerometalúrgicos e por dispensar unidades de coqueria e sinterização, que, em países com políticas ambientais bem definidas, são virtualmente impossíveis de serem implantadas sem pesados investimentos em sistemas de controle de emissões. Além disso, os finos gerados no manuseio das matérias-primas ou coletados no sistema de limpeza de gases são totalmente reciclados no processo produtivo, e a água industrial utilizada somente é perdida por evaporação nos sistemas abertos. Por fim, a escória gerada no processo, similarmente aos altos-fornos, é facilmente vendida como material substituto ao cimento. Em aciarias elétricas, o processo Tecnoled permite escala mínima econômica para operar à jusante das usinas, fornecendo metal líquido aos FEAs.

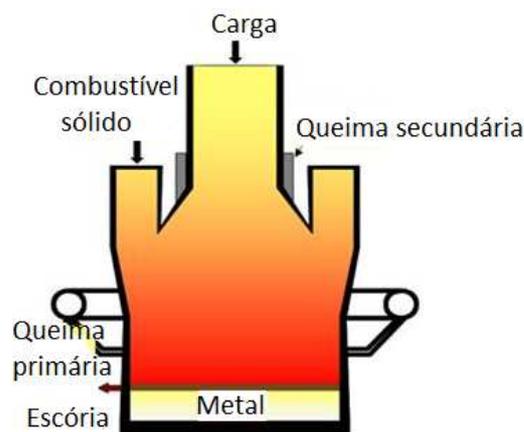


Figura 12 - Fluxograma esquemático do Processo Carbofer (MULTISSERV HARSCO METALS, 2011).

Processo Carbofer

A empresa Multiserv Harsco Metals (2011) informa que o processo consiste na transferência do PAE do sistema de silos para a estocagem na planta de processamento e na remoção e secagem de carepa oleosa. Esse processo realiza o tratamento da carepa oleosa e mistura com carbono e PAE e o produto obtido é injetado no FEA.

Segundo a Multiserv Harsco Metals (2011), a preparação da carepa inicia com a sua retirada dos poços e posterior secagem ao ar livre por algumas semanas. Deve-se prestar atenção ao tratamento de escoamento de água devido ao risco de contaminação de óleo. Quando for alcançada a umidade desejada, o material é pré-peneirado, a fim de remover madeira ou outros contaminantes. Se ocorrer uma redução de carepa, deve-se aumentar o teor de carbono para compensar na formação da escória espumante no FEA. Na operação de secagem e mistura, a carepa oleosa é misturada com cal fina, a fim de secar o produto em um misturador de alta potência. O produto seco é então misturado com pó de carbono e o PAE, para formar uma mistura adequada e consistente. O material é transferido para silos de estocagem próximo do FEA. As partículas de tamanho superior mínimo ficam secas, portanto podem ser ensacadas e alimentadas diretamente no forno. A injeção do produto no FEA é feita através de lança manipulada ou injetores laterais na interface da escória e aço, no final do ciclo do FEA, para espumar a escória, a uma taxa de aproximadamente 300 kg/min. Se injetados em proporções elevadas de PAE, ocorre uma redução da espuma de escória. Pode-se injetar até 3 toneladas por corrida. Na empresa Thames Steel, foi composta uma mistura típica Carbofer com 37% do PAE, 36% de carepa, 19% de carbono e 8% de cal. Foram injetadas de 1 a 2 toneladas por corrida, em todas as corridas. O benefício obtido é o enriquecimento dos níveis de zinco no PAE, o que potencializa o aumento da sua comercialização. Também é obtido ganho no rendimento da aciaria pela recuperação de ferro no PAE e carepa, redução nos custos com descartes de resíduos e a substituição na injeção de carbono. Isso não afeta o desempenho do FEA, pois seus efeitos estão dentro das variações naturais do ciclo de consumo de energia. Também não aumenta a quantidade de escória e não altera a composição química da escória; todavia, o principal é que não afeta a qualidade do aço. Outra vantagem é o aumento do teor de zinco que passa de 25% para 41%, podendo atingir o valor máximo de 54%.

Multiserv Harsco Metals (2011), informa que um dos fatores importantes para a viabilização desse processo é o comprometimento da equipe da empresa siderúrgica onde for implantado o projeto.

Indústria Cerâmica

Para a aplicação do PAE na indústria cerâmica, a empresa Consolidated Materials Brokers - CMB (2009) informa que o PAE é transportado, nas siderúrgicas, em sistemas pneumáticos e armazenado em silos. Na indústria cerâmica, o PAE e uma pequena parcela de coque são medidos e transportados por esteiras e roscas transportadoras para as extrusoras que produzem tijolos cerâmicos. O PAE e coque são misturados com água na máquina extrusora produtora de tijolos, automaticamente formados em moldes de madeiras. Mais de 10.000 tijolos/hora são produzidos, processando mais de 30 toneladas/hora. O PAE é seco e, então, montado sobre carrinhos até o forno com refratários. Ao longo do forno contínuo, os tijolos são aquecidos durante três dias para vaporizar o zinco e os metais pesados. A queima do combustível é muito eficiente, pois atua no contrafluxo da carga de tijolos, e o produto não entra em contato com as paredes, tornando mínima a manutenção. Após o zinco ser vaporizado do tijolo, é imediatamente oxidado no forno, para formar o óxido de zinco, condensando seus fumos sólidos na zona de resfriamento dos trocadores de calor e, após, é recolhido na casa de filtros de mangas. Aproximadamente 1,13 toneladas de óxido de zinco puro é produzido por hora. O restante do calcinado inerte é descarregado dos carrinhos e então alimenta a planta de preparação de matéria-prima, em que 30 a 40% é misturada e, desta forma, é produzido o tijolo padrão. O tijolo produzido com PAE apresenta vantagens nas propriedades físicas e nas menores perdas por trincas. Eles têm a mesma aparência do tijolo regular e facilmente passam em todos os testes da *American Society for Testing Materials* (ASTM) para tijolos de construção. A *Environmental Protection Agency* (EPA), do Estado de Ohio, EUA, após análises de laboratórios e testes de lixiviação, considerou os tijolos construídos com PAE como produto não perigoso.

A empresa *Consolidated Materials Brokers* (CMB, 2009) patenteou esse processo de uso do PAE em tijolos nos EUA, Inglaterra, Canadá, México, França e Alemanha; no entanto, estão pendentes as patentes na Coreia do Sul e Japão. Segundo CMB, esse sistema apresenta numerosas vantagens, se comparado com os processos Waelz, pois ele é extremamente simples e eficiente. O zinco e o chumbo recuperado apresentam pureza maior que 97%. O forno tipo túnel com contrafluxo apresenta melhor eficiência térmica do que o forno rotativo ou o *rotary hearth furnace*. O custo de implantação para uma planta de 50.000 toneladas/ano de PAE é muito menor do que outros processos. Em função do PAE não sofrer tombamento ou distúrbio, o óxido de zinco produzido não é contaminado com o ferro. Portanto, esse

processo pode ter bom potencial, desde que os tijolos fiquem no forno durante os três dias previstos e, assim, permitir que os constituintes considerados perigosos sejam removidos.

Indústria Cimenteira

Vargas et al. (2004) estudaram o comportamento do PAE em pastas de cimento *Portland*, através da determinação dos tempos de pega e do calor de hidratação, como também sua caracterização microestrutural, de forma a utilizar o produto na construção civil. Em testes laboratoriais, o PAE foi adicionado em blocos de concreto para a pavimentação, a mistura variou de 0 a 25% em relação à massa de cimento. Como resultado, a resistência à compressão foi beneficiada a partir de sete dias. Em termos de impacto ambiental, apenas a adição de 5% de resíduo no bloco pode ser utilizado segundo as normas brasileiras. Concluíram, então, que o PAE ocasionou um aumento de fim de pega do cimento. Esse retardo pode ter sido ocasionado pelo óxido de zinco presente no PAE ou, ainda, devido ao fato do pó ser mais fino que o cimento, envolvendo seus grãos e dificultando, desta forma, o término das reações de hidratação.

Palomo e Palacios apud Vargas et al. (2010) avaliaram, através de ensaios de lixiviação, a capacidade de solidificação/estabilização de elementos tóxicos provenientes do PAE em matrizes à base de cinzas volantes alcali-ativadas (CVAA). Os resultados indicaram que o novo ligante estabilizou o chumbo proveniente do PAE na matriz cimentante. Shi e Fernández-Jiménez apud Vargas et al. (2010) concluíram que a lixiviação desses contaminantes nesses ligantes foi mais baixa do que a estabilização na matriz à base de cimento Portland.

Vargas et al. (2010) verificaram que matrizes à base de cinzas volantes álcali-ativadas contendo PAE apresentaram resistências à compressão mais elevadas do que as matrizes isentas do resíduo, o que mostra que a presença do PAE melhorou as propriedades mecânicas do material. Os autores apresentam excelente avanço na tecnologia de solidificação e estabilização do PAE na matriz álcali-ativada: a partir de um resíduo perigoso - classe I - foi possível desenvolver produtos não perigosos, não-inertes - classe IIa.

Considerações Gerais sobre as Tecnologias

Algumas dessas tecnologias anteriormente mostradas, a fim de beneficiarem o PAE, estão bem consolidadas, como o processo Waelz; porém, apresentam ainda elevados custos

operacionais. Outras tecnologias em desenvolvimento são alternativas que poderão ir à frente ou não, dependendo da qualidade e do aporte de recursos a que serão submetidas. As tecnologias de inertização e posterior aterro ainda serão mantidas por algum tempo, mas apenas para casos isolados, onde os custos de transporte ou de processamento de PAE com baixo conteúdo de zinco inviabilizem outra forma de destinação.

Por outro lado, conforme quantificado por Madias (2009), foi identificada uma tendência de aumento na quantidade de zinco na sucata e, conseqüentemente, no PAE, pelo crescente consumo de aços galvanizados. Posto isso, aquelas tecnologias, que buscam aproveitar o zinco contido no PAE, terão maiores possibilidades de serem consolidadas como viáveis.

IBS (1996) informa que a alternativa de dispor o PAE em aterros industriais classe I (perigosos) pode ser uma alternativa que poderá criar futuros problemas para as empresas geradoras, assim como constitui uma solução proibida em alguns países, tais como Estados Unidos, Itália, Áustria e Alemanha. Portanto, no Brasil, a construção de aterros, com vida útil minimizada, permitirá a espera pelo desenvolvimento comprovado de novas tecnologias. Também enfatiza que a decisão de encarar o problema de desenvolvimento das tecnologias para o PAE, em conjunto ou individualmente, será fundamental tanto para a definição das escalas econômicas dos empreendimentos próprios como para a negociação de contratos de terceirização atrativas. Outro aspecto mencionado é a necessidade de aprofundar a etapa que corresponde à distinção entre processos e formas de operação, do ponto de vista da natureza do PAE: aços inoxidáveis e outros aços especiais exigirão cuidados desde a seleção da rota tecnológica e forma de operação, peculiar à recuperação de ferro e metais nobres desejados. Quanto à escala de reciclagem, é reforçada a recomendação para adoção de plantas recicladoras de âmbito regional ou mesmo nacional. O PAE enriquecido pode ser encaminhado pelas unidades menores e isoladas, uma vez que o transporte apresenta participação relativamente baixa na composição do custo total de reciclagem.

2.3 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL

Durante a avaliação do desempenho ambiental em uma empresa siderúrgica surgem diferentes fatores de resistências que envolvem a implantação de uma ou outra metodologia de avaliação, desde processos de negociações requeridas até as mudanças necessárias para atingir os novos patamares de desempenho ambiental identificados nessas avaliações. Nesta

seção é realizada uma breve abordagem sobre as características que envolvem os processos de implementação de mudanças, decorrentes de processos de avaliação.

As mudanças observadas nas organizações, tal como a introdução de processos de avaliações de desempenho, para que sejam introduzidas, é importante que seus condutores conheçam a cultura da organização. Araujo (2007) conceitua mudança como sendo qualquer alteração significativa na organização que envolva a expectativa de um produto final extremamente favorável, e que venha favorecer grande parte dela. Essa alteração deve ser articulada, planejada, imaginada e operacionalizada por pessoal interno e/ou externo ao local de mudança, devendo ter o apoio e a supervisão da gerência, atingindo, integralmente, os componentes de cunho comportamental, estrutural, tecnológico e estratégico.

Conforme Daft (1999), toda mudança pode ser planejada quando o gestor identifica a necessidade ao perceber uma lacuna no desempenho, ou seja, uma disparidade entre o nível de desempenho existente e o desejado. Isso pode ocorrer porque os procedimentos adotados não estão adequados aos padrões ou porque uma nova idéia ou tecnologia pode melhorar os processos de trabalho.

Araujo (2007) aponta sugestões para o desenvolvimento de um processo de mudança pelos gestores/condutores, tal como buscar o apoio da alta administração, que deve estar presente em momentos importantes da mudança. Sem esse apoio, não é possível implementar o que foi projetado, estar ciente de que no processo de mudança estão presentes o otimismo e a esperança, mas também as tensões, os medos e a insegurança por parte dos atores envolvidos, evitar a expectativa de solução para todos os problemas identificados, pois elas vão acontecendo à medida que as etapas vão sendo vencidas, e nem sempre acontecem no momento desejado. Outra sugestão é ser o ator responsável pela mudança, não podendo esperar resultados plenos e imediatos. Uma mudança tem um período de maturação e é preciso aguardar sempre as reações iniciais, para evitar decepções e até frustrações futuras. Também deve ter os objetivos da mudança, claros e combinados com os valores sociais mais simples da organização; isto quer dizer que não se recomenda radicalização no processo de mudança, principalmente quando as metas visarem o lado das pessoas que fazem parte da organização. E por último, sugere ter o controle permanente sobre o processo de mudança, mesmo que seu envolvimento não seja total.

Araujo (2007) esclarece que toda mudança representa alguma modificação nas relações de trabalho, na forma de trabalhar, nos hábitos, nas atitudes e no comportamento das pessoas que fazem parte da organização. As mudanças muitas vezes passam imperceptíveis

pelas pessoas. Outras vezes, quando são fortes, podem causar impactos, gerando insegurança, medo, aflição e ansiedade.

Já Chiavenato (2010) afirma que essas mudanças podem causar resistências, ou seja, uma reação natural, normal e sadia na fase inicial de um processo de mudança planejada. A personalidade de cada indivíduo participante tem influência decisiva sobre as percepções, os sentimentos e a maneira de reagir à mudança. A resistência é transitória, sendo apenas um período de adaptação para que a pessoa possa enfrentar e lidar com a situação diferente.

Cabe ao gestor, segundo Amaral (2006), analisar cada situação, auxiliar os indivíduos a enfrentar o processo de mudança, diminuindo as resistências pela participação, pela negociação e pela comunicação clara e objetiva com o grupo.

Daft (1999) salienta a importância da educação, da participação e da negociação no processo de mudança. A educação é utilizada quando envolve um novo conhecimento técnico ou quando os atores não estão familiarizados com a idéia da mudança. A participação faz com que os envolvidos conheçam e se comprometam com a mudança, além de auxiliar os gerentes a verificar os problemas potenciais e a identificarem como cada participante se comporta frente à mudança proposta. Para o autor, a negociação é um meio formal de atingir a cooperação.

Avaliação do desempenho da gestão e tecnologia ambiental

A partir da bibliografia, são apresentadas, a seguir, algumas considerações sobre auditorias ambientais, desempenhos do SGA, envolvimento de terceiros, atitudes, responsabilidades que estão associadas à gestão ambiental, bem como questões referentes à avaliação tecnológica de processos.

De acordo com D'Avignon (1995), auditoria ambiental é um instrumento utilizado pelas empresas para auxiliar no controle do atendimento de políticas, procedimentos, normas e outros, sendo aplicada para controlar o desempenho ambiental da empresa. As auditorias dos sistemas de gestão ambiental, por sua vez, avaliam o cumprimento dos princípios estabelecidos no SGA da empresa, sua adequação e eficácia.

Na visão de Seiffert (2006, p. 33), “o papel estratégico para as organizações que utilizam sistemas de gestão ambiental tem sido evidenciado por cobranças de posturas mais ativas com relação à responsabilidade sobre seus processos industriais, resíduos e efluentes produzidos e descartados, bem como o desempenho de seus produtos e serviços em relação à abordagem de ciclo de vida”.

Araújo (2005) narra que a norma ABNT NBR 14.001/2004 estabelece a obrigação de comunicar critérios e exigências ambientais às empresas terceiras que mantêm algum vínculo de trabalho e cujas atividades relacionadas à organização possuem aspectos ambientais significativos, como: tratamento ou disposição de resíduo final, transporte de produtos perigosos, entre outros aspectos. Esse requisito deve, segundo ele, atender aos procedimentos desenvolvidos para o controle de resíduos e desperdícios, visando a procedimentos para a utilização mais eficientes de insumos e prevenção da poluição. Em relação à atuação de terceiros, deve-se estabelecer critérios mínimos de aceitação como, por exemplo: exigir licenças de operação e atendimento a requisitos legais para atividade requisitada, definir critérios de manutenção da qualificação dos terceiros - acompanhando seu desempenho ambiental -, a escolha e a manutenção de terceiros nos trabalhos da organização devem ser acompanhadas sistematicamente, para garantir a conformidade do Sistema de Gestão Ambiental.

Mattos e Guimarães (2005) informam que a avaliação tecnológica é um conjunto de princípios, métodos, técnicas e ferramentas para uma efetiva avaliação do valor potencial da tecnologia e de sua contribuição para a competitividade e a lucratividade da empresa. Ela deve fornecer informações que possam auxiliar os atores envolvidos na definição de estratégias de desenvolvimento. A avaliação deve ser um processo contínuo, com possibilidade de terminar a qualquer tempo, à luz de informações adicionais. Adicionalmente, a técnica de avaliação tecnológica é uma metodologia adotada pelas empresas para permitir o monitoramento e o uso de várias fontes para obter informações úteis.

Mattos e Guimarães (2005) manifestam que a avaliação da tecnologia pode iniciar pelo estabelecimento de uma equipe de trabalho para a construção de uma avaliação preliminar. Usualmente, a equipe pode ser constituída de três a dez membros. No ambiente atual dos negócios, é crescente a complexidade quanto à aplicação de tecnologia nos vários setores da empresa. Dispor de uma abordagem disciplinada para avaliar a tecnologia no desenvolvimento de produtos e nos processos de negócios é um fator responsável pelo posicionamento competitivo da empresa.

3 PRÁTICAS INDUSTRIAIS

Esta seção não tem o propósito de apresentar um estudo de caso e, sim, uma descrição de práticas industriais de tecnologia e gestão ambiental que estão associadas ao Pó de Aciaria Elétrica (PAE). As descrições das práticas aqui tratadas são complementares àquelas apresentadas na parte teórica deste trabalho, permitindo assim fundamentar todas as 75 práticas consideradas na matriz de avaliação da seção 4.2. As práticas industriais desta seção foram fundamentadas no aprendizado técnico, qualitativo e quantitativo, adquirido pelo autor no desenvolvimento das atividades profissionais em diferentes empresas e em grupo de usinas siderúrgicas que busca padronizar suas práticas de gestão.

As usinas do setor siderúrgico que fundamentam a seção de práticas industriais são Empresas produtoras de aços longos (barras, perfis, fio máquina, vergalhões e arames) e especiais, possuem processos de aciaria e laminação e produzem, em média, 40.000 toneladas/mês de aço. Elas estão localizadas em diferentes locais do Brasil e do exterior. A partir deste ponto, dentro desta seção de prática industrial, a citação da palavra “Empresa” diz respeito às usinas caracterizadas neste parágrafo. Essa seção está dividida em duas partes: uma sobre gestão e outra sobre tecnologia, ambas associadas ao processo do PAE.

3.1 GESTÃO AMBIENTAL

Seguindo a mesma sistemática da parte teórica deste estudo, esta seção trata sobre questões de gestão aplicadas ao PAE. Especificamente, nessa seção são apresentadas as considerações sobre assuntos relacionados à implantação e operação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) com foco no processo do PAE.

A descrição da parte do trabalho que trata da gestão ambiental acompanha a sequência dos requisitos da ABNT NBR 14.001/2004, conforme mostrado na Figura 13 e plenamente consolidado entre as empresas preocupadas com as questões ambientais.

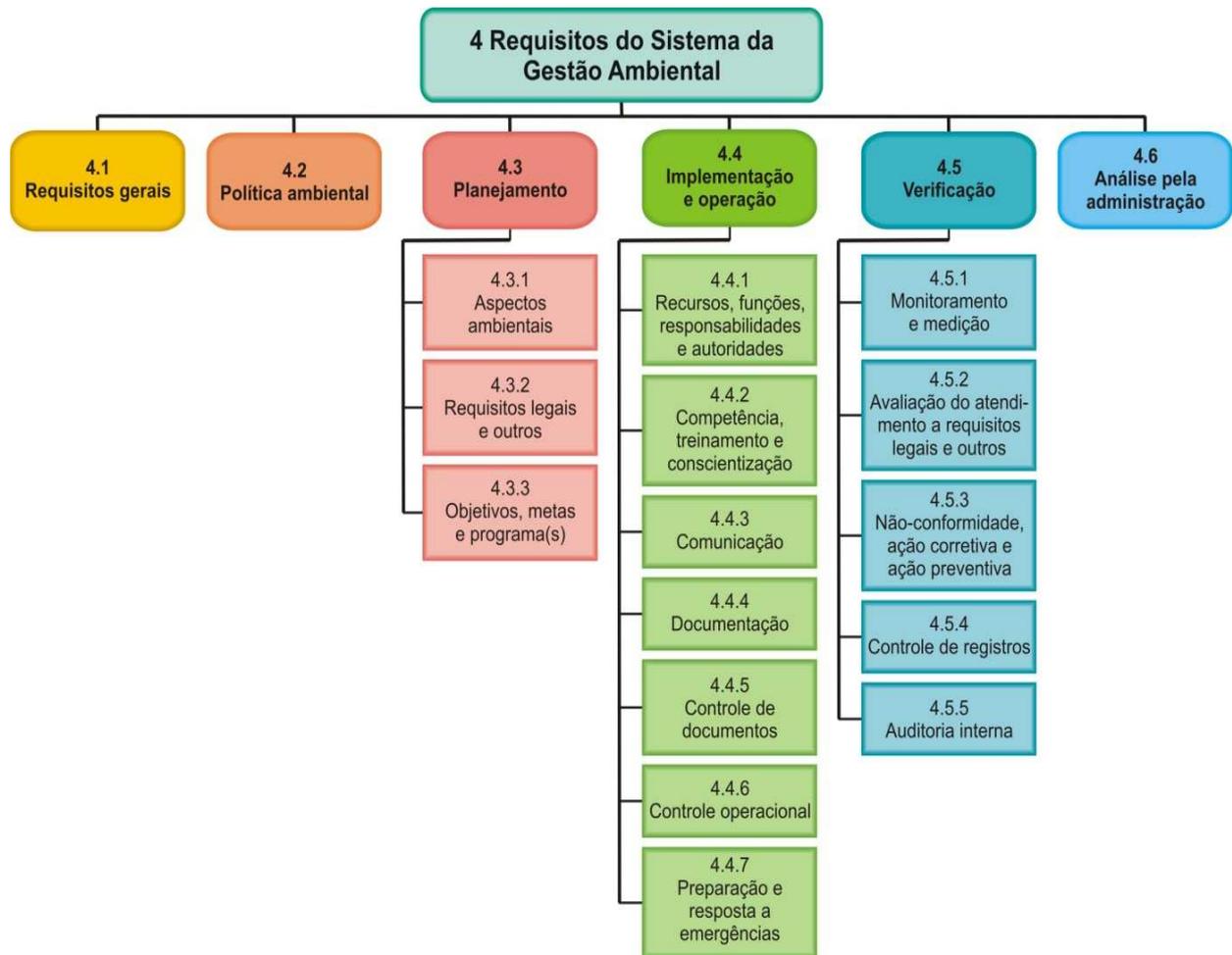


Figura 13 - Diagrama dos requisitos da ABNT NBR 14.001/2004 - ATSG (2006)

A estrutura de gestão ambiental implementada na Empresa segue sua Política Ambiental e as recomendações da ABNT NBR 14.001/2004, conforme descrito na parte teórica. Esse processo mostra ser muito efetivo, simples, aderente e alinhado com os demais sistemas de gestão existentes. A estrutura está baseada no PDCA (*Plan, Do, Check and Action*) e suas etapas são claramente identificadas. A origem do sistema são os aspectos ambientais associados às atividades, produtos e serviços.

A Empresa, a partir do momento em que define, por questões estratégicas, pela implantação da Norma ISO 14001 e com o pleno entendimento dos requisitos dela, traça seus planos de implementação, seguindo o seguinte roteiro: inicialmente, um grupo multifuncional, com autoridade clara, foi instituído pela organização para conduzir a implementação e manutenção dessa Norma. Esse comitê é formado por um grupo de gestores de diferentes áreas, incluindo o representante da administração, tendo forte representação de funções e operações e claramente apoiado pelo gerente organizacional. A Empresa utiliza reuniões, palestras, cursos, treinamentos entre outras técnicas para conscientização das equipes coordenadoras do processo de certificação da Norma. As principais funções designadas para

esse grupo é o de atuar como um canal de comunicação entre os gestores e suas áreas - facilitando e multiplicando nas áreas os conceitos relativos ao SGA -, divulgar a Política Ambiental, avaliar o andamento do programa - através de auditorias - e realizar a análise crítica do sistema.

Uma das maiores dificuldades encontradas pela equipe gestora ambiental da Empresa para a implantação do SGA é a identificação dos mecanismos que alinhem as sistemáticas existentes e consolidadas nesta Empresa e as novas, requeridas pelo SGA. Ao adequar e ajustar esse novo processo nas sistemáticas existentes da Empresa, foram obtidos uma maior velocidade de assimilação pela equipe, uma maior facilidade para corrigir desvios, melhores resultados - medidos através de indicadores e, de forma geral, o sistema ficou mais simples de operacionalizar. Um exemplo desse alinhamento é a inserção dos temas ambientais nos fóruns existentes na rotina da Empresa, tais como reuniões com as lideranças das áreas e trabalhos com grupos de operadores.

3.1.1 Política do Meio Ambiente

A Política do Meio Ambiente é implementada, mantida, atualizada e comunicada em todas as unidades industriais, e transmite o compromisso da companhia com a prevenção da poluição, com a melhoria contínua e com o atendimento à legislação. A Política do Meio Ambiente é comunicada a todos os empregados e terceiros, trabalhando em nome da companhia, de modo a assegurar que sejam aptos a entender e correlacionar a Política com suas atividades. A comunicação é feita através de contato direto com os gerentes - durante reuniões -, multiplicadores de meio ambiente, gestão à vista - tais como cartazes, placas, entre outros -, comunicações e treinamentos de Recursos Humanos e Intranet - com o objetivo de estar disponível para todos os interessados. A aderência da gestão sobre o PAE, na política ambiental, pode ser identificada no princípio de gerenciar de forma planejada e preventiva os aspectos ambientais de suas atividades para proteger a atmosfera, a água e o solo, na qual todas as atividades vinculadas ao PAE são mapeadas, avaliadas quanto à frequência, gravidade e amplitude. Também sobre esses mesmos aspectos, são avaliadas as ações de controle. Essas são avaliadas sob a ótica de existirem instalações adequadas, padrões ou procedimentos, descrevendo aquelas operações consideradas representativas e, por último, os monitoramentos que estão associados a estes aspectos.

3.1.2 Planejamento

O posicionamento da área de gestão ambiental na estrutura da Empresa está associado junto às áreas de segurança e saúde ocupacional. Considerando a significativa geração de resíduos, esta também possui uma estrutura gerencial associada à área de suprimentos, responsável pelos desenvolvimentos de aplicações para seus resíduos e contatos comerciais com os diferentes destinatários. Portanto, trabalham de forma integrada as áreas de meio ambiente, segurança e saúde operacional e suprimentos.

3.1.3 Aspectos Ambientais - Avaliação do PAE

A base do sistema de gestão ambiental está na gestão dos aspectos e impactos ambientais. Considerando a sua relevante importância, a Empresa consolida essa gestão formalmente em seus procedimentos internos. Na sua avaliação dos aspectos e impactos, busca identificar atividades, produtos e serviços relacionados com aspectos ambientais em situações normais, anormais e de emergências, identificar os impactos associados a estes aspectos, pontuar estes aspectos e impactos, avaliar requisitos legais e outros, determinar quais aspectos têm impactos significativos no meio ambiente, avaliar as ações de controle existentes (monitoramento, instalações e rotina), a fim de eliminar ou minimizar os impactos ambientais significativos, identificar quais aspectos/impactos estão em conformidade ambiental, identificar as ações necessárias de modo a implementar objetivos, metas e programas, assim como determinar o nível de conformidade ambiental.

A Empresa avalia seus aspectos e impactos através de um grupo multidisciplinar apoiado pelo gestor da área geradora. O gestor da área é o responsável pela avaliação dos aspectos de sua área e, no caso do aspecto de geração do PAE, o responsável é o gestor da Aciaria. Prestadores de serviços que atuam dentro da área industrial, cujas atividades são consideradas relevantes quanto ao critério de aspectos ambientais gerados, participam no desenvolvimento, implementação e manutenção do sistema de aspectos e impactos da área que estão atuando. Normalmente, são contratados prestadores de serviços especializados para as operações de carregamento e transporte do PAE, os quais participam do processo de avaliação dos aspectos ambientais associados a sua atividade.

A conclusão da avaliação dos aspectos é consolidada em indicadores que manifestam como está o controle ambiental da Empresa. Essa avaliação é realizada sob a ótica de como está a situação das instalações de controle (bacias de contenção, sistemas de captação, etc.), dos resultados dos monitoramentos e do atendimento dos procedimentos relacionados ao aspecto avaliado.

Os aspectos e impactos são revisados com uma frequência definida e incluem novos aspectos introduzidos na Empresa, em função de modificações no seu processo e novos investimentos.

A seguir, é apresentada a avaliação da “geração do PAE”. O aspecto foi identificado como geração do PAE, considerado aspecto ambiental por estar relacionado à atividade produtiva e ter a capacidade de interagir com o meio ambiente, gerando um impacto ambiental. A geração do PAE é uma operação normal do processo, pois a Aciaria, enquanto está operando, estará gerando o PAE. Essa identificação sobre a situação de operação é necessária para diferenciar os aspectos descontinuados ou anormais gerados em condições que não representam o estado ou condição regular do processo. As condições anormais de operação são as partidas ou paradas de um processo ou operações de manutenção corretiva de equipamentos. A avaliação da frequência, da gravidade e da abrangência seguem critérios de notas internas da Empresa, que variam de baixo, médio e alto. Sobre a frequência, ou seja, o número de vezes que este aspecto ocorre num determinado período de tempo, resulta em uma pontuação elevada. Quanto à gravidade do impacto ambiental causada pelo PAE, pode ser enquadrada em nível médio, quando avaliado sob o seu efeito de sua concentração, toxicidade, periculosidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, radioatividade e a duração. Quanto à abrangência do impacto ambiental, considerando a área física afetada, apresenta uma graduação elevada, pois, quando reciclado ou destinado a Centrais de Resíduos, é encaminhado para fora dos limites da Empresa.

A combinação destes três fatores básicos - frequência, gravidade e abrangência - permite definir o grau de significância do aspecto geração do PAE. Porém, essa avaliação por si não torna o processo de avaliação completo e seguro. São necessárias avaliações complementares que certifiquem o grau de significância desse aspecto. Caso essa avaliação o considere significativo, este aspecto deverá ser controlado, caso contrário, permanecerá listado no aguardo das reavaliações futuras.

Durante o processo de avaliação da gravidade, foi encontrada dificuldade para escolher a pontuação, uma vez que é difícil estabelecer-se uma clara correlação entre a causa

e o efeito, que está associada a determinado aspecto ambiental, pois os efeitos muitas vezes levam elevado tempo para serem percebidos.

As avaliações complementares, realizadas sobre o aspecto geração do PAE, reforçam a avaliação ambiental prévia, pois este aspecto possui legislação específica e está normalmente relacionado nas licenças ambientais.

Após a avaliação das notas dos critérios frequência, gravidade e abrangência, na qual a graduação para o PAE resulta em valores elevados, torna assim o processo de geração do PAE significativo, pois supera o valor limite de corte adotado pela Empresa. Pela regra interna, todos os aspectos que superam esse valor de corte são considerados significativos e, desta forma, requerem uma avaliação complementar para certificar que as ações de controle sobre o aspecto avaliado são efetivas. O elevado grau de significância do PAE foi um dos motivos para o desenvolvimento da tese sobre este tema.

3.1.4 Requisitos Legais e Outros Requisitos

Na Empresa existe um sistema para identificar, analisar e atualizar os requisitos legais (leis, códigos, padrões) e outros requisitos (corporativos, normas de agências específicas, entre outros) aplicáveis ao seu negócio. Os requerimentos legais relevantes estão correlacionados com os respectivos aspectos e impactos ambientais.

As informações sobre a legislação aplicada ao negócio são consolidadas em registros formais, relacionando as informações referentes ao nível da lei (federal, estadual ou local), número da lei, aspecto associado (ar, água, solo), tipo de aplicação, (se genérica ou específica), objetivo da lei, itens aplicáveis e área de interesse (manutenção, pátio de sucata, aciaria, entre outros). Também são consideradas as possibilidades de melhoria, através da evidência de conformidade e registro do número de eventuais não conformidades. Caso sejam identificadas não conformidades sobre requisitos legais, é elaborado um plano de correção, tratado em comum acordo com os respectivos agentes de controle ambiental.

A Empresa define os responsáveis para interpretar e comunicar os requisitos legais e outros requisitos, de modo a facilitar o entendimento e implementação das ações necessárias pelos gerentes das respectivas áreas. Esses responsáveis possuem conhecimentos sobre o processo ambiental da Empresa e, também, sobre legislação ambiental.

A Empresa atende os requisitos legais que estão associados ao seu negócio, e este quesito de atendimento da legislação está destacado na sua Política Ambiental. Considerando

a complexidade para o entendimento da legislação nos diferentes níveis - federal, estadual e municipal -, são desenvolvidas metodologias para facilitar o entendimento em todos estes níveis da Empresa, e são adotadas sistemáticas para garantir o envolvimento de sua estrutura organizacional no atendimento dos requisitos legais.

A Empresa possui representação em fóruns relevantes, desenvolvidos juntos a associações industriais, conselhos e agências ambientais, de modo a assegurar que seus processos e planejamento estejam alinhados com as tendências de gestão e tecnologia ambiental, assim como garantir sua participação no desenvolvimento de novas legislações. A participação da Empresa, no processo de construção da legislação, possibilita transferir o conhecimento Empresarial e tornar viável o atendimento dos novos requisitos legais.

O fluxo resumido com as principais atividades que envolvem o processo de requisitos legais está apresentando na Figura 14.

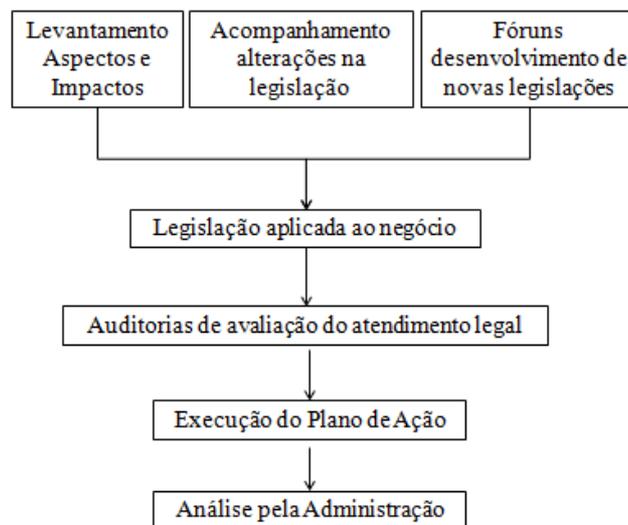


Figura 14 – Fluxo esquemático do processo de tratamento dos requisitos legais.

3.1.5 Recursos, Papéis, Responsabilidade e Autoridade

Considerando que o processo ambiental está assumindo um papel de importância na gestão empresarial, a Empresa identifica esta transformação, posicionando o seu processo ambiental em áreas estratégicas dentro da organização, com o foco na preservação do ambiente em que atua e na boa imagem da organização.

Nesse sentido, a Empresa estabelece que seu gestor ambiental atue junto à alta administração com a função de estruturar e desenvolver o seu SGA, identifique *benchmarking* entre outras empresas líderes, consolide suas políticas, diretrizes, práticas, objetivos e metas, bem como a legislação vigente, de forma a disseminá-las através de procedimentos, planos de ação e projetos, e monitore o desempenho do processo de Meio Ambiente através de indicadores. O gestor trabalha em conjunto com outras áreas, tais como: produção, engenharia, jurídico, financeiro, comunicação e suprimentos, definindo e aprovando as ações de meio ambiente a serem desenvolvidos por estes.

O gestor representa a companhia em associações nacionais e internacionais relacionadas a questões ambientais, e frente a outras partes interessadas, tais como: órgãos governamentais, órgãos não governamentais e comunidade. Ele participa e procura influenciar no desenvolvimento da legislação, buscando estabelecer uma relação positiva com o público externo. Tem um papel de negociador da Empresa frente aos órgãos de controle ambiental nos processos de licenciamento, além de gerenciar, em conjunto com a área jurídica, o cumprimento das condicionantes do licenciamento ambiental e do atendimento da legislação pertinente. Na sua rotina, o gestor monitora a comunicação interna e externa referente ao SGA, respondendo às consultas e reclamações. Sua atuação fora dos limites da Empresa também é manifestada através da influencia na promoção da gestão ambiental junto aos demais *stakeholders* de sua cadeia produtiva.

Outra importante função do gestor ambiental é a busca de recursos para o desenvolvimento da gestão ambiental e, assim, introduzir novas tecnologias, desenvolvimento de pesquisas e melhorias de processos, além de orientar a área de engenharia sobre questões ambientais no desenvolvimento de novos projetos ambientais. Quanto a resíduos, ele gerencia, em conjunto com as áreas, a geração, a segregação, o beneficiamento, a estocagem, a disponibilização e o inventário dos estoques de resíduos/coprodutos, tais como os do PAE. Nesse quesito, também desenvolve e implementa projetos que visem à minimização de geração de resíduos, e orienta e valida os desenvolvimentos, as aplicações e os licenciamentos necessários para a destinação dos resíduos e coprodutos. É o responsável pelo processo de classificação dos resíduos gerados e o gerenciamento dos processos relacionados às Centrais de Armazenamento de Resíduos Internos e Externos, assim como eventuais áreas impactadas existentes. Cabe destacar que os responsáveis pela gestão técnica interna de meio ambiente e pelos desenvolvimentos de aplicações dos resíduos também são atribuições da área ambiental da Empresa, enquanto as negociações e os contatos comerciais com os diferentes destinatários são realizados por especialistas da área de suprimentos, com conhecimentos ambientais.

O gestor coordena as atividades de monitoramento ambiental, toma as ações necessárias para prevenir impactos ambientais, suspendendo atividades que possam resultar em acidentes graves ao meio ambiente. Gerencia o processo de ações ambientais preventivas e corretivas e lidera o processo de auditorias ambientais internas, externas e de destinatários de coprodutos/resíduos, além de coordenar os planos de ação decorrentes das análises críticas. Para encerrar o ciclo, o gestor efetua a análise crítica dos indicadores ambientais e reporta à alta administração da Empresa o desempenho do seu SGA. Para garantir a continuidade desse processo, ele também é o responsável pelo desenvolvimento da equipe e pela gestão do plano de sucessão de sua área.

Para fazer frente a todas as responsabilidades listadas, as características pessoais observadas nos gestores ambientais são a autoconfiança, a disciplina, a criatividade, a iniciativa, a determinação e o senso crítico. Os gestores possuem também um raciocínio abstrato, fluência verbal, clareza de expressão, intuição e racionalidade equilibradas, capacidade de redação, facilidade para resolução de problemas, percepção ampla das situações, adaptabilidade rápida para novos ambientes e demandas e habilidade para negociações.

As prestadoras de serviço contratadas, cujas atividades desenvolvidas sejam consideradas relevantes, participam e disseminam o programa de meio ambiente da unidade, participam do desenvolvimento da metodologia de Aspectos e Impactos de suas atividades, cumprem os requisitos aplicáveis do SGA, incluindo auditorias internas e externas e designam representantes de meio ambiente. As prestadoras de serviço que realizam o carregamento do PAE nos veículos para transporte também asseguraram os procedimentos de cuidados ambientais para evitar contaminações do solo, do ar e da água.

As áreas de produção e apoio designam profissionais multiplicadores que têm a responsabilidade de auxiliar na implementação e manutenção dos programas ambientais da sua área e, desta maneira, auxiliar à área de coordenação de meio ambiente. O multiplicador que atua na área da aciaria acompanha o desempenho do sistema de despoeiramento e geração do PAE, através de indicadores.

A Empresa proporciona fóruns em seus diferentes níveis para que as questões ambientais sejam tratadas, a fim de garantir os desdobramentos dos objetivos estratégicos em toda a sua estrutura. O fórum gerencial objetiva realizar a análise crítica periódica do sistema e aprovar os planos de ação; já, o fórum dos representantes das áreas busca disseminar e executar o planejamento aprovado.

Existem comitês de meio ambiente que acompanham sistematicamente o andamento dos planos e metas estabelecidos, podendo modificar estas ações caso não estejam em conformidade com o acordado.

Há fóruns nos quais os representantes ou coordenadores ambientais das diferentes unidades industriais buscam identificar, pesquisar e compartilhar tecnologias e melhores práticas, desenvolver e implementar projetos operacionais e padrões de sistema, verificar o desempenho do processo e buscar a melhoria contínua. Estes são fóruns ideais para conhecer e avaliar as melhores tecnologias e práticas associadas ao PAE. Também são comentados e analisados os riscos da adoção de desenvolvimentos para o PAE, que em função de suas indefinições técnicas, podem comprometer a imagem da Empresa.

Uma das principais estratégias da Empresa para a obtenção de uma gestão ambiental eficiente é o envolvimento nas práticas ambientais de uma quantidade maior possível de pessoas. Este envolvimento possibilitou que o processo ambiental ficasse disseminado por toda a Empresa. O eixo-guia das atribuições da equipe de coordenação ambiental está na identificação dos pontos fortes de cada pessoa da organização, de forma a buscar a obtenção de uma maior sinergia, na qual as correspondentes especialidades são colocadas em prática, o que permite uma atuação efetiva contínua e eficaz em toda a Empresa.

Na Empresa, a busca do conhecimento ou inteligência ambiental está fortemente associada às pessoas da área de meio ambiente, e procura fazer com que as estratégias a serem implementadas a médio e longo prazo estejam corretamente alinhadas às boas práticas, tendências e tecnologias disponíveis.

A estratégia adotada pela área de meio ambiente da Empresa é de evitar a centralização de atividades de rotina nos departamentos de meio ambiente, sempre que possível, buscando envolver a maior quantidade possível de pessoas no processo de meio ambiente da Empresa. Por conseguinte, o maior desafio dos gestores ambientais da Empresa é a realização da sensibilização ou disseminação da inteligência ambiental para toda a sua força de trabalho.

Como exemplo de prática adotada na Empresa sobre este envolvimento das pessoas frente à gestão do PAE, as áreas de suprimento metálico, pátio de sucata e aciaria possuem responsabilidades específicas para garantir o bom desempenho desse processo.

A área de suprimento metálico é responsável pela compra da sucata, orientado para evitar impurezas na sucata comprada, pois estas ocasionam uma maior geração de PAE durante a produção de aço na aciaria. Atua junto aos fornecedores para buscar identificar soluções para evitar a recorrência de não conformidades na gestão de sucatas.

A área do pátio de sucata realiza o controle de qualidade da sucata que ingressa, bem como a correta preparação das cargas que seguirão para o FEA. A equipe do pátio de sucata está atenta para evitar que impurezas ingressem junto com a sucata e possam causar danos ao ambiente e às pessoas, tais como sucatas que contenham cilindros de gases, materiais radioativos, embalagens com resíduos perigosos e demais materiais não ferrosos.

A aciaria realiza a operação do FEA e respectivo sistema de despoejamento. Além de garantir a qualidade da sucata, que fica relacionada diretamente à característica do PAE, a equipe de operação do FEA assegura que o sistema de despoejamento capture as emissões atmosféricas geradas nas operações de carregamento, fusão e vazamento do FEA.

Quanto ao relacionamento com órgão de controle ambiental, a Empresa valoriza e incentiva um sólido vínculo, cuja base está na confiança e no respeito construídos entre ambas as partes ao longo do tempo. O nível de confiança aumenta de forma gradativa, fundamentada pelas atitudes e ações tomadas nos contatos estabelecidos. Também fundamentaram essa relação sólida, o respeito ao papel de autoridade que o órgão fiscalizador desempenha e a apresentação de propostas coerentes e lógicas que buscam harmonia entre a proteção ambiental e o desenvolvimento econômico e social. São realizados encontros frequentes para tratar, entre outros assuntos, de temas de rotina, monitoramentos, projetos de expansões, reclamações e adoção de novas tecnologias. As conclusões desses encontros são registrados de forma a oficializar as posições assumidas pelas partes.

3.1.6 Competência, Treinamento e Conscientização

Os treinamentos associados à gestão do PAE na Empresa estão dentro dos módulos dos treinamentos de conscientização ambiental para todos trabalhadores e, também, incluído no treinamento de integração dos novos trabalhadores. Os treinamentos mais específicos são os de resíduos sólidos, operação do sistema de despoejamento, interpretação da ABNT NBR 14.001/2004, legislação ambiental, tratamento de não conformidades, plano de preparação e atendimento a emergências, entre outros. Para assegurar um correto programa de treinamento ambiental, os gestores da Empresa identificam as necessidades de treinamento de sua equipe e gerenciam sua execução.

3.1.7 Comunicação

A Empresa considera que a comunicação é uma importante ferramenta para que, tanto o público interno, quanto os demais *stakeholders* (clientes, fornecedores, comunidade e acionistas) tomem conhecimento das ações ambientais desenvolvidas, o que faz com que, em função dessa importância, essas comunicações sejam registradas. Para organizar comunicações externas, são listadas as diversas partes interessadas, identificados os meios de mídia de comunicação mais apropriados para cada um, assim como traçados planos de ação para efetivar a comunicação com esses públicos. Os incidentes ou acidentes ambientais relevantes são reportados para o responsável da Empresa e, também, para o responsável pela área de comunicação. As comunicações associadas ao PAE, podem ser: tombamento da carga, reclamações da comunidade vizinha e prestadores de serviço, cargas com elevado nível de radioatividade, áreas com o solo contaminado, etc.

3.1.8 Controle Operacional do PAE

Para a correta operação do processo de gestão do PAE, a Empresa possui procedimento que define as responsabilidades para os envolvidos, tais como as áreas geradoras, lideranças, representantes da Comissão Interna de Meio Ambiente, multiplicadores do SGA, área responsável pelo armazenamento temporário dos resíduos e coprodutos no interior da Empresa, área de meio ambiente e área comercial de resíduos e coprodutos.

Compete às áreas geradoras priorizar a minimização da geração dos resíduos, segregar e identificar os resíduos corretamente, conforme tabela de identificação da cor e etiqueta do resíduo e destinar os coprodutos/resíduos em conformidade com os requisitos legais, onde aplicável. Compete, ainda, providenciar a emissão de Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), documento que deve acompanhar os resíduos perigosos, de forma a garantir que a operação de destinação do resíduo seja acompanhada desde a saída da fonte geradora até a chegada no destinatário.

Caso ocorram pequenos derramamentos ou vazamento de resíduos perigosos, a área geradora os remove com recursos apropriados, acondicionando-os em recipientes adequados e devidamente identificados.

Cabe à liderança, aos representantes da Comissão Interna de Meio Ambiente e multiplicadores do SGA assegurar que todos os resíduos sejam gerenciados de forma apropriada e segura, desde a sua geração até a sua destinação final, zelando pela organização e controle. Devem sugerir à área de meio ambiente a forma de acondicionamento, identificação e local de armazenamento temporário dos coprodutos/resíduos gerados de acordo com as necessidades das áreas. Por último, devem manter atualizada e disponível nas áreas as tabelas com as informações sobre resíduos e coprodutos (nome do resíduo, classificação, meio de acondicionamento, responsável pelo transporte interno e destinação final).

É de competência do setor responsável pelo armazenamento temporário dos resíduos e coprodutos zelar pela organização e controle do armazém temporário de coprodutos e resíduos, quantificar as saídas e estoques, providenciar a emissão de MTR para os resíduos e coprodutos perigosos e mantê-los à disposição da fiscalização do órgão de controle.

Cabe à área de meio ambiente definir para o PAE, em conjunto com as áreas, a forma de acondicionamento, identificação e local de armazenamento temporário, caracterizar e classificar, definir alternativas de tratamento e/ou disposição final de maneira técnica e economicamente viável, onde possível, observando cuidados ambientais e legais, assessorar a área de comercialização de resíduos e coprodutos na identificação de destinatários e transportadoras devidamente licenciados; solicitar autorização para envio para fora do Estado - quando necessário - e capacitar e treinar colaboradores para a correta segregação dos coprodutos e resíduos. Essa área deve realizar a elaboração da ficha de emergência para os resíduos perigosos e envelope para transporte, assessorar na identificação de indicadores ambientais para a gestão dos coprodutos e resíduos, encaminhar ao órgão de controle os inventários, verificar a eficácia das ações descritas no procedimento de resíduos e coprodutos e realizar auditorias nos destinatários.

A área comercial de resíduos e coprodutos é responsável por requisitar aos destinatários e transportadoras a documentação legal necessária para o transporte e manter cópias arquivadas destes documentos, enquanto vigentes. Também auxilia a área de meio ambiente na identificação de destinatários devidamente habilitados, além de quantificar as saídas e estoques e manter a disposição do órgão de controle os comprovantes de vendas, bem como comprovante de recebimento por terceiros dos resíduos doados, com as respectivas quantidades.

3.1.9 Verificação

A Empresa identifica os pontos críticos de seu processo para serem monitorados e mede regularmente as características-chave de suas operações que possam causar impactos ambientais. Os resultados desses monitoramentos e medições são avaliados e revisados periodicamente. Essas medições fundamentam os ajustes necessários no seu plano de objetivos e metas e permitem conhecer o seu desempenho ambiental.

A Empresa possui indicadores ambientais em diferentes níveis que buscam refletir seu desempenho ambiental. A identificação dos indicadores ambientais que possam refletir o desempenho ambiental da Empresa é planejada e sua aprovação envolve diferentes níveis da Empresa. Os indicadores são desdobrados para que sua gestão esteja o mais próximo possível dos respectivos responsáveis diretos.

A Empresa possui um procedimento para tratar não conformidades ambientais (NCs), através de ações corretivas e preventivas, utilizado por todos os trabalhadores e gerenciado pela área de meio ambiente. O gerenciamento contempla a contínua avaliação das informações inseridas, o cumprimento dos prazos estabelecidos para evitar a recorrência das ações corretivas e preventivas. Esse processo inicia com a avaliação das causas que provocaram a NC, seguido pelo estabelecimento do plano de ação para cada causa identificada. Cada plano de ação possui um responsável, assim como data prevista para sua conclusão. Finalmente, para o encerramento do plano de ação, é informada a verificação de eficácia da ação ou das ações tomadas. Essa sistemática de gestão das não conformidades ambientais é comum às áreas de qualidade e segurança. A liderança considera que uma das maiores dificuldades nesse processo é a correta análise das causas e sua avaliação da eficácia, para assim evitar a recorrência dessas NCs. Exemplos de ações de melhoria na gestão do PAE são os programas de pavimentações, de ações corretivas e os vazamentos nas operações de carregamento.

As auditorias são conduzidas para avaliar a efetividade do SGA da Empresa. Os resultados das auditorias são avaliados nas reuniões de análise crítica pela administração. Existem diferentes níveis de auditoria na Empresa, que são: internas, externas, compulsórias, em fornecedores e em destinatários de resíduos e coprodutos.

A auditoria interna do SGA é realizada pela própria equipe da Empresa, com trabalhadores habilitados nos cursos de formação de auditores. Essa atividade é coordenada pelo gestor ambiental e executada pelo menos uma vez por ano. A quantidade de NCs e

oportunidades de melhorias identificadas nas auditorias internas na fase inicial de implantação costumam ser elevadas. À medida que o sistema é aperfeiçoado, são disseminadas suas práticas e, conseqüentemente, reduzida a quantidade de NCs. A metodologia adotada para acompanhamento das ações decorrentes das auditorias internas é fundamentada no registro das entrevistas com os auditados em formulários ou *checklists*, específicos para cada prática auditada. Essa lista permite ao auditor seguir uma seqüência que contemple os requisitos que serão auditados, orientando para que as questões prioritárias sejam avaliadas. A equipe auditora é constituída por dois auditores, na qual o auditor líder é o responsável pela elaboração do relatório e verificação da implementação das ações planejadas, a partir das NCs e melhorias identificadas.

No processo de auditoria interna, também são realizadas auditorias por auditores ou examinadores de outras unidades, para permitir a troca de práticas e a identificação de oportunidades de melhorias para aperfeiçoamento da gestão.

As auditorias externas são realizadas por empresas certificadas e habilitadas para esta atividade. Para a norma ABNT NBR 14.001/2004, os diferentes ciclos de auditorias externas são realizados com frequência anual, iniciando pela pré-auditoria, que antecede, em aproximadamente 30 a 60 dias a auditoria de certificação; posteriormente vem a auditoria de certificação propriamente dita, marco que estabelece o início do processo de gestão ambiental. As próximas auditorias são chamadas de manutenção, até chegar à realização da auditoria externa de recertificação, que ocorre após quatro anos da auditoria de certificação. Os rituais de auditoria externa mobilizam toda a estrutura da Empresa, tanto na fase preparatória quanto na fase de realização, que costuma durar de 2 a 3 dias, normalmente realizada por uma dupla de auditores. A energia empreendida para a preparação da Empresa para os processos de auditoria externa vai reduzindo à medida que o sistema de gestão amadurece e sedimenta os mecanismos necessários para que todos os requisitos previstos na norma sejam atendidos de forma harmônica e envolvente na Empresa. Em cada ciclo de auditoria externa são incluídas melhorias no sistema ambiental, oriundos da experiência da equipe auditora, na qual são revistas as sistemáticas de controle, identificadas e implementadas simplificações.

Outra forma de auditoria externa recebida pela Empresa são aquelas realizadas para atender as exigências da legislação para auditorias compulsórias, criadas para auxiliar os órgãos de controle na abrangência de sua atuação. Elas são realizadas por empresas habilitadas pelos órgãos de controle e orientadas para uma verificação sobre o nível de atendimento das condicionantes da licença ambiental e da legislação vigente por parte da empresa avaliada.

Um terceiro tipo de auditoria externa recebida pela Empresa é realizada por fornecedores ou até mesmo clientes, que fazem visitas para certificar-se de que as práticas ambientais adotadas na Empresa estão adequadas e atendem os requisitos legais aplicáveis, e não colocam em risco seu negócio pelo não atendimento de requisitos ambientais.

A Empresa também realiza sua auditoria externa junto a seus destinatários de resíduos/coprodutos. O controle ambiental dos destinatários demonstra o comprometimento da Empresa com o meio ambiente e objetiva reduzir riscos na gestão de encaminhamento de seus resíduos e coprodutos para terceiros. As auditorias são conduzidas pela equipe de meio ambiente e suprimentos. Seguem um plano anual para verificações do atendimento dos requisitos legais, com ênfase no cumprimento das condicionantes da licença ambiental. Também é verificada a situação das instalações para prevenir eventuais impactos ambientais resultantes das atividades ou estocagem de resíduos. É observado o correto uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), as previsões de ampliações de capacidade, a confiabilidade dos controles para entrada e saída de resíduos, a destinação dos resíduos gerados no seu processo de reciclagem e/ou disposição, as condições dos veículos utilizados para transportar os coprodutos/resíduos, a existência de eventuais evidências de passivo ambiental, a realização de programas e eventos internos de educação ambiental e, por último, a existência de um SGA implementado ou certificações ambientais.

3.1.10 Análise pela Administração

As avaliações do SGA ocorrem ao longo do ano e sua função básica é identificar as novas rotas a serem seguidas a partir dos resultados obtidos no dia a dia. O fórum para caracterizar a análise crítica ambiental envolve os gestores líderes, sendo coordenado pelo responsável da Empresa. Uma constatação prática da equipe de meio ambiente mostra que, quanto maior o conhecimento e envolvimento desta equipe gestora, maior é o desempenho ambiental da Empresa.

3.2 TECNOLOGIA

Nesta seção é realizada a avaliação das questões tecnológicas associadas ao processo do PAE, segundo as práticas industriais da Empresa, cuja finalidade é fortalecer e consolidar aquelas boas práticas ou rotas tecnológicas consideradas sustentáveis.

3.2.1 Prática Associada ao Pó de Aciaria Elétrica (PAE)

A Empresa realiza periodicamente a classificação do PAE, de acordo com a legislação, de forma a garantir a sua correta gestão e destinação. Essas classificações conferem ao PAE a classe de resíduo perigoso, o qual é classificado de acordo com a ABNT NBR 10.004/2004. Já a amostragem é realizada de acordo com a ABNT NBR 10.007/2004. Diante disso, o PAE é armazenado em silos metálicos aéreos, de forma a evitar contaminações do solo, e descarregado para os caminhões através da abertura de válvulas rotativas. Essa operação é realizada no interior de um prédio para evitar que as emissões atmosféricas fugitivas com PAE sejam dispersas para o meio externo. Quando o PAE é encaminhado à Central de Armazenamento de Resíduos (CAR), isto requer que esta possua células construídas com dupla camada de material impermeável e com dreno testemunho para identificar eventuais contaminações de águas subterrâneas.

A qualidade das águas subterrâneas no entorno da casa de filtros é monitorada em poços de monitoramento, com coletas de amostras periódicas que são encaminhadas para laboratórios credenciados pelo órgão de controle. Na lista dos parâmetros analisados, estão aqueles predominantes na composição do PAE, tais como ferro, zinco, cádmio e chumbo.

Todas as equipes envolvidas no manuseio e movimentação do PAE recebem orientações quanto às características e riscos à saúde, ao meio ambiente, assim como procedimentos em casos de emergências. O transporte é realizado por Empresas que atendam os requisitos legais para o transporte de resíduos perigosos. A Empresa verifica as condições do veículo transportador antes de efetuar o carregamento da carga. As condições de segurança são avaliadas para o transporte, tais como a existência de placas de segurança na carroceria, equipamentos de proteção individual e coletiva, símbolos, número de risco, fichas de emergência e qualificação do motorista. Para o transporte do PAE, é necessário a emissão de MTR e o acompanhamento da ficha de emergência e do envelope de transporte, conforme ABNT NBR 7503/2009.

A Empresa identifica seus equipamentos críticos que estão associados aos aspectos e impactos significativos do processo de geração, captação e destinação do PAE. Essa identificação é realizada a partir do levantamento e avaliação sistemática desses aspectos e impactos. Esses equipamentos são considerados críticos, pois, se funcionarem de forma inadequada, poderão ocasionar um dano ambiental. Alguns equipamentos considerados críticos são a casa de filtros, os ventiladores que capturam o PAE, os transportadores de PAE, equipamentos de beneficiamento de sucata, entre outros.

A implantação do triturador de sucata (*Shredder*) melhora a eficiência de remoção de impurezas da sucata e resulta em uma redução do consumo de energia, refratários e menor geração de escória e PAE. A redução sobre a geração do PAE é de aproximadamente 25%. O material não ferroso segregado no triturador de sucata (*Shredder*) é encaminhado para os separadores Eddy Current, que utilizam efeitos eletromagnéticos para segregar os metais não ferrosos dos ferrosos. Essa operação nos separadores Eddy Current proporciona uma redução no volume de resíduos dispostos em aterros ou Centrais de Armazenamento de Resíduos (CAR) e amplia a reciclagem dos materiais separados. O piso onde fica disposta a sucata a ser processada e a que foi beneficiada é pavimentado, e o pluvial coletado nesta área é encaminhado para tratamento na Central de Tratamento de Efluentes Líquidos. As peças de sucata que possuem grandes dimensões requerem uma operação prévia de oxi-corte para reduzir o seu tamanho e, assim, evitar a ocorrência de danos ao *Shredder*.

A seguir, é apresentada a caracterização, quanto à composição química do PAE. A Tabela 14 mostra os resultados das análises químicas da massa bruta realizadas no PAE, coletado junto à câmara de combustão em cinco usinas siderúrgicas. Essas amostras de PAE foram coletadas e enviadas para análise em um único laboratório, localizado em Porto Alegre/RS. As amostras coletadas nas empresas 4, 10, L125 e L45 foi com o PAE depositado em diferentes locais da câmara de combustão, formando uma amostra composta para cada uma das Usinas. Por outro lado, as amostras da Usina E12 foram desdobradas nas posições de fundos, piso, teto e parede da câmara de combustão.

A Usina 10 é uma empresa produtora de aços longos, possui aciaria com FEA e uma produção aproximada de 150.000 toneladas/ano. As demais Usinas (4, L123, L45 e E12) estão caracterizadas na Tabela 15.

Parâmetros	Metodologia	Unidade	USINAS										
			4	10	L123	L45	Média Usinas 4, 10, L45 e L123	E12				Média Usina E12	
			Amostra composta					Fundos	Piso	Teto	Parede		
			Laudo 89821/02	Laudo 89820/02	Laudo 89818/02	Laudo 100623/03	Laudo 91878/02	Laudo 91879/02	Laudo 91880/02	Laudo 91881/02			
Bário	Espectrof. de Absorção Atômica	mg/kg Ba	0,0	4,6	1,1	450,0	113,9	238,0	253,0	248,0	219,0	239,5	
Cádmio	Espectrof. de Absorção Atômica	mg/kg Cd	520,0	39,0	270,0	63,0	223,0	171,0	67,0	340,0	742,0	330,0	
Cálcio	Espectrof. de Absorção Atômica	mg/kg Ca	107,0	120,0	137,0	26.000,0	6.591,0	22.000,0	40.000,0	24.000,0	24.000,0	27.500,0	
Chumbo	Espectrof. de Absorção Atômica	mg/kg Pb	3.450,0	1.360,0	1.510,0	750,0	1.767,5	4.880,0	1.460,0	5.000,0	6.120,0	4.365,0	
Cloretos	Titul. Precipit.-Argentimetria	% Cl ⁻	0,2	0,9	3,4	-	1,5	1,3	0,0	0,2	0,4	0,5	
Cobre	Espectrof. de Absorção Atômica	mg/kg Cu	2.760,0	790,0	2.040,0	502,0	1.523,0	1.200,0	950,0	1.320,0	1.470,0	1.235,0	
Condutividade	Condutimetria Direta	µmho/cm	1.328,0	1.948,0	5.360,0	142,0	2.194,5	2.170,0	389,0	1.003,0	1.425,0	1.246,8	
Cromo Total	Espectrof. de Absorção Atômica	mg/kg Cr	1.350,0	1.560,0	987,0	1.650,0	1.386,8	280,0	2.890,0	330,0	3.510,0	1.752,5	
Enxofre Total	Turbidimetria	mg/kg S	12.000,0	7.600,0	4.770,0	2.500,0	6.717,5	214,0	59,0	308,0	230,0	202,8	
Ferro Total	Espectrof. de Absorção Atômica	% Fe	36,0	31,0	33,0	20,0	30,0	31,0	36,0	26,0	39,0	33,0	
Magnésio	Espectrof. de Absorção Atômica	% Mg	1,7	2,8	1,2	1,0	1,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	
Manganês	Espectrof. de Absorção Atômica	mg/kg Mn	10.000,0	13.000,0	9.120,0	13.000,0	11.280,0	9.250,0	9.300,0	9.480,0	11.700,0	9.932,5	
Níquel	Espectrof. de Absorção Atômica	mg/kg Ni	288,0	73,0	244,0	96,0	175,3	429,0	1.030,0	781,0	1.000,0	810,0	
pH	Potenciometria		10,5	10,6	7,1	9,7	9,5	7,6	10,3	9,4	8,4	8,9	
Sílica Total	Estrof de Absorção Molecular	% SiO ₂	8,3	7,1	2,1	5,9	5,9	2,2	3,4	2,3	2,6	2,6	
Sulfatos	Turbidimetria	mg/kg SO ₄ ⁻	2.700,0	2.220,0	2.430,0	55,0	1.851,3	48.000,0	5.000,0	26.000,0	53.000,0	33.000,0	
Sulfetos	Estrof de Absorção Molecular	mg/kg H ₂ S	4,3	13,2	0,0	0,7	4,6	33,0	21,0	30,0	19,0	25,8	
Umidade	Gravimetria	% H ₂ O	0,1	0,1	0,5	8,4	2,3	5,7	12,0	0,6	10,9	7,3	
Vanádio	Espectrof. de Absorção Atômica	mg/kg V	-	-	-	197,0	197,0	83,0	86,0	45,0	58,0	68,0	
Zinco	Espectrof. de Absorção Atômica	% Zn	10,2	6,3	17,4	1,8	8,9	4,1	1,7	4,6	4,4	3,7	

Tabela 14 - Resultados das análises químicas da massa bruta realizadas no PAE em amostras coletadas na câmara de combustão (elaborada pelo autor).

Diante desses resultados, pode-se identificar que ocorrem variações nas concentrações de alguns parâmetros, enquanto outros ficam dentro de uma mesma magnitude de valores. A Usina E12 apresentou maiores concentrações de bário, cálcio, chumbo e níquel e, por outro lado, resultou em valores de cloretos e enxofre menores. As maiores concentrações de cloretos foram identificadas na amostra da Usina L123 e na posição dos fundos da câmara de combustão da Usina E12. Já as maiores concentrações de chumbo e cromo foram as depositadas nas paredes da Usina E12. O valor médio do zinco na câmara de combustão ficou em 8,9% para as Usinas 4, 10, L123 e L45 e 3,7% para a Usina E12, resultando uma média geral de concentração de zinco em 6,3%. Portanto, o teor de zinco dessas amostras resultou em baixos valores de concentração se comparado com a média do PAE coletada nas casas de filtros, representando 10 a 25% do teor de zinco do PAE captado na casa de filtros.

O PAE é classificado como perigoso por apresentar constituintes com o cromo hexavalente, chumbo e cádmio, e tóxico pelas características de periculosidade e corresponde, em média, a 3% do total de resíduos gerados nessas empresas.

3.2.2 Prática Associada aos Indicadores do Sistema de Captação do PAE

Os pontos de saída dos sistemas de controle das emissões atmosféricas são monitorados e os resultados são analisados e comparados aos limites legais. A Empresa atende à Resolução CONAMA nº 382/2006 e à condicionante das licenças de operação que

estabelecem limites para a emissão de material particulado da aciaria. FEAs com capacidade inferior a 50 toneladas por corrida, o limite é 50 mg/Nm³; para fornos com capacidade maior que 50 toneladas por corrida, é de 40 mg/Nm³. O desempenho qualitativo e quantitativo do sistema de captação de PAE está fortemente relacionado com o dimensionamento, com as condições de operação dos equipamentos (câmaras, ventiladores e filtros de mangas) e, também, com a qualidade da matéria-prima, principalmente a sucata metálica.

Com o objetivo de identificar indicadores que permitam refletir o desempenho de instalações de sistemas de captação de PAE, e fundamentar as práticas de tecnologia consideradas nas matrizes de avaliação-Seção 4.2, foi realizado um levantamento de dados em diferentes Usinas siderúrgicas. Os dados com as características das 11 Usinas, designadas como L123, L45, E12, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, são apresentados na Tabela 15. As Usinas consideradas no estudo produzem aços longos e especiais, possuem processos de aciaria e laminação e uma capacidade de produção média de 40.000 toneladas de aço/mês e estão localizadas em diferentes locais do Brasil e exterior. As Usinas que têm a numeração desdobrada com a letra “a” representam as características da instalação de captação existente no ano de 2011; as com a letra “b” correspondem às instalações da mesma Usina, porém, com modificações a serem implantadas no futuro, algumas estão na fase de projeto e outras na de montagem. Nesta Tabela 15, são mostrados os dados gerais das Usinas e também os indicadores informados por elas sobre suas instalações existentes de captação do PAE e para as que estão na fase de projetos ou montagem (2, 6 e 7), são mostrados os indicadores esperados para suas futuras instalações.

Tabela 15 - Características e indicadores dos sistemas de captação do PAE de 11 Usinas siderúrgicas

USINAS	Unidade	L123	L45	E12	2a	2b	3	4	5	6a	6b	7a	7b	8	9
DADOS GERAIS															
Vazão primária	Am ³ /h	145.000	589.103	226.520	254.242	254.242	534.615	272.572	126.374	142.564	111.209	148.919	262.308	239.835	127.418
	Nm ³ /h	58.000	175.000	80.000	96.000	96.000	150.000	83.754	50.000	40.000	44.000	47.000	70.000	75.000	45.000
Vazão secundária	Am ³ /h	380.100	1.200.000	620.000	600.000	1.117.800	1.518.000	695.484	475.000	210.440	450.000	740.000	740.000	680.000	701.465
	Nm ³ /h	240.000	853.125	420.000	369.752	757.219	1.126.125	502.461	374.400	150.000	325.000	501.290	515.357	376.000	500.000
Capacidade do forno	t/corrida	21,5	100	75	110	110	100	78	25	20	23	45	45	55	30
Produção horária	t/h	30	120	59	78	106	133	66	41	17	22	40	40	49	38
INDICADORES															
SECUNDÁRIO															
Relação vazão/produzividade Forno	m ³ /t	12.670	10.000	10.508	7.083	10.501	11.457	9.800	11.717	8.824	20.642	16.050	16.050	13.878	13.947
Relação volume/produzividade Forno	m ³ /t	80	103	92	173	126	46	95	0	25	69	40	90	92	118
PRIMÁRIO															
Vazão primária/Produzividade	Nm ³ /t	1.933	1.458	1.356	1.236	902	1.132	1.271	1.233	2.353	2.018	1.175	1.750	1.531	1.184
Consumo Oxigênio	t aço/Nm ³ /h O ₂	0,030	0,020	0,023	0,029	0,022	0,033	0,024	0,048	0,020	0,048	0,023	0,023	0,023	0,029
AGUA															
Vazão de água total	l/m ³ /h	4,8	0,8	6,0	9,1	9,1	3,7	5,9	2,5	2,0	5,8	4,9	5,2	5,7	9,4
Área duto refrigerado/vazão ar primária	cm ² /m ³ /h	15	12	54	42	64	6	17	20	18	23	16	6	8	11
FILTRO															
Vazão total/area filtrante total	m/min	0,41	0,70	0,67	0,96	0,91	0,92	0,61	0,88	1,56	0,83	1,57	1,57	1,31	1,66
Vazão/area filtrante na limpeza	m/min	0,47	0,74	0,75	1,05	0,99	0,98	0,68	0,98	1,73	0,93	2,09	2,09	1,45	1,90
CAMARA COMBUSTÃO															
Velocidade transversal	m/s	9,6	4,8	7,3	4,1	4,1	2,6	5,4	6,1	8,6	6,3	2,5	4,6	5,8	3,7
Tempo de residência	s	0,7	2,2	0,0	2,3	2,3	2,0	1,4	1,1	0,8	1,2	3,1	2,5	2,3	0,0
HOT QUENCH TOWER (HQT)															
Tempo permanência	s	NA	2,2	NA	NA	NA	2	NA	NA	1,55	2,2	NA	3	3	3
Vazão água/vazão primária	l/m ³	NA	0,06	NA	NA	NA	0,07	NA	NA	0,04	0,056	NA	0,08	0,08	0,10
PAE															
Geração de PAE	kg PAE/t aço	9,79	15,69	17,00	18,40	ND	18,00	8,43	10,77	12,14	ND	18,19	ND	12,96	17,00
Relação ar secundário / geração de pó	m ³ /kg PAE	1.294	637	618,15	420,00	ND	636,48	1.252	1.088,18	1.020	ND	1.017	ND	1.071	1.190,94

Os indicadores da Tabela 15 estão desdobrados nas Figuras 15 a 21 com a finalidade de visualizar a distribuição desses resultados e, desta forma, permitir selecionar aquelas faixas com maior concentração de sistemas de captação. Nesses gráficos, os diâmetros dos círculos correspondem à produção média horária dos FEAs em tonelada/hora. Os indicadores estão agrupados em seis sistemas que compõem as instalações típicas de captação do PAE, que são: sistema primário, sistema secundário, sistema de resfriamento com água, câmara de combustão, HQT, filtro e geração do PAE.

O retângulo mostrado nas figuras gráficas representa a faixa onde está concentrada a maior quantidade de Usinas, configurando assim as faixas dos respectivos indicadores. As Usinas que apresentam seus indicadores fora dessa área retangular caracterizam desempenhos que superam ou que ficam abaixo da média das demais Usinas. Portanto, é esperado que as Usinas possuam instalações capazes de manter seus indicadores dentro ou próximo das áreas definidas pelos retângulos.

O crescimento dos valores dos indicadores vazão primário/produção, vazão secundário/produção, vazão água/vazão ar primário, área de dutos resfriados/vazão primária, volume de coifa/produção e tempos de permanência indicam condições favoráveis a melhor eficiência de captura do PAE. No sentido oposto, o crescimento dos indicadores produção/consumo de O₂, velocidade transversal e taxas de filtragem representam condições desfavoráveis de eficiência.

Para os indicadores de geração de PAE, o crescimento dos valores não ficam bem definidos quanto à favorabilidade, pois instalações que apresentam elevada geração de PAE podem sinalizar processos com elevado teor de impurezas na carga fria do FEA. Por outro lado, processos com baixa geração de PAE podem indicar carga fria com melhor qualidade ou sistema ineficiente de captura no sistema de despoeiramento.

Para alguns indicadores (sistema primário, câmara de combustão, filtro de mangas e geração de PAE), foram apresentados referenciais encontrados na bibliografia ou em visitas técnicas, que ratificam e permitem compará-las com os dados levantados pelas Usinas; para os demais, não foi localizada na bibliografia a existência de indicador que permita tal comparação.

Sistema Primário

Os principais dados para caracterizar o sistema de captação primária estão associados ao consumo de oxigênio e à vazão disponível para captar as emissões durante a operação de

fusão do FEA. Esses dados foram relacionados à produção horária para permitir obter indicadores específicos e, assim, comparar as diferentes Usinas.

A Figura 15 mostra que a maior concentração de Usinas apresentam uma relação entre a vazão primária e a produção horária do FEA em torno 1.100 a 1.700 Nm³/t. Cabe salientar que essa faixa coincide com a faixa recomendada por Brand (1996), mostrada na Tabela 1.

A Usina 2 está desenvolvendo projeto de ampliação de vazão secundária – como pode ser observado na Figura 15 –, manterá a vazão primária e ampliará a capacidade produtiva. No cenário futuro (2b), o indicador vazão primária/produção horária irá reduzir seu valor e ficará fora da área do retângulo do gráfico. Por outro lado, a Usina 6 apresenta valores, tanto para a situação atual (6a), quanto para a futura (6b), que superam a média das Usinas.

A Figura 15 mostra que um consumo de oxigênio médio na faixa de 0,02 e 0,04 t/Nm³ caracteriza a margem de operação da maior parte das Usinas avaliadas. As Usinas 5 e 6b operam com baixos valores de injeção de oxigênio em seus processos, se comparados com as demais Usinas, o que pode contribuir para uma menor geração de fumos.

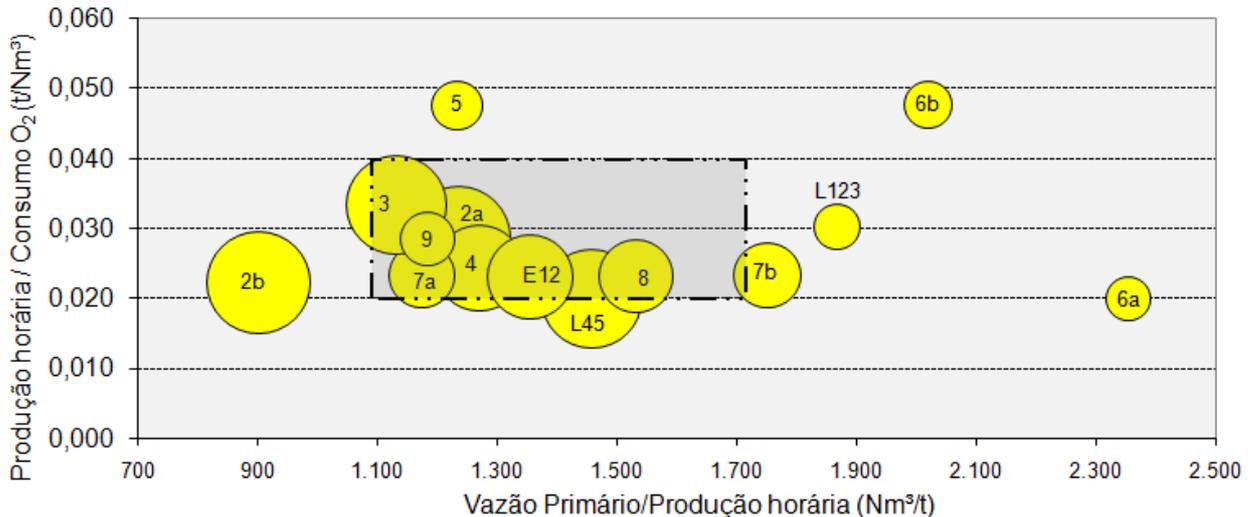


Figura 15 - Captação do PAE – Indicadores vazão primária/produção horária (m³/t) e produção horária de aço/consumo de O₂ (t/Nm³)

Sistema Secundário

Os principais dados para caracterizar o sistema de captação secundária estão associados ao volume de coifa e a vazão disponível para captar as emissões durante o carregamento. Esses dados foram relacionados à produção horária para permitir obter indicadores específicos e, assim, comparar as diferentes Usinas. A Figura 16 mostra que a maior concentração da relação entre vazão secundária e produção horária das Usinas está na faixa de 9.000 a 15.000 m^3/t . Com este indicador, é possível verificar a melhoria implementada no projeto da Usina 2, que passou de uma relação 7.083 para 10.501 m^3/t . A Usina 6 deverá operar no futuro (6b) com uma vazão secundária elevada, pois este valor está acima da média de concentração das demais Usinas.

O volume da coifa com maior concentração de sistemas está na faixa de 40 a 130 m^3/t . Neste indicador, a Usina 2 sinaliza que irá ampliar sua vazão do sistema secundário, passando de 2a para 2b, manter o volume da coifa e ampliar capacidade de produção.

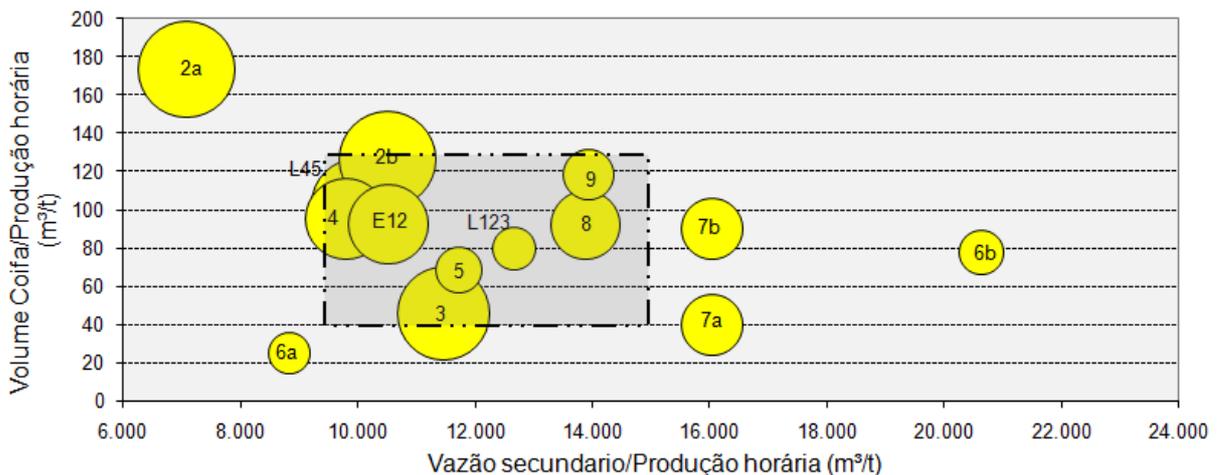


Figura 16 - Captação do PAE – Indicadores vazão secundária/produção horária (m^3/t) e volume da coifa /produção horária do FEA (m^3/t)

Sistema de Resfriamento com Água

Os dutos resfriados do sistema primário utilizam água como agente de resfriamento para rebaixar a temperatura dos gases e, também, preservar a instalação. Portanto, a quantidade deficiente de água proporciona menor resfriamento do gás e maior aquecimento da temperatura da água.

A Figura 17 mostra que a maior parte dos sistemas apresentam a concentração da taxa de vazão primária e vazão de água na faixa de 3 a 7 litros/m³/h. Cabe destacar que a existência da HQT reduz a quantidade de água necessária para resfriar os dutos. Portanto, instalações com HQT, tais como as das Usinas L45, 3, 6a, 6b, 7b, 8 e 9 deverão requerer menores quantidades de água. Diante disso, a Figura 17 confirma que as Usinas L45 e 6a estão com uma menor taxa de água.

O indicador com a relação entre área de dutos do sistema primário e a vazão primária concentra a maior parte dos sistemas entre 3 a 27 cm²/m³/h. A Figura 17 mostra que os sistemas 2a, 2b e E12 estão com uma área de troca acima da média das demais Usinas.

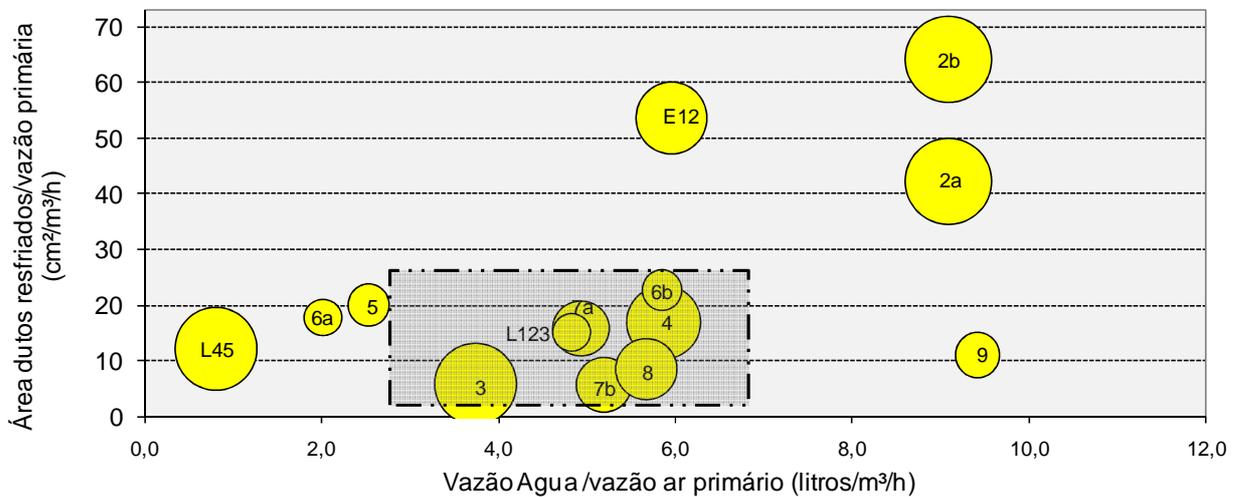


Figura 17 - Captação do PAE – Indicadores vazão água/vazão de ar primário (l/m³/h) e área de dutos resfriados/vazão primária (cm²/m³/h).

Câmara de Combustão

Os gases primários ao saírem do forno passam através da câmara de combustão para precipitar as partículas sólidas maiores, resfriar o gás e garantir a queima de eventual concentração de CO. Os gases devem permanecer dentro da câmara por um período mínimo e dentro de uma determinada faixa de velocidade para que estes fenômenos ocorram com boa eficiência. Portanto, os indicadores escolhidos foram velocidade transversal e tempo de permanência dos gases dentro da câmara de combustão. A Figura 18 mostra que a faixa com maior concentração de sistemas de captação do PAE está com a velocidade transversal entre 3,5 a 8 m/s. Como referência, o valor recomendado por Manten e Brand (1994) para a velocidade transversal, informado na seção 2.2.3.5, é de 10 m/s, o que mostra um valor pouco superior ao limite máximo das concentrações médias das Usinas consideradas.

Em visita à Consultoria Canadense (1997) especializada em sistemas de captação, foi informado, através de seus especialistas, que a velocidade do gás na câmara de combustão deve ficar entre 8 e 9 m/s, a fim de garantir a correta deposição das partículas maiores. Portanto, esses valores de referência ficam na faixa superior, se comparados com os valores informados pelas Usinas avaliadas.

Na seção 3.3 deste estudo, que tratará das visitas técnicas, foi obtida outra referência para esse indicador, junto a especialistas de uma empresa de consultoria canadense. Nessa visita, informaram que consideram valores de velocidade entre 8 a 9 m/s também elevados, se comparados com os valores informados pelas Usinas avaliadas.

As Usinas 7a e 3 estão com velocidades baixas, caracterizando câmara de combustão com dimensões grandes e, por outro lado, as Usinas 6a e L123 têm uma câmara muito pequena, com alta velocidade dos gases. Quanto ao tempo permanência, relacionado diretamente à velocidade, a maior parte das Usinas ficaram na faixa entre 0,8 a 2,7 segundos. A referência dos especialistas da Consultoria Canadense (1997) para esse indicador apontam valores entre 1 e 2 segundos, portanto, próximos dos valores médios obtidos.

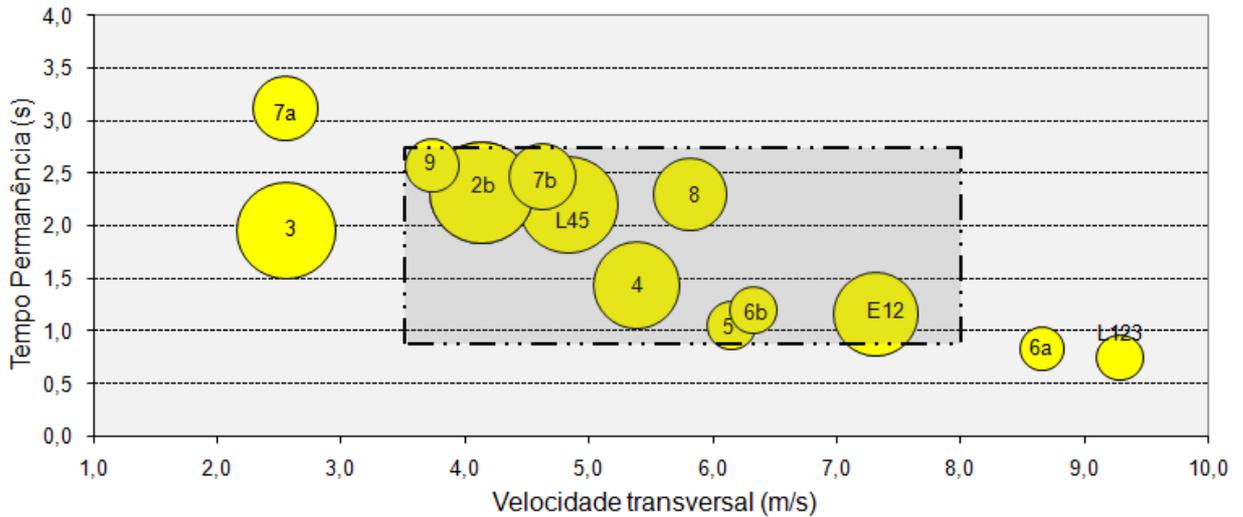


Figura 18 - Captação do PAE – Indicadores velocidade transversal na câmara de combustão (m/s) e tempo de permanência na câmara de combustão (s).

Hot Quench Tower (HQT)

Instalada após a câmara de combustão, a HQT tem a função de resfriar os gases primários e, conseqüentemente, reduzir seu volume. Os gases devem permanecer dentro da HQT por um período mínimo e dentro de uma determinada faixa de velocidade, a fim de que estes fenômenos ocorram com boa eficiência. Para melhor caracterizar esses requisitos, foram escolhidos os indicadores com a relação entre a vazão de água dos *sprays* e a vazão primária e o tempo de permanência. A Figura 19 mostra que a faixa com a maior quantidade de sistemas está entre 0,05 a 0,09 litros/m³ para a relação vazão de água dos *sprays* e a vazão primária. O tempo médio de permanência variou de 1 a 3 segundos. Considerando essas faixas, a Usina 6a está com uma vazão de água de *sprays* muito baixa e a Usina 9, pelo contrário, está com uma vazão elevada.

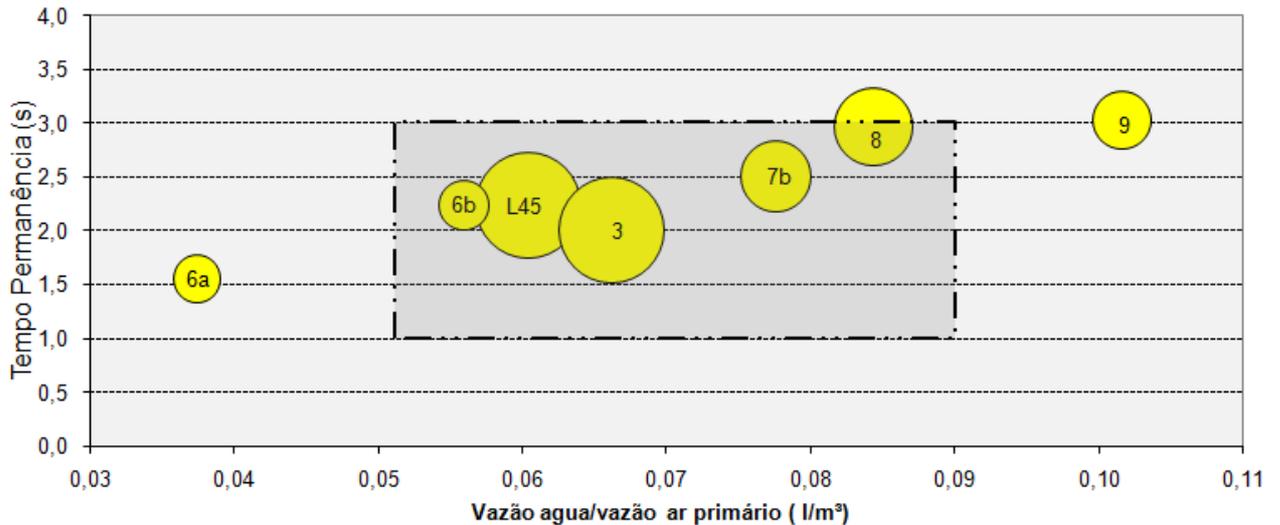


Figura 19 - Captação do PAE – Indicadores vazão de água nos sprays / vazão primária na HQT (l/m^3) e tempo de permanência na HQT (s)

Filtro de Mangas

Os gases do fluxo primário e secundário nos sistemas combinados passam através do filtro de mangas antes de serem enviados para a atmosfera. Uma variável importante para a casa de filtros é a taxa de filtragem, principalmente quando um dos compartimentos do filtro estiver em operação de limpeza. Quanto maior a taxa de filtragem, maior é quantidade de gases que passam através da manga do filtro e, conseqüentemente, menor sua capacidade ou eficiência de filtragem, pois os sólidos finos poderão passar através do tecido filtrante. A taxa de filtragem varia de acordo com o tipo de filtro, no qual filtros negativos com jato pulsante permitem taxas maiores que os de fluxo reverso, isto pode ser observado pela posição dos dois retângulos, onde o retângulo para filtros de fluxo reverso fica à esquerda, posição correspondente a menores taxas de filtragem. Diante dessa particularidade, as Usinas (L123, E12, E4, 2a, 2b, 3, 4), por possuírem sistema de limpeza através de ar reverso, estão representadas na Figura 20 por círculos com o perímetro com destaque em negrito.

A Figura 20 mostra que as faixas onde estão concentradas ou agrupadas a maior quantidade de sistemas estão entre 0,6 a 0,8 m/min para filtros tipo ar reverso e 0,9 a 1,3 m/min para filtros de jato pulsante, na condição de filtragem em que todos compartimentos estão em operação. Para a condição de operação com um compartimento em limpeza, essas faixas passam para 0,6 a 0,9 m/min no caso de filtros tipo ar reverso e 0,8 a 1,5 m/min para filtros tipo jato pulsante. Como referencial bibliográfico, Manten e Brand (1994) recomendam que filtros tipo ar reverso operem com uma taxa entre 0,6 a 0,76 m/min , e o de jato pulsante

entre 1,21 a 1,37 m/min, portanto, valores próximos aos obtidos pelas médias dos sistemas das Usinas consideradas.

A Usina L123 apresenta maior área filtrante se comparada com as demais Usinas; em contrapartida, as Usinas 6a, 6b, 7b e 9 estão com elevadas taxas de filtragem, portanto, devem operar com menores eficiências de filtragem.

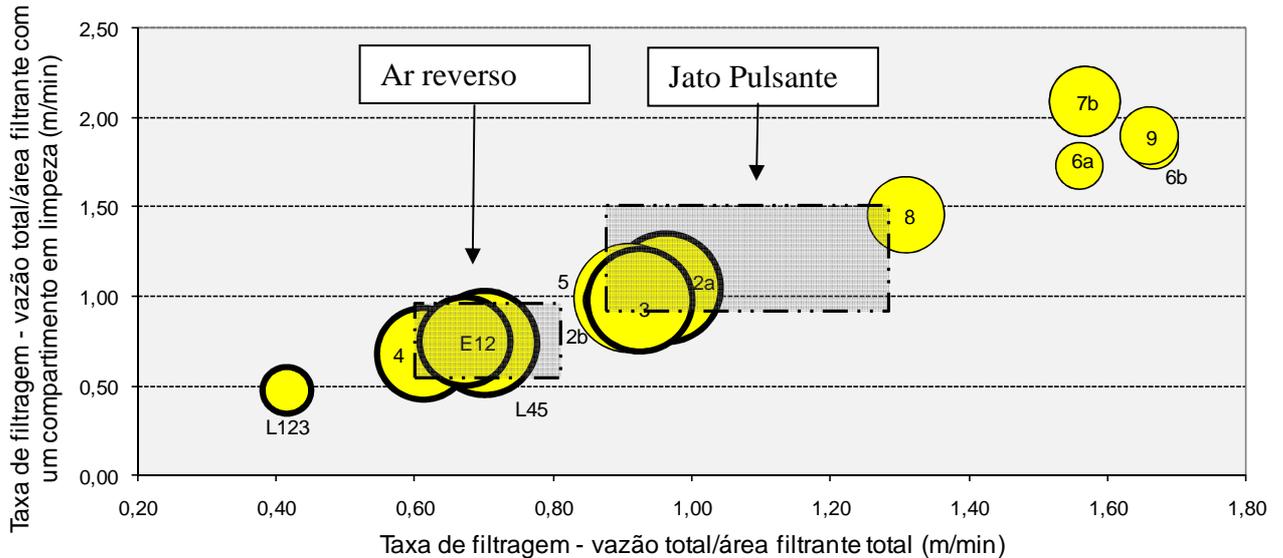


Figura 20 - Captação do PAE – Indicadores vazão total de ar filtrado / área filtrante total (m/min) e vazão total filtrada/área filtrante com um compartimento em limpeza (m/min).

Cabe destacar que esse indicador pode ocultar um fator importante a ser considerado na avaliação de eficiência de filtragem, que são as eventuais infiltrações na casa de filtros. Os efeitos da corrosão e dilatação, decorrentes da intempérie, da composição do gás e das constantes variações de temperaturas que está sujeita a estrutura metálica do filtro de mangas, podem ocasionar aberturas indesejáveis. Nas instalações que operam em depressão (jato pulsante), a ocorrência dessas aberturas possibilita que o ar externo ocupe o volume destinado ao gás captado no forno elétrico, causando diminuição da eficiência do sistema. Esse efeito costuma ser identificado após alguns anos de operação.

Geração PAE

O indicador da geração de PAE por tonelada de aço é um indicador das condições de operação do forno e, também, do sistema de despoeiramento. A Figura 21 mostra que a maior concentração de sistemas estão na faixa de 10 a 17 kg de PAE/tonelada de aço. A Usina L123 é uma das que apresenta a menor geração de PAE, e isto pode ser atribuído à boa qualidade de sucata, ao processo de beneficiamento de sucata, realizado através do *Shredder* e, também, do elevado teor de gusa empregado na carga fria. Por outro lado, as Usinas 2a, 3, 4 7a apresentam uma taxa mais elevada de geração de PAE.

Como referencial de comparação, Brehem (2004) informa que a quantidade de PAE gerada pode variar de 10 a 20 kg de PAE/tonelada de aço produzido.

Outro indicador que pode contribuir para o entendimento do desempenho da instalação é a relação entre a vazão secundária e a quantidade de PAE gerada. A maior concentração de sistemas ficou na faixa de 600 e 1.400 m³ de gás secundário/kg de PAE. Nesse critério, as Usinas 2a e 4 apresentam os menores valores.

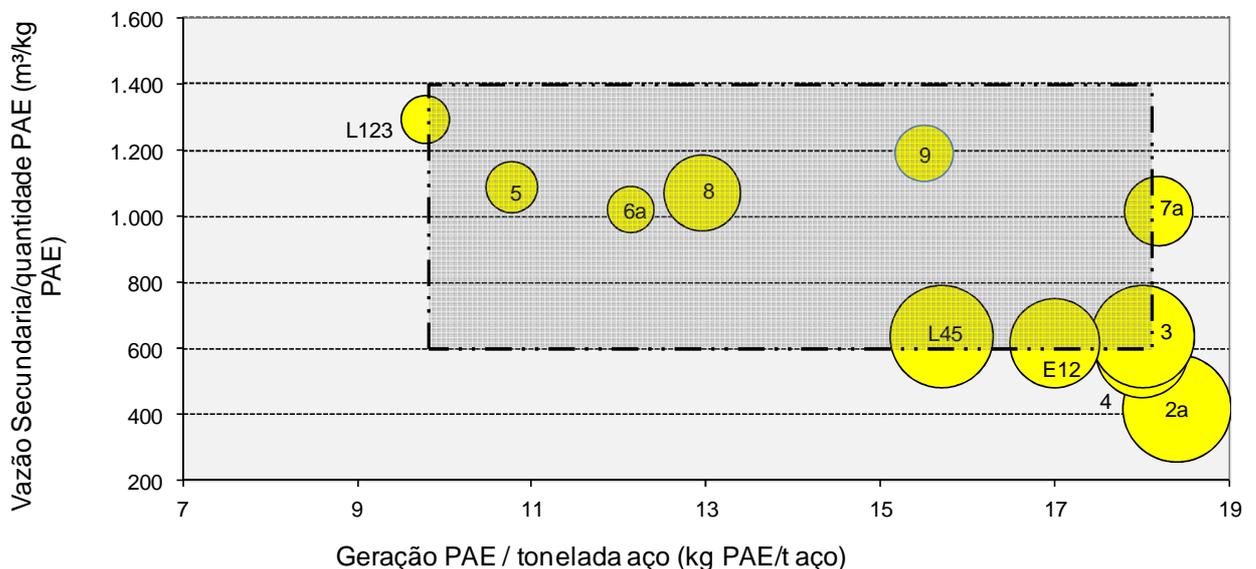


Figura 21 - Captação do PAE – Indicadores de geração PAE/tonelada aço(kg PAE/tonelada aço) e vazão secundária/quantidade de PAE (m³/kg).

3.2.3 Radioproteção

A ocorrência de acidentes em outras empresas localizadas no exterior, ocasionadas pelo ingresso de algum tipo de sucata que contenha fontes radioativas, motivou a instalação de detectores de radioatividade na recepção das cargas com sucata para atuar preventivamente. Além do primeiro nível de detecção radioativa na recepção de veículos rodoviários e ferroviários, têm instalados outros detectores de radioatividade para ampliar os níveis de detecção e reduzir o risco de ocorrer um acidente radioativo que possa causar algum dano nas instalações e pessoas. Outros pontos onde são instalados detectores são as rampas de acesso na entrada e saída do triturador de sucata (*Shredder*), saída do PAE na casa de filtros do sistema de despoeiramento, no carregamento de cestões de sucata e no laboratório de qualidade do produto, nos quais os sensores medem os níveis nas amostras de aço coletadas durante a fase de produção do aço no FEA.

3.3 VISITAS TÉCNICAS REALIZADAS

Esta seção apresenta uma descrição das visitas realizadas em diversas empresas, seguindo um ordenamento cronológico, com o objetivo de conhecer os sistemas de despoeiramento até a destinação e beneficiamento do PAE captado. Essas visitas também contribuíram para a fundamentação dos indicadores de desempenho considerados nas matrizes de avaliação, nas quais são observadas as questões de operação, manutenção, custos e performance, entre outras. As empresas visitadas apresentaram de forma esclarecedora suas instalações, manifestando de forma clara que buscam melhores desempenhos em seus sistemas de controle ambiental, tanto captação das emissões como destinação do PAE coletado. Além disso, elas têm um objetivo comum que é o desenvolvimento sustentável como estratégia de crescimento.

Empresa Siderúrgica Sul-americana 1

Foram realizadas visitas nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2011 para implantar um plano de ação, objetivando adequar as instalações do sistema de despoeiramento existente às novas condições operacionais do FEA desta Usina, que corresponde ao número 8

da Tabela 15. A empresa produz aços longos e a aciaria tem um FEA com capacidade de 55 toneladas/corrida e um sistema de despoeiramento com capacidade para 680.000 m³/h. Os dutos resfriados são do tipo tubo-tubo, a câmara de combustão possui as dimensões de 15x4x4 m de altura, construída com paredes de chapa e painéis compostos de material isolante e massa refratária. A HQT tem um diâmetro de 3,8 m, altura de 18 m e um volume médio de 215 m³; os gases, por sua vez, entram com uma temperatura média de 600 °C e saem com 250 °C. O volume de água utilizado para resfriar os gases é de aproximadamente 22 m³/h. A casa de filtros possui uma área filtrante total de 8.660 m² e é do tipo jato pulsante. Os dois ventiladores têm uma potência de 1.250 kW cada um. O forno-panela está interligado no mesmo sistema do FEA. O sistema apresenta uma condição regular de operação e está em fase de reajustes para retomar o desempenho inicial. A Figura 22 mostra a HQT com os bicos instalados na parte externa, para serem testados durante a operação de posta em marcha da instalação e a Figura 23 apresenta uma vista geral da casa de filtros. O PAE gerado é de 15,5 kg/t e está sendo armazenado na área interna da Empresa para futura reciclagem externa.



Figura 22 - Foto da esquerda mostra a HQT e dutos, a foto da direita, os bicos sprays da HQT em operação de testes durante a posta em marcha.



Figura 23 - Vista geral da casa de filtros, dos dutos, da chaminé e dos ventiladores.

Empresa Siderúrgica Sul-americana 2

Foram realizadas visitas frequentes ao longo do ano de 2010 a esta Usina, que corresponde ao número 9 da Tabela 15, para acompanhar a implantação de um novo sistema de despoejamento e de seu sistema de águas de resfriamento da aciaria de empresa produtora de aços longos. A empresa possui um FEA com capacidade de 30 t/corrída; enquanto o sistema de despoejamento tem capacidade para 700.000 m³/h. Os dutos resfriados são do tipo tubo-tubo, a câmara de combustão possui as dimensões de 9,6x3,6x4 m, construída com paredes de chapa e painéis compostos de material isolante e massa refratária. A HQT tem um diâmetro de 3,3 m, altura de 16 m e um volume médio de 116 m³, e os gases entram com uma temperatura média de 700 °C e saem com 300 °C. O volume de água utilizado para resfriar os gases é de aproximadamente 20 m³/h. A casa de filtros possui uma área filtrante total de 7.800 m² e é do tipo jato pulsante. Os dois ventiladores têm uma potencia de 1.800 kW cada um. O forno-panela possui um sistema de despoejamento separado do FEA e também utiliza filtros de mangas tipo jato pulsante. O PAE gerado é de 15,5 kg/t e está sendo armazenado na área interna da Empresa para futura reciclagem externa. As Figuras 24 e 25 mostram vistas da casa de filtros, dutos e chaminé.



Figura 24 - Vista da chegada dos dutos na casa de filtros.



Figura 25 - Vista da coifa do prédio da aciaria; à frente, vista dos dutos de saída do filtro e chaminé.

O sistema apresenta uma boa condição de operação e está em ajustes operacionais. Ele tem pequenas emissões fugitivas observadas durante algumas operações de carregamento, que não ingressam na coifa, mas ficam contidas no interior do prédio da aciaria.

Empresa Siderúrgica Sul-americana 3

Foi realizada visita em 2 de junho de 2010 a esta Usina, que corresponde ao número 6 da Tabela 15, produtora de aços longos, que possui um FEA com capacidade de 20 t/corrida. A capacidade atual de vazão do sistema de despoeiramento é de 220.000 Am³/h, com uma previsão futura de ampliação para 450.000 m³/h, acompanhando assim seu aumento de produção. Os dutos resfriados são do tipo tubo-tubo, a câmara de combustão possui as dimensões de 7,2x2,3x2,4 m, construída com paredes e abóboda em tubo-tubo. A HQT tem um diâmetro de 2,3 m, altura de 13 m e um volume médio de 54 m³, e os gases entram com uma temperatura média de 700 °C e saem com 250 °C, construída com paredes resfriadas à água, com painéis tipo tubo-tubo até determinada elevação. O volume de água utilizado para resfriar os gases é de aproximadamente 5 m³/h. A casa de filtros possui uma área filtrante total de 2.400 m² e é do tipo jato pulsante, possui 10 compartimentos com 75 mangas de poliéster com diâmetro de 165 mm e comprimentos de 6.220 mm. Possui um ventilador com uma potência de 450 kW. O sistema de despoeiramento apresenta uma condição de operação regular, e está em andamento um projeto para implantar uma atualização tecnológica da instalação. O PAE gerado de 12,14 kg/t é coletado em bags de 1 m³ e armazenado temporariamente em uma Central de Armazenamento de Resíduos (CAR), dentro da área interna da Empresa para futura reciclagem externa, com cobertura para evitar ingresso de águas de chuva (Figura 26), pois a região apresenta elevados níveis de precipitação pluviométrica anual.



Figura 26 - Vista do telhado da Central de Resíduos onde é armazenado o PAE.

Empresa Recicladora de São Paulo

Esta visita à planta de recuperação de zinco do PAE, instalada em São Paulo, foi realizada em 12 de setembro de 2008. Ela tem uma capacidade de produção de 75.000 t/ano de ferro-gusa. Essa planta produz ferro primário líquido, através da redução de aglomerados autorredutores (pelotas ou briquetes) de cura a frio, produzidos a partir de finos de minérios de ferro ou resíduos ferrosos com mais um agente redutor como finos de coque verde de petróleo, carvão vegetal ou carvão mineral. Estes materiais, misturados com fluxantes e ligantes, são aglomerados e curados ao tempo ou em equipamentos de concepção especial. Esses resíduos siderúrgicos - ricos em ferro e carbono - podem ser usados como carga, tais como: pós e lamas de alto-forno, resíduos de coqueria, finos de peneiramento, pó de sinterização, PAE e lamas de aciaria, carepas, etc. Esta planta está em ajustes e durante a visita não estava em operação.

Empresa Recicladora de Luxemburgo

Visita realizada em 18 de fevereiro de 2003 a uma planta de recuperação de zinco do PAE, instalada em Luxemburgo, com a finalidade de conhecer a tecnologia e os resultados obtidos neste processo. Nessa unidade, foram investidos 25 milhões de euros para obter uma capacidade de processar 100.000 t/ano de PAE. Ela recebe o PAE e o DRI e recupera o óxido de zinco, captado no sistema de exaustão e encaminha para indústrias de zinco e, a escória inerte, é destinada à construção civil. Nesse processo, ocorre a redução do minério de ferro. O PAE, pelletizado com diâmetro de 5 mm, lama do alto-forno, carepa, minério de ferro e carvão injetado na zona de aquecimento e redução (fino), são introduzidos no forno vertical que opera a temperaturas menores que 800 °C, ocorrendo oxidação a baixa temperatura. O PAE e a carepa, por sua vez, são misturados antes de entrar no forno vertical. As principais fases do forno, que possui 7 m de diâmetro, capacidade de produção de 14 t/h, são a secagem, a remoção de óleos e a calcinação. A atmosfera no interior do forno vertical é altamente redutora. O gás natural é injetado para dar a partida no forno com o objetivo de retirar os compostos voláteis. Os finos de DRI produzidos retornam por gravidade para o FEA, injetando entre os seus eletrodos. Durante o período da visita, a planta não estava em operação.

Empresa Siderúrgica Sul-americana 4

Esta visita foi realizada nos dias 13 e 14 de abril de 1999. Esta siderúrgica possui um FEA com capacidade de 60 toneladas. O sistema de despoeiramento é do tipo *Dog House*, no qual o FEA fica enclausurado para captar as emissões primárias fugitivas, que saem do duto do quarto furo. A capacidade do sistema de despoeiramento é de 800.000 m³/h, possui dois ventiladores principais com capacidade de 1.333 HP, filtro tipo jato pulsante - sob pressão negativa -, com 20 compartimentos de 450 m² de mangas cada e peso de 150 toneladas. A taxa de filtragem é de 1,48 m/min/m² de mangas. O sistema de água para resfriar os dutos opera com vazões de 900 a 1.000 m³/h. O comprimento de dutos refrigerados é de 36 metros, correspondente a um peso total de dutos de 98 toneladas. A vazão média durante a operação de fusão é de 600.000 m³/h. Destes, 450.000 m³/h são provenientes do *Dog House* e aproximadamente 100.000 m³/h do quarto furo. Durante os carregamentos, a vazão é de 800.000 m³/h. O volume da coifa, sobre o *Dog House* é de 3.000 m³, ocupando uma área de 400 m². As informações obtidas em 2011 sobre a situação desse sistema mostram que ele não está conseguindo captar as emissões geradas, e o resultado disso são elevadas concentrações no interior da aciaria e nenhuma emissão para o meio externo. Em função desse fato, a empresa irá ampliar em 2012 a sua capacidade de filtragem para atender o aumento de capacidade do FEA.

O PAE é encaminhado à empresa externa que executa a operação de inertização e posterior aterro do PAE, conforme a Figura 27. O PAE é armazenado em baias cobertas de aproximadamente 10 m³. O aterro contratado para dispor o PAE possui capacidade para 1.000.000 m³ com instalação para tratar efluentes líquidos. O filtro prensa é de abertura automática e funciona muito bem.

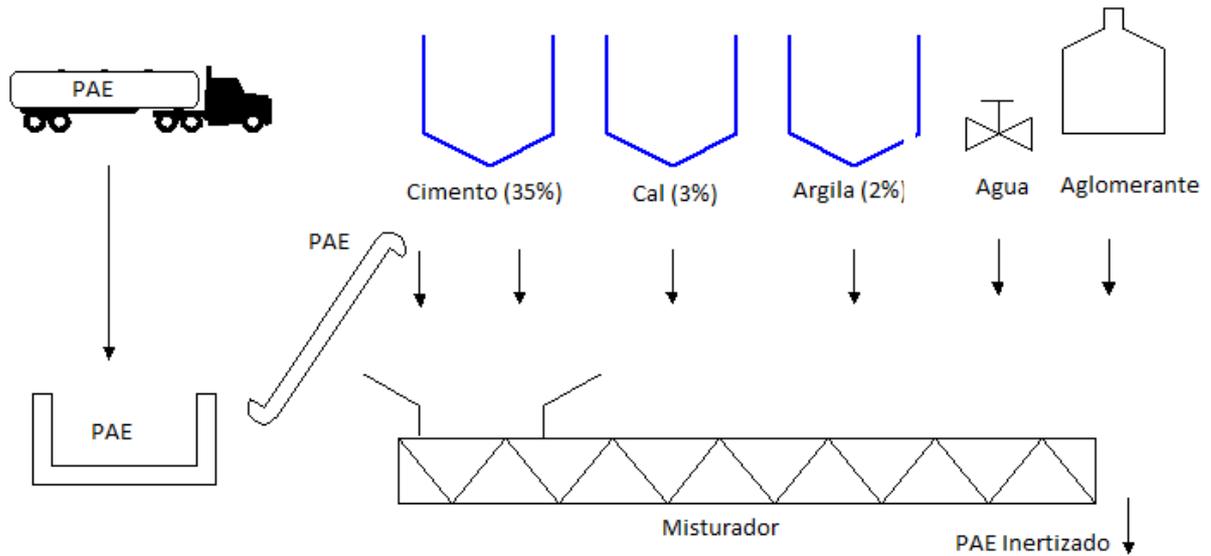


Figura 27 - Processo de inertização do PAE coletado na Empresa Siderúrgica Sul-americana 4

Empresa Siderúrgica Canadense

Em 04 de março de 1997, foi realizada uma visita à usina siderúrgica localizada no Canadá, que possui um FEA com capacidade de 40 toneladas/corrida, e cujo sistema de despoejamento tem capacidade para 400.000 m³/h. Essa empresa canadense implantou uma série de melhorias no seu sistema de despoejamento, obtendo bons resultados no desempenho da captação. Dentre as melhorias implantadas, destaca-se a câmara evaporativa com *sprays* d'água para rebaixar a temperatura dos gases com a injeção de água (HQT).

Empresa Siderúrgica Japonesa 1

Esta visita foi realizada em 2 de julho de 1990, em uma das usinas siderúrgicas de um grande grupo siderúrgico japonês. A empresa produz aço carbono SAE 1010 a 1045. Ela iniciou as operações da aciaria em outubro de 1971, e do laminador em outubro de 1972. A capacidade de produção é de 480.000 t/ano de aço. Possui um FEA com capacidade para 70 t/corrida, três lanças de oxigênio e uma de carbono, pré-aquecedor de sucata, que processa 50% da sucata consumida. Esta empresa apresenta um consumo de oxigênio médio de 35 m³/t de aço, com vazões de oxigênio de 50 m³/min durante a fusão e 70 m³/h durante o refino. A tecnologia do despoejamento foi desenvolvida pela própria empresa, baseada nas experiências anteriores das outras usinas do grupo. O despoejamento possui sistemas de

filtragem independente, isto é, um sistema atende as emissões primárias do quarto furo e, o outro, as emissões secundárias da coifa. As vantagens apontadas para manter separados os sistemas é que a operação, com pressões diferentes nos ventiladores, proporciona menor consumo de energia elétrica, além de obter maior modulação das vazões nas diferentes fases de operação do FEA - fusão, refino, carregamento e vazamento. O que difere das demais instalações visitadas é o fechamento do *gap*, ou seja, a folga para entrada de ar externo do duto móvel após a tomada do quarto furo, pois o mesmo é reduzido, admitindo uma quantidade mínima de ar de diluição para as reações de oxidação do monóxido de carbono. As demais aberturas do FEA - portas de escória e adição de carbono e oxigênio e *gap* da abóbada (folga entre abóboda e carcaça) -, também possuem um elevado nível de fechamento. O sistema primário tem duas câmaras de combustão em série, com capacidade de exaustão de 132.000 Nm³/h, ventiladores de 1.150 kW, 1.150 mmCA, filtro com uma área de 5.920 m² e velocidade de filtragem 0,64 m³/min/m² de manga, as quais utilizam 1.200 m³/h de água de contato indireto para resfriar os equipamentos do sistema primário de exaustão. O sistema de tratamento das emissões primárias mantém o filtro operando sob pressão negativa, com forma construtiva cilíndrica. A opção de colocar o ventilador no lado limpo objetivou protegê-lo dos depósitos de materiais particulados, proveniente das emissões primárias. O trecho de dutos do sistema primário possui 375 m, sendo 140 m refrigerados, que implicam em uma elevada perda de carga total (1.150 mmCA).

Os gases captados no lanternim do prédio - emissões secundárias - são conduzidos ao respectivo filtro, que opera com pressão positiva, com o ventilador no lado sujo. Essa opção se deve ao fato de que as emissões secundárias da coifa possuem uma menor concentração de material particulado e temperatura. A capacidade de exaustão do sistema secundário é de 406.000 m³/h, possui ventiladores de 700 kW e pressão estática de 400 mmCA, enquanto sua área de filtragem é de 7.347 m² e a velocidade de filtragem desse sistema é de 1,1 m³/min/ m² de manga. A limpeza das mangas do filtro é do tipo ar reverso, com ventilador de ar reverso com vazão de 12.000 Nm³/h, potência de 75 kW e pressão estática de 470 mmCA. A área total de filtragem dos dois sistemas é de 13.267 m², capacidade de vazão total 538.000 Nm³/h. A vazão do sistema secundário é aproximadamente três vezes maior que a do sistema primário. A velocidade de filtragem do secundário é maior, pois os gases estão mais limpos, permitindo maiores vazões em áreas de mangas equivalentes. O foco desta visita foi o seu sistema de captação do PAE. Não foram obtidas informações sobre a geração e a destinação do PAE.

Empresa Siderúrgica Japonesa 2

Visita realizada em 4 de julho de 1990, na segunda usina siderúrgica, do mesmo grupo japonês da empresa visitada em 2 de julho de 1990. A empresa produz aço carbono (SAE 1010 a 1045) e iniciou as operações da usina em dezembro de 1973. A capacidade de produção é de 480.000 t/ano de aço. Possui um FEA com capacidade para 80 t/corrida e pré-aquecedor de sucata, que processa 100% da sucata consumida. Esta empresa apresenta um consumo de oxigênio médio de 40 m³/t de aço, com vazão de oxigênio de 42 m³/min durante a fusão e o refino. A instalação de despoeiramento dessa empresa é similar a descrita no item anterior. Ela difere na quantidade de câmaras de combustão, pois possui quatro câmaras em série, em vez de duas. Outra diferença se refere à condução dos gases após o processo de filtragem, uma vez que os gases do sistema primário, após esta filtragem, são interligados por um duto ao sistema secundário, passando assim por uma nova operação de filtragem. Em função da proximidade de comunidades vizinhas, a empresa possui um analisador de velocidade e direção dos ventos para informar a programação do processo de pré-aquecimento da sucata, e, desta forma, reduzir as reclamações. Utilizaram durante 10 anos o processo de resfriamento de gases do quarto furo com sprays de água; porém, desativaram-nos devido a difícil operação, ocasionada pelas contínuas obstruções dos bicos aspersores por partículas. Os ventiladores do filtro do sistema primário possuem variador de frequência e controlador de vibração. O sistema primário tem uma capacidade de 93.500 Nm³/h, ventiladores de 720 kW, 950 mmCA, filtro com uma área de 8.452 m² e velocidade de filtragem de 0,34m³/min/m² de manga. A empresa utiliza 1.200 m³/h de água de contato indireto para resfriar o sistema primário de exaustão. O sistema de tratamento das emissões primárias tem o filtro operando sob pressão negativa, com forma construtiva cilíndrica. O trecho de dutos do sistema primário é de 480 m, sendo 79 m refrigerados, semelhante à instalação anterior, ocasionando uma elevada perda de carga total (1.150 mmCA). Os gases captados no lanternim do prédio (emissões secundárias) são conduzidos ao respectivo filtro, que opera com pressão positiva, com o ventilador no lado sujo. Essa opção se deve ao fato de que as emissões secundárias da coifa possuem uma menor concentração de material particulado e temperatura. A capacidade de exaustão do sistema secundário é de 456.000 m³/h, ventiladores de 900 kW e pressão estática de 400 mmCA. A área de filtragem do filtro secundário é de 7.800 m², enquanto a limpeza das mangas do filtro é do tipo ar reverso, ventilador de ar reverso com vazão de 9.700 Nm³/h, potência de 45 kW e pressão estática de 470 mmCA. A velocidade de filtragem do sistema secundário é de 1,15 m³/min/m² de manga. A área total de filtragem dos dois sistemas

é de 16.252 m² e a capacidade de vazão total 549.500 Nm³/h. A vazão do sistema secundário é aproximadamente cinco vezes maior que a do sistema primário. A velocidade de filtragem do secundário é maior, pois os gases estão mais limpos, permitindo maiores vazões em áreas de mangas equivalentes. A área próxima aos filtros apresenta uma elevada concentração de pó acumulado junto ao piso. Não foram obtidas informações sobre a geração e destinação do PAE.

Empresa Siderúrgica Japonesa 3

Visita realizada em 5 de julho de 1990 em uma usina siderúrgica de outro grupo japonês, que produz aço inoxidável. A empresa iniciou as operações da usina em 1960 e sua capacidade de produção é de 360.000 t/ano de aço. Possui dois FEAs com capacidades de 60 e 40 t/corrida, e no refino utiliza o sistema VIM (*Vacuum Induction Melting*) e CTC (*Control of Composition & Temperature*). O sistema de despoejamento foi instalado há 20 anos. A usina emprega pré-aquecedores de sucata, utilizando os gases quentes do sistema primário. A captação junto ao FEA é realizada pelo tradicional quarto furo e por coifas tipo *side draft*, localizadas junto à bica de vazamento, que captam as emissões geradas durante o vazamento, semelhante à coifa de lanternim, porém muito próxima da fonte de geração. A capacidade do sistema primário é de 216.000 Nm³/h. O calor dos gases é removido através de trocadores de calor cilíndricos, verticais, com diâmetro aproximado de 3 m, com dupla chapa refrigerada à água. O ventilador está localizado antes do filtro, no lado sujo, com rotor revestido de cerâmica e carcaça de aço convencional, operando há quatro anos sem a necessidade de trocar o rotor. A limpeza do filtro é com ar reverso. A empresa decidiu utilizar o filtro positivo por considerar sua simples manutenção. Em contrapartida, realizaram uma criteriosa especificação e elevado investimento no ventilador, para garantir a operação do mesmo no lado sujo. O material adotado para as mangas foi o poliéster, instalado há 2 anos e meio. O pó coletado é encaminhado para os pelotizadores. A área apresentava uma elevada concentração de pó acumulado junto ao piso. Não foram obtidas informações sobre a geração e destinação do PAE.

Empresa Siderúrgica Japonesa 4

Visita realizada em 5 de julho de 1990 em uma usina siderúrgica que produz aço carbono convencional (70%) e aço especial (30%), pertencente ao mesmo grupo japonês do

item anterior (Empresa Siderúrgica Japonesa 3). Possui dois FEAs com capacidades de 50 e 100 toneladas/corrida, além de um forno-panela. A duração da corrida (*tap-to-tap*) para os aços especiais é de 120 minutos e para os aços convencionais é de 90 minutos. Essa usina utiliza injeção de oxigênio na vazão nominal de 4.500 Nm³/h e pré-aquecedores de sucata. A captação dos FEAs é realizada pelo quarto furo, o comprimento dos dutos refrigerados é de 40 metros e a limpeza nos dutos é semestral. Em 20 anos, os dutos refrigerados foram trocados duas vezes. A empresa emprega uma câmara de combustão, na qual os gases estão, em média, a 700 °C, sendo sua limpeza semanal. O filtro opera com pressão positiva. A temperatura máxima admissível nas mangas é de 250 °C. O material das mangas é de fibra de vidro e a sua velocidade de filtragem é de 0,74 m³/min/m² de manga. Quanto à limpeza do filtro, esta é com ar reverso, e anualmente é realizada a manutenção das mangas, normalmente danificadas por fagulhas, identificadas pelas perfurações na superfície. O ventilador tem capacidade de 94.000 Nm³/h e possui rotação fixa. O material do rotor é de alto teor de manganês e substituído a cada dois anos. O pó coletado é encaminhado para pelletizadores. Durante a visita, foram avaliadas as alternativas de filtragem para novos projetos, e a principal consideração foi o comparativo entre a proposta de sistemas independentes para o FEA e a coifa, mas também com sistema combinado. Segundo a empresa japonesa, a principal vantagem do sistema independente é o menor consumo de energia elétrica. Foi citado um exemplo de uma instalação que consumiria 1.800 HP em um sistema independente, mas, caso adotasse o sistema combinado, consumiria 2.600 HP. O sistema independente apresenta a desvantagem de requerer maior investimento inicial, ficando atenuado se a empresa possuir sistema de tratamento para as emissões primárias. Também foram avaliadas as alternativas do sistema de filtragem, positivo versus negativo. Pela avaliação da empresa japonesa, o filtro positivo tem a vantagem de operar com menores custos de instalação; já o filtro negativo tem as vantagens de utilizar menores potências nos ventiladores e possuir menores custos de manutenção. Não foram obtidas informações sobre a geração e destinação do PAE.

Empresa Siderúrgica Francesa 1

Realizada visita a uma usina siderúrgica francesa em 25 de junho de 1990, empresa que produz aços especiais, com produção anual de 1.000.000 toneladas, tendo dois fornos elétricos de 80 toneladas cada. Utiliza o processo de desgaseificação com vácuo. O sistema de despoeiramento é do tipo combinado, através da interligação do sistema primário com o secundário. Os dutos do quarto furo são revestidos internamente com material refratário e

construídos com aço do tipo CORTEN, que não requer pintura para proteção externa. Os ventiladores estão montados no lado sujo, pressurizando o filtro. A capacidade do filtro é de 300.000 m³/h, a área filtrante é de 15.000 m², o material das mangas é fibra de vidro, o diâmetro é de 300 mm e a limpeza das mangas é com ar reverso. O consumo de mangas anual é de aproximadamente 50 unidades. A quantidade gerada de PAE é de 12 kg/tonelada de aço bruto produzido. O padrão de emissão para material particulado é de 10 mg/Nm³ e de 1mg/m³ para a qualidade do ar externo. Foi informado que ocorreu uma explosão no trecho do duto seco, devido ao acúmulo de monóxido de carbono. O ângulo da tremonha, parte inferior da casa de filtros que recolhe o pó sedimentado, foi alterado, pois estava havendo deposição de pós nas paredes. O ângulo adotado para evitar o depósito de pó foi 60°.

Empresa Siderúrgica Francesa 2

Visita realizada em 26 de junho de 1990 na empresa francesa que produz aço tipo baixo carbono, com produção anual de 400.000 toneladas e possui um FEA de 80 toneladas. O sistema de despoeiramento é do tipo “*Dog House*”, que consiste no enclausuramento do forno elétrico. Os dutos refrigerados, junto à curva móvel, têm seção retangular. Na parte interna, os gases entram em contato com a chapa, e a água que resfria os gases flui através de uma meia seção tubular, soldada à chapa interna. Os gases, após a curva móvel, são conduzidos para um pré-separador, de seção redonda, em que é feita a limpeza diária para retirada do pó grosseiro, utilizando para isto, um veículo do tipo “*bob cat*”. Na câmara, é injetado ar exterior por um ventilador de baixa pressão e vazão aproximada a 20% do total, para garantir a combustão completa do monóxido de carbono. Após o pré-separador, os gases do quarto furo são resfriados no trocador de calor com ar forçado. O diâmetro dos tubos do trocador é 150 mm, o qual tem um único passe. Os gases captados no “*Dog House*” e os do quarto furo são misturados após o trocador de calor e admitidos na sucção dos dois ventiladores. A temperatura média obtida após o duto refrigerado é de 500 °C. O filtro possui mangas de fibra de vidro e diâmetro 300 mm. O sistema de limpeza das mangas é com ar reverso. No interior do filtro, são boas as condições de acesso e circulação, bem como a visualização das condições das mangas, mesmo com o filtro em operação. O pó é transportado por um sistema pneumático para o silo e, no carregamento do caminhão, ocorre uma grande dispersão de pó para o ambiente externo. A manutenção preventiva nos ventiladores é realizada todo o semestre, e no trocador de calor é semanal. A empresa desativou o antigo sistema de despoeiramento que possuía filtro negativo, tipo jato pulsante, pois frequentemente

ocorriam perfurações nas mangas. Não foram obtidas informações sobre a geração e destinação do PAE.

Empresa Siderúrgica Alemã

Essa visita foi realizada em 28 de junho de 1990, em empresa siderúrgica alemã, reconhecida como uma das mais produtivas aciarias do mundo. Ela produz aço para a indústria de construção e possui 1.180 empregados, que produzem 890.000 t/ano. A aciaria possui dois FEAs com capacidade de 70 t cada. O despoejamento é realizado pelo quarto furo e coifa. No forno-panela, utilizou o sistema *side-draft* ou coifa lateral de abóbada. A capacidade do sistema é de 1.300.000 Nm³/h e os gases do quarto furo passam por um pré-aquecedor de sucata. A temperatura atingida na sucata é de 40 a 450 °C, e o tempo médio de permanência nesta temperatura é de 50 minutos. Quando não está utilizando o pré-aquecedor de sucata, os gases são conduzidos para um duto com *sprays* de água para resfriar os mesmos. A temperatura do gás é rebaixada de 1.300 °C para 230 °C. A máxima vazão de água dos *sprays* é de 20 m³/h e o maior tamanho de partícula admissível é de 160 µm. Utilizam um condicionador para eliminar os odores da emissão, flui melhor com o pó e reter substâncias do óleo. O condicionador fica adicionando, continuamente, silicato de cálcio no gás quente. No final do duto primário (quarto furo), existe um ciclone, que separa partículas incandescentes ou fagulhas que, se estivessem presentes, causariam a queima de mangas. A carga de material particulado do gás, ao entrar no filtro, é de 1 a 2 g/m³. A concentração de material particulado dos gases, após a casa de mangas ou filtro, oscila em torno de 4 mg/m³. A área total de filtragem é de 28.800 m². O sistema de limpeza das mangas é com ar reverso. O pó é pelotizado, armazenado e transportado por via fluvial para uma empresa que recupera o zinco. O pó coletado possui a seguinte composição: óxidos de zinco (30%), de ferro (27%), de manganês (6,6%), de cálcio (5%), de chumbo (4%), de magnésio (2,6%), água (10%) e outras substâncias (14,8%). Informações durante nova visita realizada em 7 a 11 de maio de 2012, informam que o sistema foi ampliado para atender o incremento de produção, passando para uma capacidade de 2.000.000 m³/h.

4 METODOLOGIAS APLICADAS

Esta seção tem como objetivo estabelecer o método que será utilizado no estudo, indicando as ferramentas e etapas envolvidas na coleta de informações, condução do trabalho e análise de resultados. Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa que apreende a realidade de forma direta e permite a descrição ampla do fenômeno investigado no seu contexto. A pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares, com um nível de realidade que não pode ser quantificado, ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis (MINAYO, 2002).

Segundo Gil (1999), o estudo é do tipo descritivo-exploratório. As pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, do tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Já as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis.

4.1 Campo do Estudo

O campo de estudo está focado em duas empresas siderúrgicas produtoras de aços longos ao carbono, identificadas por L123 e L45 e numa empresa siderúrgica produtora de aços longos especiais, identificada por E12. Essas empresas foram escolhidas por representarem reconhecido desempenho ambiental, tanto de gestão como de tecnologia, e também por permitir uma avaliação em dois segmentos de produtos siderúrgicos diferentes – aços longos ao carbono e longos especiais.

A empresa L123 possui uma aciaria com dois FEAs e dois fornos-panela, laminação, trefila e fábrica de pregos. Produz anualmente em torno de 400.000 toneladas de aço comercializadas na forma de tarugos, fio máquina, perfis, chatos, redondos, arames e pregos. A empresa L45 opera com uma Aciaria com dois FEAs e um forno-panela, laminação, trefila e fábrica de pregos. Produz anualmente em torno de 1.000.000 toneladas de aço comercializados na forma de tarugos, fio máquina, perfis, chatos, redondos, arames e pregos. A empresa E12 possui uma aciaria com um FEA, forno-panela e forno VD (vacuum

degassing), laminação e transformação mecânica. Produz anualmente em torno de 400.000 toneladas de aço comercializados na forma de tarugos, barras quadradas, redondas e chatas. Demais características dessas empresas estão apresentadas na Tabela 15.

4.2 Matriz de Avaliação

A matriz de avaliação do processo do PAE é a proposição principal do trabalho e busca consolidar conhecimento formal ou tácito de bibliografias, bem como o informal, constituído de fatos e experiências de visitas e práticas industriais. Essas matrizes são uma ferramenta que pode ser incorporada à gestão de conhecimento das organizações.

A gestão de conhecimento pode ser vista como o conjunto de atividades que busca desenvolver e controlar todo tipo de conhecimento em uma organização, visando à utilização na consecução de seus objetivos. Para que a entidade possa sobreviver, diante das adversidades que se apresentam, é preciso que ela conheça o ambiente, atue com eficiência e assegure que os conhecimentos novos sejam distribuídos a todos os segmentos da organização envolvidos em sua utilização. Na busca de informações, a organização precisa observar seletivamente a grande quantidade de sinais criados em um ambiente dinâmico, interpretar as mensagens confusas e perceber os indícios relativos às suas atividades e objetivos. Esforços realizados no diálogo entre indivíduos, equipes e organizações irão ultrapassar, em muito, os esforços individuais (MORESI, 2001).

A Figura 28 mostra um esquema do conceitual adotado para construção das matrizes de avaliação, mostradas na Figura 29. O conteúdo das descrições das práticas, informado nas matrizes de gestão e tecnologia, está simbolizado por pilares. Os pilares que sustentam as matrizes, designados como etapa 1 da Figura 28, são constituídos pelas informações apresentadas neste estudo nas seções da parte teórica, nas práticas industriais, nos relatos das visitas técnicas e nos indicadores dos sistemas de captação do PAE.

Considerando que os sistemas de captação do PAE, nos FEAs, são complexos e com muitas variáveis, tais como: as matérias-primas e os insumos, as soluções tecnológicas para exaustão dos gases gerados no FEA, os sistemas de tratamento e resfriamento dos gases e formas das instalações prediais, entre outros, foi apresentado nesta tese o resultado do mapeamento realizado em onze diferentes sistemas de captação do PAE de empresas siderúrgicas, produtoras de aços longos ao carbono e longos especiais. Esse mapeamento permitiu tornar simples a interpretação dos dados compilados nas diferentes instalações de captação, e seus indicadores específicos estão apresentados na seção 3.2.2. Após a análise

desses dados, frente ao desempenho das instalações consideradas, foi possível chegar até estes indicadores, bem como as faixas de operação da maior parte das instalações de captação do PAE. Os indicadores obtidos neste mapeamento foram utilizados na matriz de avaliação, mostradas nos Apêndices A e B.

Na etapa 2 da Figura 28, aparecem as avaliações obtidas junto aos especialistas consultados sobre o desempenho ambiental e seu respectivo impacto ambiental, que, neste caso, representa o peso da prática, aplicado às respectivas empresas. Nessa Figura, a imagem do olho mostra de forma figurada o foco sobre aquelas práticas que apresentam menores desempenhos e têm impactos ambientais positivos também menores, ou seja, representam impactos ambientais negativos elevados. A multiplicação destes dois valores (desempenho x impacto) gera o fator chamado “priorização”.

A etapa 3 da Figura 28 mostra, também de forma Figurada, as práticas que apresentaram as menores notas na matriz de avaliação e que deverão receber priorização e maior esforço para se atingir a excelência nas operações das empresas avaliadas; para isto, deverão compor os respectivos planos de ação anual destas empresas. Por outro lado, as práticas que apresentam elevado valor de priorização podem requerer uma consolidação da rotina e disseminação da boa prática, para assegurar assim a manutenção do status de elevado desempenho. Após a implantação e consolidação das ações planejadas, deve-se realizar nova avaliação no processo do PAE das empresas através das matrizes para permitir identificar os novos patamares de priorização.

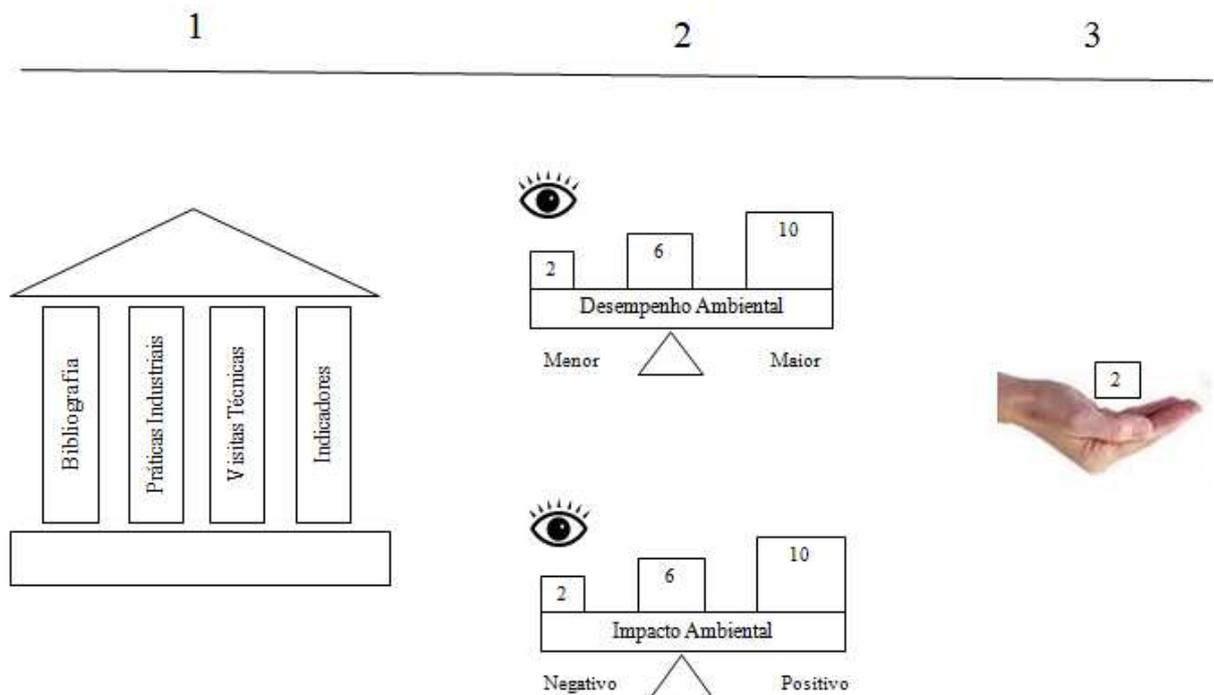


Figura 28 - Esquema associado ao processo de construção das matrizes de avaliação.

A Figura 29 apresenta o modelo da matriz de desempenho da gestão ambiental; porém, este mesmo modelo também se aplica para a avaliação do desempenho da tecnologia ambiental. Foram apresentadas 70 práticas, sendo 35 de gestão e 35 de tecnologia, ambas com seus respectivos indicadores que estão associados de forma direta e indireta ao processo do PAE. As práticas e respectivos indicadores correspondem a afirmações de requisitos de gestão e tecnologia que, dependendo do resultado da avaliação, irão refletir o seu desempenho.

As matrizes possuem, para cada prática, três alternativas: a primeira é a descrição da melhor prática; a segunda apresenta uma descrição de qualidade intermediária; a terceira está caracterizada por estágios iniciais de implantação ou até mesmo ausência de boas práticas.

MATRIZ DE AVALIAÇÃO DA GESTÃO AMBIENTAL			EMPRESA			MEIOS DE IMPACTO												
						FÍSICO	BIÓTICO	SOCIAL	ECONOMIA									
Prática	Pontuação	Indicador	Desempenho Ambiental	Impacto Positivo	Priorização	Ar	Solo	Águas Superficiais/Subterrâneas	Biótico - Fauna	Terrestre - Flora	Ecosistemas Aquáticos	Crescimento Populacional	Desconforto Empregados/Comunidade	Saúde de Empregados/Comunidade	Geração Empregos e Renda	Geração Receita	Arrecadação de Impostos	
						Política Ambiental	1	Conhecimento e conexão	10	10	10							
			6	6	6													
			2	2	2													

Figura 29 - Matriz de avaliação de desempenho da gestão ambiental.

A avaliação do desempenho em cada prática é realizada através do critério de notas que variam de 2 a 10, no qual a nota 2 corresponde a um desempenho baixo, a nota 6 corresponde ao desempenho mediano e a nota 10 a um desempenho elevado. Durante a execução da avaliação, os avaliadores adotaram pontuações intermediárias para permitir refletir melhor a situação de cada empresa. A descrição do conteúdo de cada prática, tanto do processo de gestão como de tecnologia, está apresentada nas Tabelas 17 e 18, respectivamente, as quais serão tratadas no item 5.

O impacto ambiental positivo de cada prática também foi avaliado através de pontuação, com os valores variando entre 2 e 10, no qual a nota 2 representa um impacto ambiental positivo baixo, elevado impacto ambiental negativo, podendo resultar em sérios danos ou significativa gravidade/consequência ao meio ambiente e às pessoas, com impacto potencial permanente ou dano global. Quanto à nota 6, esta representa uma condição intermediária, já a 10, pelo contrário, representa um impacto ambiental positivo elevado, um baixo impacto negativo, com pouca gravidade/consequências, mínimo potencial de causar danos, gravidade e consequências limitadas. Semelhante à avaliação de desempenho, durante a execução da avaliação, os avaliadores adotaram pontuações intermediárias para o impacto.

Para facilitar a identificação dos impactos ambientais das diferentes práticas, foi apresentada na Figura 29 a lista dos potenciais impactos possíveis, ficando marcados aqueles com maior probabilidade de ocorrência.

O meio físico foi dividido em: ar, solos e águas. O impacto no ar é medido através do potencial de alteração deste meio por poeiras, particulados, gases, ruídos e vibrações. No solo, são considerados os impactos sobre características físicas, químicas, geológicas e geomorfológicas. Para a água, é avaliada a influência sobre as características físico-químicas de águas superficiais e subterrâneas. O meio biótico foi dividido em ecossistemas terrestres (fauna e flora) e ecossistema aquático. No meio social, as questões da taxa de crescimento populacional, o desconforto e a ansiedade dos trabalhadores e população do entorno, e também a saúde e bem-estar dos trabalhadores e da população do entorno. Dentre os possíveis impactos econômicos, são considerados os aspectos de geração de empregos e de renda regional, geração de receita e de arrecadação de impostos.

A matriz de avaliação da gestão ambiental foi organizada, segundo a sequência da estrutura de requisitos da norma ABNT NBR 14.001/2004, e a matriz de avaliação da tecnologia ambiental seguiu a sequência de fluxo do processo de geração e de destinação do PAE: o recebimento e a preparação da sucata para a produção do aço, o processamento da sucata nos fornos FEA da aciaria e, por último, o processamento externo do PAE gerado nos FEAs da aciaria. A quantidade de indicadores para cada prática variou em função do número de desdobramentos necessários para melhor caracterizar cada prática.

A origem de forma mais direta sobre as descrições das práticas da matriz está apresentada na Tabela 16. Nesta Tabela, estão informados os números das respectivas seções deste trabalho que geraram a descrição das práticas das Matrizes de Avaliação de Gestão e Tecnologia.

Tabela 16 - Origem das descrições das Práticas das Matrizes de Avaliação

		Prática	Origem
Avaliação da Gestão Ambiental	Política Ambiental	1 Conhecimento e conexão	1, 2.1.3, 3.2.7, 3.1.1
	Aspectos e impactos ambientais	2 Análise	2.1.1, 2.1.2, 3.1.3
		3 Responsabilidade	2.3, 3.1.3
		4 Priorização	1, 3.1.3, 2.1.1
		5 Revisão	3.1.3, 5.1
		6 Conhecimento e conexão	1, 2.1.1, 3.1.3
	Requisitos legais e outros	7 Licenciamento em dia	2.1.2
		8 Responsabilidade pelas atualizações	3.1.4, 3.1.5
		9 Proatividade	3.1.4
		10 Disseminação do conhecimento	3.1.4, 3.1.5
	Objetivos metas e programas	11 Vinculação O&M com os A&I	1, 2.1.3
		12 Abrangência	2.1.3
		13 Acompanhamento	2.1.2
	Competência, treinamento e conscientização	14 Responsabilidade	3.1.5
		15 Grupos de trabalho	3.1.5
		16 Treinamento	3.1.6
		17 Foco do treinamento	3.1.6
	Comunicação	18 Plano de comunicação	3.1.7
		19 Plano de eventos	3.1.9
		20 Relacionamento com órgão de controle	1, 2.1.2
	Controle operacional	21 Resíduos/Co-produtos - Inventário	2.1.2, 2.2.7, 3.1.5
		22 Resíduos/Co-produtos - Classificação	2.2.7, 3.1.5
		23 Resíduos/Co-produtos - Gestão Interna	3.1.8, 3.2.1, 3.3, 5.3, 2.1.2
		24 Gerenciamento da geração de PAE	2.2.7, 3.1.5
		25 Sistema de recolhimento do PAE interior da Aciaria	 3.1.5
		26 Resíduos/Co-produtos - Auditoria Destinatários	3.1.8
		27 Recursos Naturais - Otimização e eficiência energética	2.1.2, 2.1.6, 2.2.7, 5.3
		28 Materiais radioativos	2.1.2, 3.1.5, 3.1.7, 3.2.3, 5.1
		29 Emissões atmosféricas	3.1.5, 3.1.9, 3.2.2
		30 Efluentes e águas subterrâneas	2.2.4, 3.2.1, 4.2
		31 Equipamentos críticos	1, 3.2.1
	Verificação	32 Indicadores	1, 2.5, 3.1.3, 3.2.1, 3.2.2
		33 Conformidades	3.1.3, 3.1.4, 3.1.5, 3.1.6, 3.1.8, 3.1.9
		34 Auditorias	2.2.7, 2.3, 3.1.5, 3.1.8
		35 Análise crítica	3.1, 3.1.5

		Prática	Origem	
Avaliação da Tecnologia Ambiental	Preparação da sucata	1	Qualidade da sucata	2.2.1, 2.2.8, 3.1.5
		2	Procedência da sucata	2.2.1, 5.5
		3	Beneficiamento da sucata	1, 2.2.1, 3.2.1
		4	Controle de qualidade na entrada da sucata	2.2.1, 3.1.5
		5	Sistema de proteção radioativa na sucata	3.1.5, 3.2.3
	Processamento da sucata no EAF	6	Tipo de captação das emissões do forno	2.2.2, 2.2.2.5
		7	Emissão atmosférica - taxa de captação primária	2.2.2.3, 3.2.2
		8	Emissão atmosférica - taxa de captação secundária	3.2.2
		9	Emissão atmosférica - taxa volumétrica da coifa	3.2.2
		10	Emissão atmosférica - taxa de produção de aço / consumo de O ₂	3.2.2
		11	Emissão atmosférica - taxa água resfriamento /vazão primário	2.2.2.5, 3.2.2
		12	Emissão atmosférica - taxa área dutos resfriados/vazão ar primário	3.2.2
		13	Emissão atmosférica - velocidade ar primário na câmara combustão	2.2.2.5, 3.2.2
		14	Emissão atmosférica - tempo de permanência na câmara combustão	3.2.2
		15	Emissão atmosférica - taxa vazão água na HQT/vazão ar primário	2.2.2.5, 3.2.2
		16	Emissão atmosférica - tempo de permanência na <i>quench tower</i> .	3.2.2
		17	Emissão atmosférica - taxa de filtragem da Casa de Filtros no carregamento	2.2.2.3, 3.2.2
		18	Manutenção do sistema de despoeiramento	2.1.3, 3.1.9, 3.3
		19	Emissões atmosféricas visíveis	1, 2.1.2, 5.5
		20	Emissões atmosféricas geradas no transporte interno	3.1.5
		21	Efluente líquido gerado	2.2.6, 2.2.9, 3.2.1, 3.3
		22	Efluente pluvial	3.2.1
		23	Emissão de ruído	2.2.3, 2.2.5
		24	Contaminação do solo	2.2.4, 2.2.7, 3.1.3, 3.1.5
		25	Áreas verdes no entorno	2.2.5
	Processo geração PAE	26	Geração do PAE	2.2.1, 2.2.8, 3.2.2, 3.1.5
		27	Sistema de armazenagem interna do PAE	2.1.2, 2.2.2.3, 2.2.2.4, 2.2.2.5, 2.2.7
		28	Contaminação do solo por tubulações enterradas	2.2.4
	Processamento interno/ externo do PAE	29	Sistema de carregamento do PAE para transporte	2.1.2, 2.2.2, 3.1.3, 3.1.8, 3.2.1
		30	Condição de transporte	2.1.2, 2.2.2.3, 2.2.7, 3.1.5, 3.2.1
		31	Controle da carga	2.1.2, 2.2.2.3, 2.2.7, 3.1.5, 3.2.1
		32	Controle de recebimento no destinatário	2.1.2, 3.1.5, 3.1.8
		33	Forma de armazenamento no destinatário	2.1.2, 3.2.1, 3.3
		34	Tipo de beneficiamento	3.3, 2.2.9
		35	Reclamação de partes interessadas	3.1.5, 5.2

4.3 Avaliadores

Para o preenchimento das respostas da matriz de avaliação, foram selecionados líderes com reconhecido domínio dos métodos, das práticas do processo de gestão e da tecnologia ambiental, todos atuantes no setor siderúrgico, nas rotas tecnológicas dos segmentos de aços longos e especiais. Os participantes da pesquisa foram informados da garantia a sua privacidade, por meio do anonimato e do caráter confidencial das informações.

Segundo Choo (1999), os princípios de boas práticas em monitoração requerem a parceria de três grupos de trabalhadores de conhecimento em uma organização: peritos de domínio – que possuem profundo conhecimento sobre um determinado tema ou assunto, e transformam informação em inteligência, que pode orientar a ação e a tomada de decisão -, peritos em informação - que organizam a informação em recursos úteis - e peritos em tecnologia da informação - que constroem a infraestrutura técnica.

Para Minayo (2002), é na investigação social que a relação entre pesquisador e seu campo de estudo se estabelecem definitivamente. A visão de cada um está implicada em todo o processo de avaliação, desde o início do objeto até os resultados do trabalho e a sua aplicação, por isso a importância do pesquisador e participantes consolidarem uma relação de respeito efetivo durante a realização do trabalho de campo.

4.4 Coleta de Dados

A coleta de dados dos especialistas iniciou com reuniões, quando foi explicado o objetivo do estudo, feita a apresentação do projeto, fornecida as instruções para o preenchimento da matriz de avaliação (Figura 29) e, após, entregue o arquivo com as respectivas matrizes. Ao longo do desenvolvimento do trabalho, ocorreram reuniões entre o pesquisador e os avaliadores para discussões e melhor entendimento dos requisitos a serem avaliados. Essas reuniões de trabalho contavam com a participação do pesquisador e de mais uma ou duas pessoas. Essas reuniões foram realizadas no período de outubro de 2010 a janeiro de 2011.

A quantidade de avaliadores variou para cada uma das rotas tecnológicas, onde o segmento de longos ao carbono participou através de duas Empresas (L123 e L45) e o de longos especiais (E12) com uma Empresa. A Empresa L123 contou com a contribuição de três pessoas, a L45, com duas e a E12, com duas pessoas. Cabe destacar que a pesquisa não ficou limitada a essa quantidade de participantes, pois mesmo que um avaliador consolidasse as notas, ele recebeu a contribuição parcial de outras pessoas que realizaram participações parciais dentro das respectivas especialidades. O total de pessoas que participaram da avaliação ficou em torno de 12 pessoas.

Foram identificadas nas primeiras reuniões com os avaliadores algumas pontuações que apresentaram desvio em relação a média das pontuações dos demais avaliadores e, nesses casos, foram realizadas reavaliações para confirmar ou revisar estas pontuações com desvio.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matriz de avaliação da gestão está representada na Tabela 17, e nesta matriz são apresentadas as 35 práticas com os respectivos indicadores. Na mesma tabela, é apresentado o resultado da priorização obtida na avaliação das três Empresas: L123, L45 e E12. A priorização é o fator obtido a partir da multiplicação da nota dada ao desempenho e ao impacto ambiental, na qual o impacto tem a função de estabelecer o peso para cada prática, permitindo a obtenção da média ponderada pelo impacto ambiental.

A matriz de avaliação da tecnologia está representada na Tabela 18. Nesta matriz são apresentadas as 35 práticas com os respectivos indicadores e também o resultado da priorização obtida na avaliação das três Empresas: L123, L45 e E12. As matrizes de avaliação da gestão e tecnologia com as notas dos avaliadores das três empresas siderúrgicas (L123, L45 e E12) estão mostradas nos apêndices A e B.

Tabela 17 - Práticas, indicadores e resultado da priorização por empresas na matriz do desempenho da gestão ambiental.

Matriz de Avaliação da Gestão Ambiental			EMPRESAS				
			U123	LAG	E12		
Prática		Indicador	Priorização				
Política Ambiental	1	Conhecimento e conexão	<p>Maioria dos colaboradores e contratados conhecem os pontos-chaves da Política de Meio Ambiente da Empresa e conseguem correlacioná-los com suas atividades.</p> <p>Aproximadamente a metade dos colaboradores e contratados conhecem os pontos-chaves da Política de Meio Ambiente da Empresa e conseguem correlacioná-los com suas atividades.</p> <p>Poucos colaboradores e contratados conhecem os pontos-chaves da Política de Meio Ambiente da Empresa e conseguem correlacioná-los com suas atividades.</p>	40	80	18	
		2	Análise	<p>Os Aspectos e Impactos das atividades, serviços e produtos são analisados em todas as áreas (incluindo contratados).</p> <p>Os Aspectos e Impactos das atividades, serviços e produtos são analisados em algumas áreas (incluindo contratados).</p> <p>Os Aspectos e Impactos das atividades, serviços e produtos são analisados em poucas áreas.</p>	40	100	16
			3	Responsabilidade	<p>Os responsáveis pelos setores da empresa gerenciam os Aspectos e impactos (A&I) de suas áreas.</p> <p>A área de meio ambiente gerencia os Aspectos e impactos da empresa.</p> <p>Não há responsável pelo gerenciamento dos Aspectos e Impactos da empresa.</p>	34	56
Aspectos e impactos ambientais	4	Priorização		<p>Todos os aspectos são priorizados com base em sistema de pontuação em todas as áreas.</p> <p>Os aspectos significativos são priorizados com base em sistema de pontuação em todas as áreas.</p> <p>Os aspectos não possuem metodologia de priorização.</p>	27	24	64
		5	Revisão	<p>O sistema gerenciador de A&I é revisado completamente pelo menos uma vez por ano.</p> <p>Parte do sistema gerenciador de A&I é revisado pelo menos uma vez por ano.</p> <p>O sistema gerenciador de A&I não é revisado pelo menos uma vez por ano.</p>	50	56	72
			6	Conhecimento e conexão	<p>A maioria dos empregados e contratados conhece os A&I relacionados com suas atividades.</p> <p>Menos de 50% dos empregados e contratados conhecem os A&I relacionados com suas atividades.</p> <p>A maioria dos empregados e contratados desconhece os A&I relacionados com suas atividades.</p>	27	72
Requisitos legais e outros	7	Licenciamento em dia	<p>Todas as licenças, permissões e demais autorizações legais estão disponíveis e válidas.</p> <p>Uma das licenças, permissões e demais autorizações legais não estão disponíveis e/ou com prazo vencido.</p> <p>Mais de uma licença, permissões e demais autorizações legais não estão disponíveis e/ou estão com prazos vencidos.</p>	27	90	72	
		8	Responsabilidade pelas atualizações	<p>Há um responsável para manter o sistema de acompanhamento e atualização dos requisitos legais aplicados.</p> <p>Há um responsável para manter o sistema de acompanhamento e atualização dos requisitos legais relevantes.</p> <p>Não há um responsável para manter o sistema de acompanhamento e atualização dos requisitos legais relevantes.</p>	31	80	72
			9	Proatividade	<p>A empresa participa de maneira sistêmica de fóruns ambientais locais, regionais e federais.</p> <p>A empresa participa de aleatoriamente de fóruns ambientais locais, regionais e federais.</p> <p>A empresa não participa de fóruns ambientais locais, regionais e federais.</p>	64	40
	10	Disseminação do conhecimento		<p>A liderança conhece os requerimentos legais aplicáveis às suas áreas.</p> <p>Parte da liderança desconhece os requerimentos legais aplicáveis às suas áreas.</p> <p>A liderança desconhece os requerimentos legais aplicáveis às suas áreas.</p>	35	36	64
Objetivos metas e programas	11	Vinculação O&M com os A&I	<p>A lista de objetivos, metas e contempla todos os aspectos e impactos que estão fora de conformidade.</p> <p>A lista de objetivos, metas e contempla os aspectos e impactos significativos que estão fora de conformidade.</p> <p>Não há uma lista formal de objetivos, metas para os aspectos e impactos que estão fora de conformidade.</p>	37	42	40	
		12	Abrangência	<p>Todas as áreas, incluindo áreas administrativas, possuem ações na lista de objetivos e metas.</p> <p>A maioria das áreas, incluindo áreas administrativas, possuem ações na lista de objetivos e metas.</p> <p>A maioria das áreas, incluindo áreas administrativas, não possuem ações na lista de objetivos e metas.</p>	45	24	72
			13	Acompanhamento	<p>O acompanhamento das ações de objetivos e metas é realizado por software específico e a maioria das ações estão em dia.</p> <p>O acompanhamento das ações de objetivos e metas é realizado por software genérico e há ações que não estão em dia.</p> <p>As ações de objetivos e metas não possuem acompanhamento.</p>	29	50
Competência, treinamento e conscientização	14	Responsabilidade		<p>O responsável ambiental reporta-se diretamente ao responsável pela Empresa.</p> <p>O responsável ambiental está vinculado a outra área da Empresa (engenharia, manutenção, segurança).</p> <p>Não há uma área de meio ambiente na Empresa.</p>	34	70	35
		15	Grupos de trabalho	<p>Há um Comitê de gestão e uma Comissão Interna com representantes de todas as áreas para tratar assuntos ambientais.</p> <p>Há uma Comissão Interna com representantes de todas as áreas para tratar assuntos ambientais.</p> <p>Não há Comitês ou Comissões para tratar assuntos ambientais.</p>	44	50	72
			16	Treinamento	<p>Há um plano de treinamento ambiental, executado conforme planejado para todos empregados, incluindo os novos empregados e contratados.</p> <p>Há um plano de treinamento ambiental para a maioria dos empregados.</p> <p>Não há um plano de treinamento ambiental.</p>	37	64
17	Foco do treinamento	<p>Os módulos de treinamento estão orientados aos aspectos significativos.</p> <p>Os módulos de treinamento estão relacionados a temas ambientais genéricos.</p> <p>Não há módulos de treinamento ambiental.</p>		47	56	67,5	
Comunicação	18	Plano de comunicação	<p>Há um plano de comunicação ambiental orientado para as partes interessadas, com registros das ações realizadas.</p> <p>Há um plano de comunicação ambiental orientado para as partes interessadas.</p> <p>Não há um plano de comunicação ambiental.</p>	59	32	38	
		19	Plano de eventos	<p>Há um plano de eventos e programas educacionais internos e externos envolvendo as partes interessadas, realizados conforme previsto.</p> <p>Há um plano de eventos e programas educacionais internos e externos envolvendo as partes interessadas.</p> <p>Não há um plano de eventos e programas educacionais internos e externos.</p>	59	30	72
			20	Relacionamento com órgão de controle	<p>O nível de relacionamento com órgão de controle ambiental é bastante satisfatório, caracterizado por contatos pró-ativos.</p> <p>O nível de relacionamento com órgão de controle ambiental é satisfatório, caracterizado por encontros realizados sob demanda.</p> <p>O nível de relacionamento com órgão de controle ambiental é de conflito.</p>	37	72

Matriz de Avaliação da Gestão Ambiental			EMPRESAS				
			L123	L45	E12		
Prática		Indicador	Priorização				
Controle operacional	21	Resíduos/Co-produtos - Inventário	O inventário de resíduos/co-produtos está completo e atualizado. O inventário de resíduos/co-produtos está completo. Não há inventário de resíduos/co-produtos.	38	90	38	
	22	Resíduos/Co-produtos - Classificação	Todos resíduos/co-produtos são periodicamente classificados de acordo com a legislação local. Os principais resíduos/co-produtos são periodicamente classificados de acordo com a legislação local. Resíduos/co-produtos não foram classificados de acordo com a legislação local.	31	30	45	
	23	Resíduos/Co-produtos - Gestão Interna	As áreas de armazenamento de co-produtos/resíduos atendem as respectivas normas e há um programa de minimização de resíduos. As áreas de armazenamento dos principais co-produtos/resíduos atendem as respectivas normas e há um programa de minimização de resíduos. A maioria das áreas de armazenamento dos principais co-produtos/resíduos não atendem as respectivas normas e não há um programa de minimização de resíduos.	16	80	30	
	24	Gerenciamento da geração de PAE	O sistema de controle ambiental é gerenciado pela área geradora, possui indicadores de desempenho que são analisados pela administração pelo menos a cada 2 meses. O sistema de controle ambiental é gerenciado por outra área, que não a geradora, possui indicadores de desempenho que são analisados pela administração com frequência maior que 2 meses. O sistema de controle ambiental não possui gerenciamento e está sob a responsabilidade de operadores.	28	64	77	
	25	Sistema de recolhimento do PAE interior da	O PAE é recolhido conforme procedimento operacional e quantificado para inventários mensais. O PAE é recolhido conforme procedimento operacional e não é quantificado. Não há procedimento para recolhimento e quantificação do PAE recolhido.	47	100	30	
	26	Resíduos/Co-produtos - Auditoria Destinatários	Há um programa de auditoria para transportadores e destinatários. Os destinatários possuem Certificação ambiental e um representante da Alta Administração. Há um programa de auditoria para transportadores e destinatários. Alguns destinatários possuem Certificação ambiental e um representante da Alta Administração. Não há um programa de auditoria para transportadores e destinatários.	20	56	21	
	27	Recursos Naturais Otimização e eficiência energética	Há programa estruturado para melhorar a eficiência da maioria dos insumos energéticos e redução das fontes de emissão dos gases de efeito estufa, bem como para otimizar o uso dos principais recursos naturais empregados no processo. Há programa estruturado para melhorar a eficiência de alguns insumos energéticos e redução das fontes de emissão dos gases de efeito estufa, bem como para otimizar o uso de alguns recursos naturais empregados no processo. Não há programa estruturado para melhorar a eficiência e redução das fontes de emissão dos gases de efeito estufa, bem como e para otimizar o uso de recursos naturais empregados no processo.	27	28	43	
	28	Materiais radioativos	Há uma estrutura implantada (procedimentos, responsáveis, etc.) para tratar materiais radioativos. Há uma estrutura (procedimentos, responsáveis, etc.) em implantação para tratar materiais radioativos. Não há uma estrutura (procedimentos, responsáveis, etc.) para tratar materiais radioativos.	29	100	21	
	29	Emissões atmosféricas	Emissões atmosféricas do processo do PAE são monitoradas e atendem todos os limites de emissão aplicáveis. São realizadas manutenções preditivas e preventivas nos equipamentos de controle. Emissões atmosféricas do processo do PAE são monitoradas e atendem quase todos os limites de emissão aplicáveis. São realizadas manutenções preventivas e corretivas nos equipamentos de controle. Emissões atmosféricas do processo do PAE são monitoradas e realizadas manutenções corretivas nos equipamentos de controle.	29	100	27	
	30	Efluentes e águas subterrâneas	Monitoramentos confirmam atendimento pleno e consistentemente dos requisitos de emissão. Monitoramentos confirmam atendimento da maioria dos requisitos de emissão. Não são realizados monitoramentos sistemáticos dos efluentes e águas subterrâneas.	29	100	24	
	31	Equipamentos críticos	Há um inventário e plano de manutenção preventiva para todos equipamentos de controle ambiental considerados críticos. Os laboratórios que realizam monitoramento ambiental são credenciados pelos respectivos órgãos de controle. Todos os instrumentos de monitoramento são sistematicamente calibrados. Os equipamentos ou laboratórios de calibração são licenciados e certificados por padrões internacionais reconhecidos (NIST, ASTM, etc.). Há um inventário e plano de manutenção preventiva para alguns equipamentos de controle ambiental considerados críticos. A maioria dos laboratórios que realizam monitoramento ambiental são credenciados pelos respectivos órgãos de controle. Alguns instrumentos de monitoramento são sistematicamente calibrados. Os equipamentos ou laboratórios de calibração são licenciados e certificados por padrões internacionais reconhecidos (NIST, ASTM, etc.). Não há um inventário e plano de manutenção preventiva para os equipamentos de controle ambiental considerados críticos.	31	70	72	
	Verificação	32	Indicadores	Os indicadores adotados no processo de Gestão Ambiental da Empresa permitem avaliar e acompanhar o seu desempenho ambiental. O resultado de todos os indicadores estão acima da meta prevista, muitos são considerados como <i>benchmark</i> . A Empresa possui indicadores ambientais. Alguns resultados de indicadores estão acima da meta prevista. A Empresa possui indicadores ambientais.	32	54	42
		33	Conformidades	O sistema de Avaliação do atendimento das conformidades ambientais envolve os responsáveis pelos processos. Ações corretivas e preventivas são identificadas, tratadas e avaliadas a efetividade das soluções adotadas. Existe acompanhamento da quantidade e prazos das ações de tratamento das ações corretivas e preventivas. O sistema de Avaliação do atendimento das conformidades ambientais envolve alguns responsáveis pelos processos. Ações corretivas e preventivas são identificadas e tratadas. O sistema de Avaliação do atendimento das conformidades ambientais não envolve os responsáveis pelos processos. Poucas ações corretivas e preventivas são identificadas, tratadas e avaliadas a efetividade das soluções adotadas.	39	90	64
		34	Auditorias	Auditorias ambientais internas e externas são executadas regularmente. Não foram identificadas não-conformidades maiores nos últimos cinco ciclos de auditorias externas. Auditorias ambientais internas e externas foram realizadas. Identificadas não-conformidades maiores nos últimos cinco ciclos de auditorias externas. Não são realizadas auditorias ambientais internas e externas.	40	70	72
		35	Análise crítica	Existem revisões periódicas do sistema de gestão ambiental e coordenadas pelo responsável da Empresa. Os resultados da Análise Crítica são documentados. Existem revisões periódicas do sistema de gestão ambiental. Não são realizadas revisões periódicas do sistema de gestão ambiental.	34	70	72
Média			36	64	51		

Tabela 18 - Prática, indicadores e resultados da priorização por empresas na matriz de tecnologia ambiental.

Matriz de Avaliação da Tecnologia Ambiental			EMPRESAS		
			L123	L45	E12
Prática		Indicador	Priorização		
Preparação da sucata	1	Qualidade da sucata Predomínio da sucata tipo especial. Predomínio da sucata de estamparia, qualidade média. Predomínio da sucata tipo obsolescência.	10	28	32
	2	Procedência da sucata Áreas industrializadas com coleta seletiva. Áreas com coleta seletiva consolidada. Áreas sem coleta seletiva.	24	34	40
	3	Beneficiamento da sucata Beneficiamento com Shredder. Beneficiamento com Tesoura. Sem beneficiamento.	40	70	28
	4	Controle de qualidade na entrada da sucata Controle de 70% a 100% da sucata recebida. Controle de 30% a 70% da sucata recebida. Controle até 30% da sucata recebida.	38	60	32
	5	Sistema de proteção radioativa na sucata Três ou mais níveis de detecção radioativa na sucata. Até dois níveis de barreiras de detectores de radioatividade. Sem detector de radioatividade.	33	36	20
Processamento da sucata no EAF	6	Tipo de captação das emissões do forno Forno elétrico com captação total tipo quarto furo e coifa. Forno elétrico com captação tipo quarto furo. Forno elétrico sem captação.	40	60	20
	7	Emissão atmosférica - taxa de captação primária Taxa de captação primária no final do duto refrigerado, durante a fusão, acima de 1.700 m3/h por tonelada de aço. Taxa de captação primária no final do duto refrigerado, durante a fusão, entre 1.100 e 1.700 m3/h por tonelada de aço. Taxa de captação primária no final do duto refrigerado, durante a fusão, abaixo de 1.100 m3/h por tonelada de aço.	70	60	12
	8	Emissão atmosférica - taxa de captação secundária Taxa de captação secundária, durante o carregamento, acima de 15.000 m3/h por tonelada de aço. Taxa de captação secundária, durante o carregamento, entre 9.000 a 15.000 m3/h por tonelada de aço. Taxa de captação secundária, durante o carregamento, abaixo de 9.000 m3/h por tonelada de aço.	42	60	12
	9	Emissão atmosférica - taxa volumétrica da coifa Taxa volumétrica da coifa acima de 130 m3/tonelada de aço. Taxa volumétrica da coifa entre 40 e 130 m3/tonelada de aço. Taxa volumétrica abaixo de 40 m3/tonelada de aço.	42	60	12
	10	Emissão atmosférica - taxa de produção de aço / consumo de O ₂ Taxa de produção de aço/consumo de oxigênio acima de 0,04 t aço/Nm3/h de O ₂ . Taxa de produção de aço/consumo de oxigênio entre 0,02 a 0,04 t aço/Nm3/h de O ₂ . Taxa de produção de aço/consumo de oxigênio abaixo de 0,02 t aço/Nm3/h de O ₂ .	60	30	42
	11	Emissão atmosférica - taxa água resfriamento /vazão primária Taxa de resfriamento de água acima de 12 litros/m3/h de ar primário. Taxa de resfriamento de água entre 6 a 12 litros/m3/h de ar primário. Taxa de resfriamento de água abaixo de 6 litros/m3/h de ar primário.	42	12	36
	12	Emissão atmosférica - taxa área dutos resfriados/vazão ar primário Taxa da área dos dutos resfriados / vazão ar primário acima de 27 cm2/ m3/h. Taxa da área dos dutos resfriados / vazão ar primário entre 3 a 27 cm2/ m3/h. Taxa da área dos dutos resfriados / vazão ar primário menor que 3 cm2/ m3/h.	42	48	60
	13	Emissão atmosférica - velocidade ar primário na câmara combustão Velocidade dos gases na câmara de combustão abaixo de 3,5 m/s. Velocidade dos gases na câmara de combustão entre 3,5 a 8 m/s. Velocidade dos gases na câmara de combustão acima de 8 m/s.	14	48	36
	14	Emissão atmosférica - tempo de permanência na câmara combustão Tempo de permanência dos gases primários na câmara de combustão acima de 2,7 segundos. Tempo de permanência dos gases primários na câmara de combustão entre 0,8 a 2,7 segundos. Tempo de permanência dos gases primários na câmara de combustão menor que 0,8 segundos.	14	42	36
	15	Emissão atmosférica - taxa vazão água na HQT/vazão ar primário Taxa de vazão de água na HQT / vazão ar primário maior que 0,09 litros/m3. Taxa de vazão de água na HQT/ vazão ar primário entre 0,05 e 0,09 litros/m3. Instalação sem HQT.	18	54	12
	16	Emissão atmosférica - tempo de permanência na quench tower. Tempo de permanência dos gases primários na quench tower acima de 3 segundos. Tempo de permanência dos gases primários na quench tower entre 1 e 3 segundos. Instalação sem quench tower.	18	42	12
	17	Emissão atmosférica - taxa de filtragem da Casa de Filtragem no carregamento Taxa de filtragem menor que 0,9 m/min para filtros tipo jato pulsante negativo ou menor 0,6 m/min para filtros ar reverso positivo. Taxa de filtragem entre 0,9 e 1,3 m/min para filtros tipo jato pulsante negativo ou entre 0,6 e 0,8 m/min para filtros ar reverso positivo. Taxa de filtragem maior que 1,3 m/min para filtros tipo jato pulsante negativo ou maior que 0,8 m/min para filtros ar reverso positivo.	50	30	18
	18	Manutenção do sistema de despoejamento Manutenção preventiva da casa filtros, ventiladores, dutos e instrumentação implantada , verificada e analisada criticamente no sistema de gestão da Empresa. Manutenção preventiva da casa filtros, ventiladores, dutos e instrumentação implantada e verificada no sistema de gestão da Empresa. Manutenção corretiva da casa filtros, ventiladores, dutos e instrumentação implantada.	27	80	12
	19	Emissões atmosféricas visíveis Não há emissões visíveis nos prédios, equipamentos de controle de emissões atmosféricas, veículos a diesel e pós gerados nas ruas. Há poucas emissões visíveis nos prédios, equipamentos de controle de emissões atmosféricas, veículos a diesel e pós gerados nas ruas. Observam-se emissões visíveis nos prédios, equipamentos de controle de emissões atmosféricas, veículos a diesel e pós gerados nas ruas.	22	42	8
	20	Emissões atmosféricas geradas no transporte interno Realizada a umectação completa das vias internas não pavimentadas para evitar emissão atmosférica. Realizada a umectação parcial das vias internas não pavimentadas para evitar emissão atmosférica. Não é realizada a umectação completa das vias internas não pavimentadas.	19	26	32
21	Efluente líquido gerado Sistema de captação tipo via seca (Filtro de mangas , precipitador eletrostático), piso próximo a pontos de recolhimento de PAE é pavimentado e a área é coberta. A Empresa não emite efluente do processo de despoejamento para o meio hídrico. Sistema de captação tipo via seca (Filtro de mangas, precipitador eletrostático), piso próximo a pontos de recolhimento de PAE não é pavimentado e a área não é coberta. Sistema de captação tipo via úmida (lavadores), piso próximo a pontos de recolhimento de PAE não é pavimentado e a área não é coberta.	40	70	11	
22	Efluente pluvial Existe sistema de armazenamento da água da chuva. A água de chuva é reutilizada e os descartes atendem os padrões aplicáveis. Existe sistema de armazenamento da água da chuva. A água de chuva é reutilizada e os descartes não atendem continuamente os padrões aplicáveis. Não há sistema de armazenamento da água da chuva.	43	9	19	
23	Emissão de ruído Equipamentos com nível de ruído dentro dos limites legais no entorno da Empresa e níveis de emissão na área dos filtros que dispensam o uso de protetor auricular. Equipamentos com nível de ruído dentro dos limites legais no entorno da Empresa e níveis de emissão na área dos filtros que requerem o uso de protetor auricular. Equipamentos com nível de ruído acima dos limites legais no entorno da Empresa.	46	54	42	
24	Contaminação do solo Não identificadas contaminações de PAE no solo na região próxima do sistema de controle ambiental. Identificadas pequenas contaminações de PAE no solo na região próxima do sistema de controle ambiental. Identificadas contaminações de PAE no solo na região próxima do sistema de controle ambiental.	29	20	50	
25	Áreas verdes no entorno Existe na maior parte do entorno da Empresa uma barreira vegetal com árvores nativas para minimizar o impacto visual junto à comunidade vizinha. Existe no entorno da Empresa uma barreira vegetal parcial com árvores nativas para minimizar o impacto visual junto à comunidade vizinha. Não há barreira vegetal com árvores nativas para minimizar o impacto visual junto à comunidade vizinha.	56	51	33	

Matriz de Avaliação da Tecnologia Ambiental			EMPRESAS			
			L13	L45	E12	
Prática		Indicador	Priorização			
Processo geração PAE	26	Geração do PAE	Taxa de geração do PAE entre 10 e 18 kg de PAE/tonelada aço produzido.	75	95	60
		Taxa de geração do PAE menor que 10 kg de PAE/tonelada aço produzido ou acima de 18 kg/t.				
		Não monitora a geração do PAE.				
Processo geração PAE	27	Sistema de armazenagem interna do PAE	O PAE recolhido é armazenado em recipientes fechados, protegido da ação da chuva.	33	40	67
		O PAE recolhido é armazenado em recipientes fechados e pode entrar em contato com eventuais águas pluviais.				
		O PAE é disposto no solo e pode entrar em contato com águas pluviais.				
Processo geração PAE	28	Contaminação do solo por tubulações enterradas	Não há tubulações enterradas na unidade para transporte de líquidos perigosos.	11	90	30
		Há tubulações enterradas na unidade para transporte de líquidos perigosos. Há plano de manutenção para verificar eventuais vazamentos em tubulações enterradas que transportem líquidos perigosos.				
		Há tubulações enterradas na unidade para transporte de líquidos perigosos. Não há plano de manutenção para verificar eventuais vazamentos em tubulações enterradas que transportem líquidos perigosos.				
Processamento interno/ externo do PAE	29	Sistema de carregamento do PAE para transporte	O PAE é carregado para transporte em cabines fechadas que evitam a saída para ao meio externo. Os operadores não ingressam nas cabines de carregamento.	49	39	30
		O PAE é carregado para transporte em cabines fechadas. Os operadores ingressam nas cabines de carregamento.				
		O PAE é carregado para transporte em cabines que permitem a saída do PAE para o meio externo.				
	30	Condição de transporte	O PAE é transportado em caminhões fechados, através de frota com idade média menor que 5 anos, passando por áreas de baixa ocupação urbana.	42	54	28
		O PAE é transportado em caminhões enlondados, através de frota com idade média menor que 10 anos, passando por áreas de média ocupação urbana.				
		O PAE é transportado em caminhões enlondados, através de frota com idade média superior a 10 anos, passando por áreas de alta ocupação urbana.				
	31	Controle da carga	Toda carga de PAE é inspecionada e registrada, os caminhões saem sem vestígios do PAE, acompanhados da Nota Fiscal, do Manifesto de Transporte de Carga, envelope de emergência, e todos os requisitos de emergência aplicados para resíduos perigosos.	43	72	80
		Parte da carga de PAE é inspecionada e registrada, os caminhões saem com algum vestígio do PAE, acompanhados da Nota Fiscal, do Manifesto de Transporte de Carga, envelope de emergência, e a maioria dos requisitos de emergência aplicados para resíduos perigosos.				
	32	Controle de recebimento no destinatário	A carga de PAE não é inspecionada e registrada, os caminhões saem com vestígios do PAE, acompanhados da Nota Fiscal, quase sempre do Manifesto de Transporte de Carga, envelope de emergência, e alguns requisitos de emergência aplicados para resíduos perigosos.	50	85	70
		Parte do PAE é inspecionado no recebimento, em local adequado, providenciada a assinatura do manifesto de Transporte de Resíduo (MTR) e a posterior devolução para o gerador.				
	33	Forma de armazenamento no destinatário	Todo PAE é inspecionado no recebimento, em local adequado, providenciada a assinatura do manifesto de Transporte de Resíduo (MTR) e a maioria é devolvida para o gerador.	33	32	62
		O PAE é armazenado em local pavimentado e coberto. A limpeza da varrição do local retorna para a carga.				
34	Tipo de beneficiamento	O PAE é armazenado em local pavimentado, com cobertura parcial. A drenagem pluvial da área exposta não é tratada antes do seu lançamento.	23	24	9	
		O PAE é armazenado em local pavimentado, a céu aberto. A drenagem pluvial da área não é tratada antes do seu lançamento.				
		O PAE é beneficiado por processos correntes e resulta na transformação da maior parte de seu volume em outro produto não-perigoso. A fração resultante desse processo é tratada como co-produto e não como resíduo.				
35	Reclamação de partes interessadas	O PAE é beneficiado por processo corrente e resulta na transformação de uma parcela intermediária de seu volume em outro produto não-perigoso. A fração resultante desse processo continua como resíduo perigoso.	24	80	68	
		O PAE é encaminhado a Centrais internas/externas de resíduos para disposição final. A central atende requisitos técnicos e possui adequada gestão.				
		O processo de beneficiamento nunca gerou reclamação de partes interessadas.				
			O processo de beneficiamento gerou reclamações das partes interessadas e as reclamações são tratadas para evitar sua recorrência.			
			O processo de beneficiamento gerou reclamações das partes interessadas e as reclamações são tratadas para evitar sua recorrência.			
			O processo de beneficiamento gerou reclamações das partes interessadas no período.			
			Média	36	50	33

Os resultados da priorização estão apresentados para cada uma das empresas na ordem crescente na Tabela 19. As notas com os maiores valores de priorização estão marcadas na parte superior dessa Tabela e as notas com os menores valores estão marcadas na parte inferior.

Tabela 19 - Ordenamento das práticas e resultado da priorização por empresas nas matrizes de desempenho ambiental

GESTÃO						TECNOLOGIA					
EMPRESA						EMPRESA					
L123		L45		E12		L123		L45		E12	
Prática	Priorização	Prática	Priorização	Prática	Priorização	Prática	Priorização	Prática	Priorização	Prática	Priorização
9	64	2	100	24	77	7	70	26	95	31	80
18	59	25	100	5	72	10	60	28	90	32	70
19	59	28	100	7	72	25	56	32	85	35	68
5	50	29	100	8	72	17	50	18	80	27	67
17	47	30	100	12	72	32	50	35	80	33	62
25	47	7	90	15	72	29	49	31	72	26	60
12	45	21	90	19	72	23	46	3	70	12	60
15	44	33	90	31	72	26	75	21	70	24	50
1	40	1	80	34	72	22	43	4	60	23	42
2	40	8	80	35	72	31	43	6	60	10	42
34	40	23	80	3	68	8	42	7	60	2	40
33	39	6	72	6	68	9	42	8	60	11	36
21	38	20	72	17	68	11	42	9	60	13	36
11	37	14	70	4	64	12	42	15	54	14	36
16	37	31	70	9	64	30	42	23	54	25	33
20	37	34	70	10	64	3	40	30	54	1	32
10	35	35	70	33	64	21	40	25	51	4	32
3	34	16	64	13	56	6	40	17	30	20	32
14	34	24	64	22	45	4	38	13	48	28	30
35	34	3	56	27	43	5	33	12	48	29	30
32	32	5	56	32	42	27	33	14	42	3	28
8	31	17	56	11	40	33	33	16	42	30	28
22	31	26	56	20	40	24	29	19	42	5	20
31	31	32	54	18	38	18	27	27	40	6	20
13	29	13	50	21	38	35	24	29	39	22	19
28	29	15	50	16	36	2	24	5	36	17	18
29	29	11	42	14	35	34	23	2	34	7	12
30	29	9	40	23	30	19	22	33	32	8	12
24	28	10	36	25	30	20	19	10	30	9	12
27	27	18	32	29	27	15	18	1	28	15	12
4	27	19	30	30	24	16	18	20	26	16	12
6	27	22	30	28	21	13	14	34	24	18	12
7	27	27	28	26	21	14	14	24	20	21	11
26	20	4	24	1	18	28	11	11	12	34	9
23	16	12	24	2	16	1	10	22	9	19	8

Nas Seções 5.1 a 5.4 é apresentada a análise dos resultados das pontuações de priorização das práticas. Para facilitar o entendimento na descrição, são informados entre parênteses os respectivos números das práticas.

O resultado dos cinco maiores e dos cinco menores valores de priorização mostrou uma única prática que foi comum às três empresas (32), assim como seis práticas que foram comuns a duas empresas (4, 5, 16, 26, 34 e 35). Isso pode indicar que existem práticas comuns, porém a maioria das práticas não resultaram comuns, dentro das faixas de corte adotadas.

5.1 Maiores Valores de Priorização da Gestão Ambiental

As práticas que apresentaram os maiores valores de priorização para a Empresa L123 estão relacionadas à questão de requisitos legais (9) e a comunicação (18 e 19). A empresa L123 também manifesta elevada pontuação de priorização para a prática de programas de treinamentos ambientais focados em seus aspectos ambientais significativos (17). A Empresa L123 possui participação sistêmica em fóruns ambientais locais, regionais e federais, bem como possui contratos com empresas especializadas que elaboram atualizações periódicas da legislação brasileira e mundial. A equipe gestora atua de forma a disseminar esse conhecimento legal para sua força de trabalho. Quanto à sua atuação nas questões de comunicação e programas de treinamentos, ela segue procedimentos que manifestam o respeito com seus stakeholders, busca manter todos informados sobre suas ações de sustentabilidade e atualiza continuamente seus trabalhadores, através de treinamentos planejados.

Para a Empresa L45, as práticas que apresentaram maiores valores de priorização para o processo de gestão foram associadas ao controle operacional de suas atividades. Predominou com destaque sua gestão sobre seu sistema de recolhimento do PAE (25), materiais radioativos (28), emissões atmosféricas (29), assim como efluentes e águas subterrâneas (30). Essa Empresa possui uma equipe com reconhecida especialização ambiental, foi uma das pioneiras na obtenção da ISO 14001, o que faz com que esta combinação de fatores lhe confira um resultado diferenciado na gestão destes itens.

A Empresa E12, semelhante à Empresa L123, apresentou maiores valores de priorização para o processo de gestão relacionada à questão de requisitos legais (7 e 8), visto que apresentam estratégias de atuação semelhantes neste quesito. A Empresa E12 tem elevada pontuação no gerenciamento da geração do PAE (24), no qual o controle ambiental é gerenciado pela área geradora e possui indicadores de desempenho, frequentemente analisados. Outro ponto que conferiu proximidade entre essas duas Empresas foi a gestão sobre a atualização e revisão de seus aspectos e impactos ambientais (5), atividade que exercem sistematicamente e costuma envolver grande parte de sua força de trabalho.

5.2 Maiores Valores de Priorização de Tecnologia Ambiental

A Empresa L123 recebeu uma pontuação diferenciada para sua elevada taxa de exaustão, disponível para captar suas emissões primárias (7), a qual lhe assegura boa condição

para coletar o PAE gerado durante a fase de fusão do forno. Contribui para esse desempenho a segunda maior pontuação, atribuída à baixa taxa de consumo de oxigênio de sua operação (10), garantindo maior produção de aço com um menor consumo de oxigênio e, assim, uma menor geração de gases a serem captados. Destacou-se nessa Empresa a sua pontuação às áreas verdes do entorno (25), a qual é resultado de projetos de plantios de árvores e arbustos implantados ao longo dos anos. Essa cortina verde lhe confere uma paisagem harmoniosa com sua comunidade vizinha.

A Empresa L45 mostrou bons níveis para o indicador de geração de PAE (26) no seu processo, o qual pode refletir a boa condição de sua sucata empregada para a produção de aços. A Empresa L45 coincidiu com as Empresas L123 e E12 na sua atuação frente aos destinatários que recebem os respectivos PAEs (32), zelando para que suas instalações estejam adequadas. Cabe destacar que essa prática (32) foi a única comum às três Empresas. A qualidade de suas instalações de tubulações para transferir produtos perigosos (28) conferiu à Empresa E45 uma elevada pontuação e segurança para sua operação.

A Empresa E12 mostrou elevado desempenho na sua atuação de controle da carga enviada a destinatários (31 e 32) e manifesta com isto o cuidado que adota para seus meios de transporte, garantindo assim que estejam adequados e atendam os requisitos legais pertinentes. Esse cuidado também é refletido nas instalações internas de armazenamento do PAE (27). Como resultado desse cuidado, a prática que trata de reclamações de partes interessadas (35), recebeu pontuação diferenciada, manifestada pela ausência de qualquer tipo de reclamação.

5.3 Menores Valores de Priorização da Gestão Ambiental

As práticas que apresentaram os menores valores de priorização para a Empresa L123, e dessa forma possuem oportunidades de melhorias, estão relacionadas a programas de minimização da geração de resíduos (23) e ao processo de auditorias junto a transportadores e destinatários (26). A implementação de programas de redução da geração de resíduos da Empresa L123 apresenta perspectivas promissoras para o futuro, pois o processo de acompanhamento dos destinatários está sendo implementado e passa por contínuas ações de melhorias.

Para a Empresa L45, as práticas que apresentaram menores valores de priorização para o processo de gestão foram associadas à abrangência da prática de objetivos e metas (12), em que a Empresa identifica oportunidades de aperfeiçoamento desta ferramenta. Foi identificada

oportunidade de melhoria para a prática de gestão sobre a metodologia de pontuação que permita a priorização de seus aspectos e impactos ambientais (4), o que permitirá à Empresa L45 obter um critério para escolher aqueles aspectos que necessitam atuação. Essa mesma prática (4) também foi identificada com baixa pontuação junto à Empresa L123. A Empresa também identificou que irá requerer um aperfeiçoamento no seu programa de preservação de recursos naturais, otimização e eficiência energética (27).

A Empresa E12 possui o desafio de aprofundar sua atuação de disseminação de conhecimento e conexão de sua Política Ambiental (1) e a prática de análise de seus aspectos e impactos ambientais (2) junto a sua força de trabalho. Semelhante à Empresa L123, deverá investir esforços no aperfeiçoamento do processo de auditorias junto a transportadores e destinatários de resíduos (26).

5.4 Menores Valores de Priorização da Tecnologia Ambiental

A Empresa L123 identificou oportunidade na qualificação da sucata recebida (1) e atua constantemente junto a sua cadeia produtiva, buscando a sensibilização para a adoção de práticas de segregação, para evitar ingresso de materiais misturados à sucata ferrosa. Para melhorar essa prática, desenvolve programas de sensibilização ambiental orientados para seus transportadores e fornecedores de sucata. Essa Empresa identificou a necessidade de atuação junto às suas instalações de transporte de materiais perigosos (28) e investe na constante atualização de suas instalações para evitar tubulações e equipamentos sob o solo.

A Empresa L45 apontou a oportunidade de melhoria na sua condução de águas pluviais (22) e no indicador que relaciona a quantidade de água necessária para o resfriamento dos gases primários do sistema de captação do PAE (11), os quais requerem constantes aperfeiçoamentos por parte da Empresa L45.

A Empresa E12 tem o desafio de aperfeiçoar seu sistema de abatimento de emissões atmosféricas (19) e atua sistematicamente na atualização de suas instalações de captação e tratamento. Assim como a Empresa L45, busca identificar tecnologias de beneficiamento sustentáveis para o PAE coletado em suas instalações de despoeiramento (34).

5.5 Resumo da Matriz de Avaliação de Gestão e Tecnologia

A Tabela 20 apresenta o resumo com os resultados do desempenho ambiental obtidos na matriz de avaliação de gestão e tecnologia das três Empresas avaliadas (L123, L45 e L12).

Nessa Tabela, os maiores valores de desempenho ambiental de cada Empresa estão destacados em cinza.

Tabela 20 - Resumo da pontuação Do desempenho ambiental por empresa obtida na matriz de avaliação ambiental, classificada para cada etapa do processo do PAE.

Etapa		EMPRESAS		
		L123	L45	E12
Gestão	Política Ambiental	9,3	10,0	9,0
	Aspectos e impactos ambientais	8,4	8,2	8,2
	Requisitos legais e outros	9,2	8,5	8,3
	Objetivos metas e programas	8,2	7,3	8,3
	Competência, treinamento e conscientização	9,5	9,0	9,3
	Comunicação	8,2	7,3	8,8
	Controle operacional	8,2	9,1	7,5
	Verificação	8,2	9,0	8,0
	Média de cada empresa	8,5	8,6	8,2
	Desempenho Médio	8,4		
Tecnologia	Preparação da sucata	6,9	6,8	8,2
	Processamento da sucata no EAF	6,2	6,1	5,8
	Processo geração PAE	7,6	9,3	9,8
	Processamento externo do PAE	8,9	7,7	7,5
	Média de cada empresa	6,8	6,8	6,8
	Desempenho Médio	6,8		

Essa tabela permite concluir que as práticas de gestão apresentaram resultados de desempenho médio 24% superiores às práticas de tecnologias. Portanto, para obter um equilíbrio entre gestão e tecnologia, deverão ser reforçadas as ações do processo de tecnologia ambiental nas três Empresas avaliadas. O possível fator que justifique a diferença favorável ao processo de gestão pode estar associado ao trabalho desenvolvido pelas Empresas aos processos de certificação ambiental, tal como o da ISO 14.000.

Essa diferença pode sugerir que há maior esforço nas questões de gestão em detrimento da tecnologia. Aparentemente, isso sugere que os assuntos tecnológicos sejam conhecidos por todos, e que já estariam estabilizados. A partir dessa hipótese, a atuação das Empresas, na busca de melhores resultados, estaria direcionando ténue esforço adicional em suas práticas de gestão. Porém, se a tecnologia não for sistematicamente monitorada, sua estabilidade se deteriorará e o processo começará a apresentar problemas, tais como redução de qualidade, elevação de custos e impactos ambientais. Outra possível razão para isso é o maior destaque e reconhecimento manifestado aos profissionais que atuam nos processos de gestão e ao menor tempo para preparação de um profissional de gestão, se comparado ao profissional de tecnologia.

A introdução de práticas gerenciais nas empresas, tais como a de carreira em Y, é uma forma de atuação para permitir a obtenção de um equilíbrio entre as práticas de gestão e de tecnologia. Com a adoção dessa metodologia, os profissionais de gestão e de tecnologia desempenharão suas funções com o mesmo nível de *empowerment*, proporcionando, assim, tomadas de decisões consistentes para a sustentabilidade das organizações.

Prates (2011) pergunta: “Carreira em Y: desenvolver competências gerenciais ou evoluir como especialista?”. Esse questionamento poderá nos conduzir a vários outros, tais como: “Quais as vantagens e desvantagens encontradas na carreira Y ou na gerencial?; Como as empresas têm lidado com as promoções de seus profissionais?; Como você se posiciona em face de sua carreira?”. Há uns anos atrás, essas perguntas jamais seriam feitas, pois na década de 80, a descrição de cargos virou moda, e tinha o objetivo de promover planos de carreira a seus trabalhadores, a visão estava focada em rígidas hierarquias e promovia raras opções para uma promoção efetiva. O foco do crescimento era unicamente vertical. Muitos especialistas, por falta de opção, migravam indevidamente para cargos de gestão. Porém, nem todos desejavam ou tinham aptidão para assumir um cargo gerencial, ficando muitas vezes em posições aquém de suas possibilidades e expectativas, gerando uma desmotivação profissional.

Foi nessa perspectiva que, há vinte anos, foi criada a estrutura de carreira em Y. Vários eventos estimularam essa ocorrência, tais como o aumento da competitividade, a necessidade de reter talentos, a globalização, e o mais determinante de tudo: o crescimento da demanda por bons especialistas. Nos tempos atuais, essa prática possibilita valorizar, reconhecer e remunerar de forma expressiva os especialistas em tecnologia, efetivamente retraindo esses talentos. Permanentemente atualizados e desafiados, são profissionais que podem contribuir de forma expressiva para criar valor, impulsionando os negócios com seus conhecimentos (PRATES, 2011).

Os maiores valores médios de priorização das três Empresas foram comuns na prática de tecnologia - geração do PAE. Outra prática, na qual coincidiram os menores valores médios de priorização, foi a de processamento de sucata no FEA das Empresas L45 e E12. Na maior parte das práticas, observou-se, pela pontuação obtida, que cada empresa pertencente aos mesmos segmentos produtivos, tem suas particularidades diferentes das demais, ficando as maiores e menores pontuações de priorização distribuídas em diferentes práticas.

Outra análise realizada a partir dos resultados da matriz foi a identificação, entre as três Empresas avaliadas, de onde estão localizados os melhores desempenhos ou pontos fortes dentro do processo do PAE. Para essa análise, foram excluídas as práticas, que apesar de

importantes para o processo ambiental do conjunto, não possuem uma relação direta com o processo do PAE. Para exemplificar o critério adotado, na etapa de preparação de sucata, foram selecionadas as práticas: 1 (qualidade da sucata), 2 (procedência da sucata), 3 (beneficiamento da sucata), 4 (controle de qualidade na entrada da sucata) e 5 (sistema de proteção radioativa na sucata). Com esse mesmo método de seleção, foram selecionadas as práticas para os demais processos. Nesse sentido, a Tabela 21 mostra aquelas práticas que estão relacionadas diretamente ao processo de PAE.

Tabela 21 - Relação das práticas consideradas diretamente relacionada ao processo do PAE.

ETAPA		PRÁTICAS															
Gestão	Controle operacional	21	22	23	24	25	26										
	Preparação sucata	1	2	3	4	5											
Tecnologia	Captação	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	26		
	Beneficiamento PAE	34															

A partir das práticas selecionadas e informadas na Tabela 21, os valores informados pelos avaliadores para o desempenho ambiental foram consolidados por Empresas nas respectivas etapas do processo, conforme mostrado na Tabela 22.

Tabela 22 - Resultado das avaliações de desempenho das práticas nas Empresas.

ETAPA		EMPRESA		
		L123	L 45	E 12
Gestão	Controle operacional	8,6	9,3	7,9
Tecnologia	Preparação sucata	6,9	6,8	8,2
	Captação	5,9	6,3	6,1
	Beneficiamento PAE	10,0	6,0	2,0

O resultado da Tabela 22 mostrou que a Empresa L45 apresentou o melhor desempenho no processo de gestão para as práticas que estão mais diretamente associadas a sistema de captação do PAE, formadas pelo bloco de controle operacional, tais como: inventários, classificações, gestão interna e auditoria de resíduos/coprodutos, gerenciamento da geração e sistema de recolhimento do PAE no interior da aciaria. Esse resultado provavelmente seja o reflexo do esforço dessa Empresa, que foi pioneira no desenvolvimento de boas práticas ambientais na siderurgia brasileira.

A Empresa E12, no entanto, apresentou melhor desempenho no processo tecnológico associado à preparação da sucata. Essa prática contempla a qualidade, procedência, beneficiamento, sistema de proteção radioativa e controle de qualidade na entrada da sucata. Essa Empresa é reconhecida pelo elevado grau de qualidade de seu produto – aços especiais, resultado de uma atuação junto à cadeia de fornecedores de sucata, para assegurar o ingresso de matérias-primas com nível de qualidade compatível com seu produto.

Na etapa de tecnologia, captação do PAE, todas as Empresas avaliadas apresentaram valores equilibrados, segundo a pontuação dada pelos avaliadores. Essa prática contempla o tipo de captação das emissões do forno, a taxa de captação primária e secundária, o volume de coifa, o consumo de oxigênio, as taxas de água de resfriamento, de área dos dutos resfriados, a velocidade do gás na câmara combustão, o tempo de permanência na câmara combustão, a taxa de vazão de água e tempo de permanência na *Hot Quench Tower*, taxa de filtragem da casa de filtros, emissões atmosféricas visíveis e quantidade gerada de PAE.

Já a Empresa L123 apresentou melhor desempenho no processo de tecnologia associado ao beneficiamento do PAE. Esse resultado provavelmente está associado ao desenvolvimento de reciclagem do PAE adotado por essa empresa, no qual destina maior parte de seu PAE para empresa metalúrgica, produtora de ligas metálicas a base de zinco. Esse processo se tornou sustentável devido a fatores, tais como: proximidade entre a fonte geradora e a recicladora, existência de adequadas instalações e a aprovação do processo por parte do órgão ambiental. Cabe destacar que a fração resultante do beneficiamento é tratada como coproduto e não como resíduo.

As práticas que apresentaram as menores notas na matriz de avaliação, informadas nas seções 5.3 e 5.4, deverão receber priorização e maior esforço para se atingir a excelência nas operações das empresas avaliadas; para isto, deverão compor os respectivos planos de ação anual destas empresas. As práticas que apresentam elevado valor de priorização podem requerer uma consolidação da rotina e disseminação para assegurar a manutenção do status de elevado desempenho.

6 CONCLUSÕES

A avaliação das três Empresas (L123, L45 e E12), através de matrizes, permitiu identificar os pontos do processo do PAE que estão fortalecidos e, ao mesmo tempo, os que requerem maior esforço para atingir a excelência operacional. A análise dos resultados das matrizes dos Apêndices A e B, aplicadas as três Empresas, mostrou que o desempenho ambiental das práticas de gestão está superior, em média, em 24% ao desempenho das práticas de tecnologia. Portanto, respondeu a pergunta: “O que está mais desenvolvido, os processos de gestão ou os de tecnologia?”.

Um dos principais resultados da tese foi a construção de uma ferramenta que respondeu de forma consistente a avaliação do processo do PAE, comprovada através de resultados de avaliação bem definidos de alta e baixa priorização obtidos para cada Empresa avaliada, conforme pode ser observado na Tabela 19. Poucos valores médios de priorização das três Empresas foram comuns nas práticas consideradas. Na maior parte das práticas, observou-se, pela pontuação obtida, que cada empresa pertencente aos mesmos segmentos produtivos, tem suas particularidades diferentes das demais, ficando as maiores e menores pontuações de priorização distribuídas em diferentes práticas. Essa ferramenta mostrou ser um método de avaliação simples e com facilidade de uso, possibilitando avaliar processos distintos, tais como empresas siderúrgicas produtoras de aços longos ao carbono e longos especiais, o que permite concluir que pode ser aplicado a qualquer outro processo ou empresa.

Importante contribuição da matriz de avaliação é a geração de prioridades entre as práticas do processo do PAE das empresas avaliadas, no qual as práticas com menores valores de priorização, tais como, programas de minimização da geração de resíduos (23) e qualificação da sucata recebida (1), deverão requerer maiores investimentos de recursos e, assim, proporcionar maior contribuição para a melhoria do processo do PAE. Por outro lado, as práticas que apresentam maiores valores de priorização, como aquelas relacionadas à questão de requisitos legais (9) e taxa de exaustão, disponível para captar suas emissões primárias (7), também podem requerer a sua disseminação e consolidação da rotina para assegurar a manutenção deste elevado desempenho.

A partir da metodologia de mapeamento com indicadores realizado em onze diferentes sistemas de captação do PAE de empresas siderúrgicas, produtoras de aços longos ao carbono e longos especiais, pode-se concluir que é possível aperfeiçoar as instalações de captação do

PAE a partir da realização de análises crítica sobre o resultado destes indicadores, tanto para instalações existentes quanto para novos projetos de captação de PAE.

As boas práticas e tecnologias para tratamento do PAE apresentadas no trabalho permitem um conhecimento amplo sobre as soluções mundiais em operação corrente, em desenvolvimento e até as que estão em desuso industrial. Entre as 57 tecnologias mostradas nas Tabelas 7 a 13, observa-se que até o presente momento, não há uma solução que atenda as necessidades de reciclagem sustentável para o setor siderúrgico, pois as tecnologias existentes apresentam, ainda, elevados custos operacionais, devido aos baixos volumes para processamento e às dificuldades logísticas para recolhimento da geração de diferentes locais de geração. Desse modo, o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para a reciclagem do PAE é um dos grandes desafios para o setor. Com a geração do PAE nos sistemas de captação, surgiu a preocupação de se evitar que este resíduo, considerado perigoso, fosse disperso em diferentes locais. Sua distribuição para uso em diferentes aplicações, estruturadas por estudos científicos, obedeceram a muitos requisitos que buscam garantir o menor impacto às pessoas e ao ambiente. As aplicações de reciclagem do PAE passam por análises científicas e aprovações dos órgãos de controle ambiental para validar sua implementação. Todo processo de autorização ou validação desses desenvolvimentos passa por uma análise ambiental, política, econômica e social, muitas vezes de grande complexidade. Cabe destacar que o limite que separa o que é aceitável ou aprovado do não aprovado é tênue. A fim de tornar essa fronteira mais clara e definida, é necessário coletar uma quantidade representativa de informações e, assim, tornar robusta a definição quanto à aprovação de determinada aplicação. Existem exemplos de desenvolvimentos que levaram muitos anos e elevados investimentos para que fossem implementados e consolidados.

O conteúdo apresentado no Capítulo 3 - Práticas Industriais -, serve como referência e contribuição para o conhecimento e aperfeiçoamento dos processos de gestão ambiental e de tecnologia ambiental das empresas siderúrgicas, em especial sobre o processo da geração e destinação do PAE. Esse conhecimento elevará o grau de inteligência ambiental dos envolvidos no processo, e, conseqüentemente, contribuirá para manter o equilíbrio entre o social, o econômico e o ambiental, bases do desenvolvimento sustentável. O conceito de desenvolvimento sustentável, fácil de explicar sob a ótica teórica, torna-se difícil quando aplicado nas ações práticas do dia a dia. Logo, para proporcionar um crescimento econômico e social sincronizado com a proteção ambiental, entra em cena o grau de desenvolvimento da inteligência ambiental. Nesse sentido, o desenvolvimento e implementação das tecnologias associadas ao PAE passaram por ciclos evolutivos, seguindo os princípios da melhoria

contínua, nos quais, com o passar do tempo, são introduzidas melhorias nas práticas, resultado da inteligência ambiental aplicada a este processo.

Não foi identificada literatura que apresentasse uma abordagem semelhante ao objetivo e contextos desta tese. As informações apresentadas neste trabalho podem servir de referência para a implantação e aperfeiçoamento do processo tecnológico do PAE e de gestão ambiental.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apesar de existirem tecnologias de beneficiamento e reciclagem do pó, torna-se necessário desenvolver novos processos economicamente sustentáveis para este subproduto. Devem ser continuadas as pesquisas em busca de soluções sustentáveis, simples, flexíveis, com baixos custos de implantação e de operação, assim como proporcionem maior eficiência na extração dos metais.

Durante a elaboração dos indicadores de sistemas de captação de PAE em diferentes empresas, foi percebida a necessidade de criação de outros indicadores e de uma avaliação qualitativa, isto é, a associação de como está o funcionamento de cada um de seus componentes e, assim, identificar os que apresentam os melhores desempenhos. Este estudo irá conduzir a uma melhor definição de faixas operacionais adequadas para auxiliar novos projetos de sistema de captação do PAE.

Sugere-se a aplicação deste método de gerenciamento desenvolvido para o PAE em outros processos do setor siderúrgico e também em outras empresas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos; Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10.151: Fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades.** Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 11.174: Armazenamento de resíduos classe II – não-inertes e III – inertes: procedimentos.** Rio de Janeiro, 1990.

_____. **NBR 12.235: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos: procedimentos.** Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 14.001: Sistema de Gestão Ambiental.** Rio de Janeiro, 2004.

AAF American Air Filter, Filtros de Mangas. **Portal AAF American Air Filter.** Disponível em:

<http://www.aafintl.com/Products/Air%20Pollution%20Control%20Equipment/Bag%20Collectors/~media/product%20media/documents/Power%20and%20Industrial/Literature/fabripulse%20design%20m%20apc%201%20411%20pdf.ashx>, Acessado em: 10.07. 2011.

ABREU, Y. **Estudo comparativo da eficiência energética da cerâmica de revestimentos via úmida no Brasil e na Espanha.** Tese de doutorado da Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2003.

ACOSTA, C. D. **Sistema de Despoejamento nos Fornos da Aciaria Elétrica da Gerdau Riograndense.** Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

AMARAL, H. K. Escola Nacional de Administração Pública. Desenvolvimento de competência de servidores na administração pública brasileira. **Revista do Servidor Público**, n 57, p. 549-563, 2006.

ARAÚJO, L. C. G. **Organização Sistema e Métodos e as tecnologias de gestão organizacional.** São Paulo. V.1: Editora Atlas. ed. 3 Revisada e atualizada, incluindo gestão de processos, novos casos, novos exercícios. 2007.

ARAÚJO, M. G. **Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001/2004 comentada.** Rio de Janeiro: Editora GVC, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 7503: Transporte terrestre de produtos perigosos - Ficha de emergência e envelope - Características, dimensões e preenchimento.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSUMPÇÃO, L. F. J. **Sistema de Gestão Ambiental: Manual Prático para Implementação de SGA e Certificação ISO 14.001**. Curitiba: Editora Juruá, p. 204, 2004.

ASSUMPÇÃO, L. F. J. **Sistema de Gestão Ambiental: Manual prático para implementação de SGA e Certificação ISO 14.001:2004**. Curitiba: Editora Juruá, Ed.1. tiragem 3, 2006.

ATTWELL, P. **Ground pollution environment**, London: Geology, Engineering, and Law Champman & Hall, 1998.

BERGMANN, C.P.; GONÇALVES, M. R. F; VICENZI J. **Reciclagem do pó de aciaria da planta industrial da Gerdau Aços Especiais Piratini – Charqueadas: Estudo da reciclagem do pó de aciaria como matéria-prima para indústria do cimento**. Laboratório De Materiais Cerâmicos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BHA Group Inc. **Innovative filtration technology. Filter Bags & Cages**, 1997. [catálogo técnico].

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos: EESS/USP, p. 120, 1999.

BRAND, P. G. A. **Technical evaluation of vendor proposals for emission control systems**. Toronto, G Global, v54, p. 83-92, 1996.

BREHEM, F. A. **Adição de Óxido de Zinco (ZnO) em Pastas de Cimento Visando Viabilizar a Reciclagem de Pós de Aciarias Elétricas (PAE) na Construção Civil**. Tese doutorado em engenharia. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

BRETSCHNEIDER, B.; KURFURST, J. **Air pollution**. San Diego: Academic Press Inc. , 1987.

BUTLER, J; HOOPER, P. **Dilemmas in optimizing the environmental benefit from recycling: A case study of glass container waste management in the UK**. Res. Cons. & Recycling. New Jersey: v. 45, p. 331-55, 2005.

CARRETERO, N; BERMEJO, A. B. **Inteligência Ambiental; Madrid** - Centro de Difusión de Tecnologías. Universidad Politécnica de Madrid. Madri, 2005.

CARVALHO, A.B.M. Como entender o que diz a ISO 14001. **Revista Controle da Qualidade**, n 75, p. 72-80. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 1998.

CARVALHO, E.H. Formulário para o inventário dos resíduos gerados na Universidade Federal de Goiás. **Portal Universidade Federal de Goiás**. Disponível em: <http://www.proad.ufg.br/residuos.php>>. Acessado em 20.02.2011.

CAVALCANTI, P.M.S. **Avaliação dos impactos causados na qualidade do ar pela geração termelétrica**. Tese de Mestrado. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

CERAGIOLI, J. H. **Desenvolvimento de software/banco de dados de resíduos sólidos industriais perigosos**. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Química. Campinas, 1998.

CHERNICHARO, C. A L. **Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Belo Horizonte: Editora UFMG, v. 05, 2003.

CHIAVENATO, I. **Administração nos Novos Tempos**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, Ed.2, 2010.

CHIELE C. **Sistema de aprimoramento de gestão ambiental**. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CHOO, C.W. **The Art Of Scanning The Enviroment**. ASIS Bulletin, Special Issue on Information. Seeking. Maryland, USA: Vol. 25, n. 3, p.13-19, February / March 1999.

CMB - Consolidated Materials Brokers, **Portal da empresa. Consolidated Materials Brokers** disponível em: <http://www.ceramics.com/cmb/process.html>, Acessado em 20.04.2009.

COMISSÃO EUROPÉIA. A EU e a gestão dos resíduos. In: **Luxemburg: Serviço das publicações oficiais das comunidades européias**, 18p. – 21x21 cm. ISBN 92-828-4829-9. 2000.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 001**, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. **Diário Oficial da União de 17 de fevereiro de 1986**, Seção 1, páginas 2548-2549. Poder Executivo, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.

_____. **Resolução nº 452**, de 02 de julho de 2012. Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basiléia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito. **Diário Oficial da União de 04 de julho de 2012**. Página 84. Poder Executivo, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.

_____. **Resolução nº 06**, de 15 de junho de 1988. Dispõe sobre o licenciamento de obras de resíduos industriais perigosos. **Diário Oficial da União de 16 de novembro de 1998**. páginas 22123-221214. Poder Executivo, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.

_____. **Resolução nº 01**, de 08 de março de 1990. Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda. **Diário Oficial da União 63**. Poder Executivo, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 02 de abril de 1990. Seção I.

_____. **Resolução nº 23**, de 12 de dezembro de 1996. Regulamenta a importação e uso de resíduos perigosos. **Diário Oficial da União 13 de 20 de janeiro de 1997**. páginas 1116-1124. Poder Executivo, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.

_____. **Resolução nº 237**, de 19 de dezembro de 1997. Disposição sobre o licenciamento ambiental. **Diário Oficial da União 247**. Poder Executivo, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 22 de dezembro de 1997. Seção I.

_____. **Resolução nº 313**, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. **Diário Oficial da União 226 de 22 de novembro de 2002**. páginas 85-91. Poder Executivo, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.

_____. **Resolução nº 382**, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. **Diário Oficial da União 01**. Poder Executivo, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 02 de janeiro de 2007. Seção I.

CONSULTORIA CANADENSE, 1997, Toronto. **Visita técnica com especialistas da Empresa Hatch Associates**, 1997.

CORDEIRO R; CLEMENTE A.P; DINIZ C. S; DIAS A. Occupational Noise as a Risk Factor for Work-Related Injuries. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, p. 39:461-6, 2005.

CREMONESI, V. **ISO 14001 – Guia Prático de Certificação e Manutenção dos Sistemas de Gestão Ambiental**. São Paulo: Editora Tocalino, p. 135, 2000.

D'ALMEIDA, M.L.O; SENA, L.B.R. **Reciclagem de Outras Matérias. Manual de Gerenciamento Integrado**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRE, São Paulo: Publicação IPT 2.622- ISBN 85-09-00113-8, 2ª ed. 2000.

D'AVIGNON, A. **Normas ambientais ISO1400: Como Podem Influenciar sua Empresa**. Rio de Janeiro: Editora Confederação Nacional da Indústria p. 65, 1995.

DAFT, R. I. **Administração**. Rio de Janeiro: Editora LTC. Ed.4, 1999.

DRUMMOND, D.W. **How not to be a Larger Quantity Generator of Hazardous Waste**. Chem. Health Safety, Columbus, May/Jun, p.1-6, 2005.

DUARTE, K.S. **Avaliação do Risco Relacionado à Contaminação dos Solos por Hidrocarbonetos no Distrito Federal**. Brasília: Universidade de Brasília, p. 285, 2003a.

DUARTE, M. **Meio Ambiente no Século 21**. Rio de Janeiro: Editora Sextante, p. 245-257, 2003b.

FEHR, M; CASTRO, M.S.M.V; CALÇADO, M.R. **A Practical Solution to the Problem of Household Waste Management in Brazil**. Res. Cons. Recycling, New Jersey: v. 30, p.245-257, 2000.

FERREIRA, A.C.A.; ANDERY, P.R.P. Análise de riscos em sistemas de concessão de serviços públicos. In: XVIIIENGEPE, Niterói. **Anais do XVIIIENGEPE**, Niterói, Rio de Janeiro, 1998.

FIRKOWSKI, C. Poluição atmosférica e arborização urbana. In: Encontro nacional sobre arborização urbana, 3, 1990, Curitiba. **Anais Encontro Nacional sobre Arborização Urbana**. Curitiba: FUPEF, p 368, p.14-26, 1990.

FOSTER, B.L. **The Chemical Inventory Management System in Academia**. Chem. Health Safety, Columbus, v. 12, n. 5, p.21-25, 2005.

FRIEDEN R.; HANSMANN T.; ROTH J. L.; SOLVI M.; ENGEL R. **PRIMUS - A New Process for the Recycling of Steelmaking By-products and the Prereduction of Iron Ore**. Ostrava, 2001.

GE ENERGY. **Fabric Filter Bags**. Portal da empresa. GE ENERGY disponível em: <http://www.geenergy.com/content/multimedia/files/downloads/Fabric%20Filter%20Bags%20%26%20Cages.pdf>, Acessado em 20.04. 2011.

GERDAU GUAÍRA, SEG. **Manual do Sistema de Lavador de Gases**. Paraná, 1983.

GIL A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Editora Atlas S.A, Ed. 5ª, 1999.

GUIDI, G.; PERA, A.; GIOVANNETTI, M.; POGGIO, G.; DE BERTOLDI, M. **Variations of Soil Structure and Microbial Population in a Compost Amended Soil**. Plant and Soil. Dordrecht: Publisher Springer Netherlands, v.106, p.113-119, 1988.

GUINThER, H. Poluição dos solos. In PHILIPPI JR.A; PELICIONI M. C, **Educação Ambiental e Sustentabilidade**. São Paulo, Manole, p. 191, 2005.

GUNN, P. **Shear Power: Learning how Scrap Shears Work is the Best First Step in the Shopping Process**. Revista Recycling Today, o. 284-90, Gunn Phillips Associates LLC, a Dade City, Fla. USA, 2005.

HARSCO MULTISERV METALS. Apresentação Carbofer.ppt. **Apresentação Institucional da Empresa Harsco Multiserv Metals**. Rio de Janeiro, 2011.

HECK, N. C. **Poeira da Aciaria: Estado da Arte do Tratamento e Estabilização de Poeiras**. Relatório do Projeto. Porto Alegre, 1997.

HILSON, G. **Pollution Prevention and Cleaner Production in the Mining Industry: an Analysis of Current Issues**. Amsterdam: J. Clean. Prod. v. 8, p.119-126, 2000.

HOLMLUND, S; GAIOTTO, S. A. Fabric Filtration for Present and Future Environmental Demands in the Steelmaking Industry. In; Seminário de Energia, 1997, Belo Horizonte, **Anais Seminário de Energia**, Belo Horizonte, ABM,1997.

IABr - Instituto Aço Brasil. Sustentabilidade. **Portal IABr**. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/sustentabilidade/index.asp>. Acessado em: 10.08.2011.

IBS-INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. **Identificação e Seleção de Tecnologias para Tratamento e/ou Reciclagem de Pós de Aciarias Elétricas**. Rio de Janeiro, 1996.

J. MADIAS, Tendencias tecnológicas: Reciclado de polvos de horno eléctrico. Argentina: **Revista Actualización Tecnológica**, 2009.

J. MONAI; T. HANSMANN; R. FRIEDEN; J.L.ROTH; M.SOLVI; R.RANGEL, P. DERUNS. **Primus a New Process for Recycling of By-products and the Prereduction of Iron Ore**. Luxemburgo, 2003.

JARDIM, N.S et al. **Manual de Gerenciamento Integrado**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas –IPT, Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRES, São Paulo: Publicação IPT 2.163 – ISBN 85-09-00106-5, 1ª ed 1995.

JARDIM, W.F. **Gerenciamento de Resíduos Químicos em Laboratórios de Ensino e Pesquisa**. São Paulo: Editora Química Nova, v. 21, p.671-673, 1998.

JOHN, V.M; ZORDAN, S.E. **Research & Development Methodology for Recycling Residues as Building Materials – A Proposal**. In. Fourth International Conference on the Environmental and Technical Implications of Constructon with Alternative Materials - WASCON 2000, Harrogate, v. I , p. 513 -524, 2000.

JUNIOR, J. H. N; FENILI, R.A. J. Alternativas Tecnoed para a produção de metal líquido. Tecnoed – Tecnologia de Auto-Redução Ltda. In: XXXIV Seminário de Fusão, Refino e Solidificação dos Metais da ABM, 2003, Belo Horizonte. **Anais XXXIV Seminário de Fusão, Refino e Solidificação dos Metais da ABM**, Belo Horizonte, 2003.

JÚNIOR, L. C. M; GUSMÃO, A. C. F. **Gestão Ambiental na Indústria**. Rio de Janeiro: Editora Del Rey, 2003.

KASHDAN, E. R. et al. **Technical Manual: Hood System Capture of Process Fugitive Particulate Emissions**. US Environmental Protection Agency. Research Triangle Park (EPA/600/7-86/016), section 5, 1985.

KNOT, V.; MORGEMTHALER, R.; PFUNDSTEIN, C. **Clean and efficient – Optimization of EAF Dedusting System**. Badische Stahl-Engineering GmbH. Kehl, Germany, 2009.

LIRA F. J. A. Paisagismo: elementos de composição e estética. Viçosa-MG: Revista **Aprenda Fácil**. 9ª Coleção jardinagem e paisagismo. Série planejamento paisagísticos. v. 2, p 194, 2002.

LUZ, S; SELLITO, M; GOMES, L. **Medição de Desempenho Ambiental Baseada em Método Multicriterial de Apoio à Decisão: Estudo de Caso na Indústria Automotiva**. Porto Alegre, 2006.

MACINTYRE, A. J. **Ventilação Industrial e Controle da Poluição**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, ed. 2, 1990.

MACHADO J.G.M.S; BREHM F.A; MORAES C.A.M; SANTOS C.A; VILELA A.C.F. **Characterization Study of Electric Arc Furnace Dust Phases**. Mat. Res., São Carlos, v. 9, n. 1, mar. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392006000100009&lng=pt&nrm=iso. Acessado em: 20.02.2013.

MAGALHÃES, L.C. **Orientações Gerais para Conservação de Energia Elétrica em Prédios Públicos. Programa de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL – 1ª Edição**, 2001.

MANTEN, R. W.; BRAND, P.G. A. **Practical Primer on Design of Emission Control System. Annual Convention, Association of Iron and Steel Engineers**, Cleveland, OH, 1994.

MARQUES SOBRINHO, V. P. F., OLIVEIRA J. R., TENÓRIO J. A. S. e ESPINOSA D. C. R. **Reciclagem de Poeira de Aciaria Elétrica**. In: **19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais – CBECiMat** –Trabalhos Técnicos, Campos do Jordão, 2010.

MARSDEN, J. **Apostila Advanced SEM Auditor Course** (EARA Approved – UK). United Kingdon, 1998.

MATTOS, J.R.L.; GUIMARÃES, L.S. **Gestão da Tecnologia e Inovação: Uma Abordagem Prática**. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.

MEDAUAR, O. **Coletânea de Legislação de Direito Ambiental**. RT-mini códigos. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais. Atualizada até 08 jan. 2002.

MELAMED S.; FRIED Y.; FROOM P. **The Joint Effect of Noise Exposure and Job Complexity on Distress and Injury Risk Among Men and Women: the Cardiovascular Occupational Risk Factors Determination in Israel Study**. Journal of Occupational & Environmental Medicine; p 46:1023-32, 2004.

MENDONÇA, S. R. **Efeitos dos Despejos Líquidos Industriais nos Cursos de Água. Autodepuração. Eutrofização**. Departamento de Tecnologia da Construção, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 1991.

MINAYO, M. C. S (org.). **Pesquisa Social Teoria, Método e Criatividade**. Petrópolis: Editora Vozes, ed. 20, 2002.

MORESI E. A. D. **Inteligência Organizacional: Um Referencial Integrado**. Brasília, 2001.

MOURA, L. A. A. **Qualidade e Gestão Ambiental**. São Paulo: Editora J. Oliveira. 1993.

MOURA, L. A. **Qualidade e Gestão Ambiental: Sugestões para Implantação das Normas ISO 14.000 nas Organizações**. São Paulo: Editora Oliveira Mendes, 1998.

NUCCI, J.C. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano: um Estudo da Ecologia e do Planejamento da Paisagem Aplicado ao Distrito de Santa Cecília**. São Paulo: Editora Humanitas / FFLCH / USP. p 236, 2001.

NUNES, P. Conceito de Gestão e de Gestor. **Portal de Nota Positiva**: Disponível em: http://www.notapositiva.com/trab_professores/textos_apoio/gestao/01conc_gestao.htm acessado em: 23 maio 2009.

OLIVEIRA, J.L.F. **Poluição Atmosférica e o Transporte Rodoviário: Perspectivas de Uso do Gás Natural na Frota de Ônibus Urbanos da Cidade do Rio de Janeiro**. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997.

OLIVEIRA, L. A percepção da qualidade ambiental. In: **A Ação do Homem e a Qualidade Ambiental**. Rio Claro: Câmara Municipal de Rio Claro, ARGEIO, p. 1, 1983.

PEREIRA, J. A. R. **Geração de Resíduos Ambientais e Controle Ambiental**. Belém: Universidade Federal do Pará, 2000.

PICKLES, C.A. **Portal Science Direct -Thermodynamic Analysis of the Selective Chlorination of Electric Arc furnace dust** -: Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389408018177> Accessed on: 26.05.2012.

PHILLIPS, P.S; READ, A.D; GREEN, A.E; BATES, M.P. **UK Waste Minimization Clubs: a Contribution to Sustainable Waste Management**. Res. Cons. Recycling. New York: v.27, p.217-247, 1999.

PIMENTA, G.S. **O que é Corrosão - Uma abordagem Geral**. Disponível em: <http://www.abraco.org.br/corros10.htm>>. Acesso em 15 de fevereiro 2009.

PIRES, J. S. R; SANTOS, J.E. Bacias Hidrográficas: Integração entre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Revista Ciência Hoje**. Rio de Janeiro, v.19, n.110, p. 40-45, 1995.

PRATES, Adriana. **Portal Dasein - Executive Search**. Disponível em: <http://dasein-executive-search.blogspot.com/2010/05/carreira-em-y-desenvolver-competencias.html>. Acessado em 17.11.2011

RENNER PRODUTOS TÊXTEIS. Material Técnico sobre Filtros e Mangas. **Programa de Treinamento**. Catalogo Renner 02. São Paulo, 2004.

RENNER PRODUTOS TÊXTEIS. O Uso de Elementos Filtrantes na Retenção de Pós. **Boletim técnico**, n.1, Porto Alegre, 1999.

RENTZ, O; HÄHRE, S; SPENGLER T. **Report on Best Available Techniques - BAT in the Electric Steelmaking Industry** - final draft - Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung - DFIU, French-German Institute for Environmental Research University of Karlsruhe - TH. p. 50, Karlsruhe, June 1997.

RIBEIRO, A. **Zeladores da Sustentabilidade**. São Paulo. Revista Época Negócios, ed. 30, p. 126, agosto, 2009.

ROBERTS, R.B. Trees as Biological Filters. **Jornal of Arboriculture**. v.6, n.1,p.20-23,1980.

RODRIGUES, P. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Manual de Iluminação Eficiente**. ELETROBRÁS, PROCEL, 1ª. ed. Julho 2002.

RODRIGUES, S.; DUARTE, A.C. Poluição do Solo: Revisão Generalista dos Principais Problemas. In: CASTRO, A.; DUARTE, A; SANTOS, T. **O Ambiente e a Saúde**. Lisboa: Instituto Piaget, p. 136-176, 2003.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília. Editora Universidade de Brasília, 2001.

SANCHES, P. S. Caracterização dos Riscos nos Resíduos de Serviço de Saúde e na Comunidade. In: **Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde**. São Paulo: CETESB, p. 33-46, 1995.

SÁNCHEZ, L. E. **Sistemas de Gestão Ambiental**. Apostila didática de aulas. Pós-Graduação. Curso ministrado na Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

SANTOS, U.P. **Ruídos, Riscos e Prevenção**. São Paulo: Editora HUCITEC, 1994.

SCHIFFTER, K; HESKETH, H. Wet Scrubbers - Air Pollution Engineering Manual – **Revista Air & Waste Management Association**. EUA, 1992 .

SEIFFERT, , M. E. B. **ISO 14001 Sistemas de Gestão Ambiental: Implantação Objetiva e Econômica**. São Paulo: Editora Atlas, ed. 2, 2006.

SEIFFERT, M. E. B. **ISO 14001 Sistemas de Gestão Ambiental: Implantação Objetiva e Econômica**. São Paulo: Editora Atlas. ed. 3. Revisada e ampliada, p.23-52, 2007.

SELLITO, M; RIBEIRO, J.L. D. **Construção de Indicadores para Avaliação de Conceitos Intangíveis em Sistemas Produtivos**. Porto Alegre, 2004.

SHUSHAN, F. B. **Mobile Scrap-Breaking Equipment**. News in Science and Technology. Editora Metallurgist, vol. 40, nº 12, p. 242-244, DOI: 10.1007/BF02334661, EUA, 1996.

SILVA, J. C. T. Tecnologia : Conceitos e Dimensões. In: **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Curitiba, 2002.

SINGARE P. U; TRIVEDI M. P, MISHRA R.M. **Portal Scientific & Academic Publishing** - Heavy Metals in Vasai Creek, Mumbai: Applied Monitoring and Impact Assessment, Science and Technology. Disponível em:
<http://article.sapub.org/10.5923.j.scit.20120204.06.html>. Acessado em: 25.08.2012.

SORENSEN, B.H; NIELSEN, S.N; LANZKY, P.F; INGERSLEV, F; LUTZHOFT, H.C.H; JORGENSEN, S.E. **Ocurrence, Fate and Effects of Pharmaceutical Substances in the Environment**. Amsterdam: Chemosphere. A review. v.36, p.357-393, 1998.

SOUZA, A. V. **Apostila Sistemas de Gerenciamento Ambiental e a ISO14001**. Porto Alegre, p. 44, 1998.

SPENGLER T. **Report on Best Available Techniques (BAT) in the Electric Steelmaking Industry**. Karlsruhe, University of Karlsruhe (TH), 1997.

SPERLING, M V. **Princípios do Tratamento Biológico De Águas Residuárias**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. v 1, 3 e 4, 2002.

STEEL MANUFACTURER'S ASSOCIATION, **Report: K061 Processing Options Subcommittee**. EUA, 2010.

STERN, A. C; BOUBEL, R. W; TURNER, D. B; FOX, D. L. **Fundamentals of Air Pollution**, Orlando, Florida: Academic Press, Inc., 1984.

TURBOSONIC INC. - **Descripción Funcional. Clean Air for Industry**. Canadá, 2011.

TYRVÄINEN, L. Economic valuation of urban forest benefits in Finland. **Journal of Environment Management**, Finland, v.62. p. 75-82, 2001.

UNECE - UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. **Portal da UNECE** disponível em: <http://www.unece.org>, Acessado em 17.12.2009.

UNEP BAT- **Best Available Techniques e BET-Best Environmental Practices**, Continuidade da Convenção de Estocolmo sobre organoclorados. Switzerland, novembro, 2006.

VARGAS, A. S. ; PAVÃO, B. B.; MASUERO, A. B. ; DAL MOLIN, D. C.C. ; VILELA, A. C. F. Estudo do Efeito da Adição do Pó de Aciaria Nas Propriedades Microestruturais de Matrizes à Base de Cinzas Volantes Alkali-Ativadas. In: **65º Congresso Anual da ABM**, Rio de Janeiro, 2010.

VARGAS A. S; MASUERO A. B; VILELA A. C. F. Estudo Microestrutural e Determinação do Calor de Hidratação em Pastas de Cimento Portland com Pó de Aciaria Elétrica. **Ambiente Construído**, v.4, n.2, p.7-18, Porto Alegre, 2004.

WEIGMANN, P.R. **Metodologia para Eficiência Energética, Otimização do Consumo e Combate ao Desperdício de Energia Através da Inserção da Cultura Empreendedora e Fontes de Inovação Tecnológica**. Tese de Mestrado. CEFET. SC, Florianópolis, 2004.

WIENIEZEK, B. J.J. **Press-Shears for Cutting and /or Baling Scrap Metal**. Editora Metallurgist, vol.47, nº 11 e 12, p. 473-476, 2003.

ZANTA, V.M. Sistemas de Saneamento e Meio Ambiente – Módulo: Saneamento. In: **Apostila do Curso de Especialização em Engenharia Urbana, Apostilas do Curso**. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2001.

ZUIN, A. H.L. Estudos para Projetos em Paisagismo. **Apostila de Fitotecnia – FIT 480**. Viçosa: Editora UFV, p 50. 1998.

Matriz de Avaliação da Gestão Ambiental			RESULTADOS															MEIOS DE IMPACTO																				
			L1			L2			L3			EMPRESA L123			L4			L5			EMPRESA L45			E1	E2		EMPRESA E12			FÍSICO	BIÓTIKO	SOCIAL	ECONOMIA					
			Desempenho Ambiental	Impacto Positivo	Priorização	Desempenho Ambiental	Impacto Positivo	Priorização	Desempenho Ambiental	Impacto Positivo	Priorização	Desempenho Ambiental	Impacto Positivo	Priorização	Desempenho Ambiental	Impacto Positivo	Priorização	Desempenho Ambiental	Impacto Positivo	Priorização	Desempenho Ambiental	Impacto Positivo	Priorização	Desempenho Ambiental	Impacto Positivo	Priorização	Desempenho Ambiental	Impacto Positivo	Priorização	Ar	Solo	Águas Superficiais/Subterâneas	Ecossistema Terrestre - Fauna	Ecossistema Terrestre - Flora	Ecossistemas Aquáticos	Crescimento Populacional	Descontorno Empregados/Comunidade	Síndio de Empregados/Comunidade
Prática	Pontuação	Indicador																																				
Competência, treinamento e conscientização	15	Grupos de trabalho	10	Há um Comitê de gestão e uma Comissão Interna com representantes de todas as áreas para tratar assuntos ambientais.																																		
			6	Há uma Comissão Interna com representantes de todas as áreas para tratar assuntos ambientais.																																		
			2	Não há Comitês ou Comissões para tratar assuntos ambientais.																																		
	16	Treinamento	10	Há um plano de treinamento ambiental, executado conforme planejado para todos empregados, incluindo os novos empregados e contratados.																																		
			6	Há um plano de treinamento ambiental para a maioria dos empregados.																																		
			2	Não há um plano de treinamento ambiental.																																		
	17	Foco do treinamento	10	Os módulos de treinamento estão orientados aos aspectos significativos.																																		
			6	Os módulos de treinamento estão relacionados a temas ambientais genéricos.																																		
			2	Não há módulos de treinamento ambiental.																																		
Comunicação	18	Plano de Comunicação	10	Há um plano de comunicação ambiental orientado para as partes interessadas, com registros das ações realizadas.																																		
			6	Há um plano de comunicação ambiental orientado para as partes interessadas.																																		
			2	Não há um plano de comunicação ambiental.																																		
	19	Plano de Eventos	10	Há um plano de eventos e programas educacionais internos e externos envolvendo as partes interessadas, realizados conforme previsto.																																		
			6	Há um plano de eventos e programas educacionais internos e externos envolvendo as partes interessadas.																																		
			2	Não há um plano de eventos e programas educacionais internos e externos.																																		
	20	Relacionamento com órgão de controle	10	O nível de relacionamento com órgão de controle ambiental é bastante satisfatório, caracterizado por contatos pró-ativos.																																		
			6	O nível de relacionamento com órgão de controle ambiental é satisfatório, caracterizado por encontros realizados sob demanda.																																		
			2	O nível de relacionamento com órgão de controle ambiental é de conflito.																																		
Controle operacional	21	Resíduos/Co-produtos - Inventário	10	O inventário de resíduos/co-produtos está completo e atualizado.																																		
			6	O inventário de resíduos/co-produtos está completo.																																		
			2	Não há inventário de resíduos/co-produtos.																																		
	22	Resíduos/Co-produtos - Classificação	10	Todos resíduos/co-produtos são periodicamente classificados de acordo com a legislação local.																																		
			6	Os principais resíduos/co-produtos são periodicamente classificados de acordo com a legislação local.																																		
			2	Resíduos/co-produtos não foram classificados de acordo com a legislação local.																																		
	23	Resíduos/Co-produtos - Gestão Interna	10	As áreas de armazenamento de co-produtos/resíduos atendem as respectivas normas e há um programa de minimização de resíduos.																																		
			6	As áreas de armazenamento dos principais co-produtos/resíduos atendem as respectivas normas e há um programa de minimização de resíduos.																																		
			2	A maioria das áreas de armazenamento dos principais co-produtos/resíduos não atendem as respectivas normas e não há um programa de minimização de resíduos.																																		
24	Gerenciamento da geração de PAE	10	O sistema de controle ambiental é gerenciado pela área geradora, possui indicadores de desempenho que são analisados pela administração pelo menos a cada 2 meses.																																			
		6	O sistema de controle ambiental é gerenciado por outra área, que não a geradora, possui indicadores de desempenho que são analisados pela administração com frequência maior que 2 meses.																																			
		2	O sistema de controle ambiental não possui gerenciamento e está sob a responsabilidade de operadores.																																			
25	Sistema de recolhimento do PAE no interior Acária	10	O PAE é recolhido conforme procedimento operacional e quantificado para inventários mensais.																																			
		6	O PAE é recolhido conforme procedimento operacional e não é quantificado.																																			
		2	Não há procedimento para recolhimento e quantificação do PAE recolhido.																																			
26	Resíduos/Co-produtos - Auditoria Destinatários	10	Há um programa de auditoria para transportadores e destinatários. Os destinatários possuem Certificação ambiental e um representante da Alta Administração.																																			
		6	Há um programa de auditoria para transportadores e destinatários. Alguns destinatários possuem Certificação ambiental e um representante da Alta Administração.																																			
		2	Não há um programa de auditoria para transportadores e destinatários.																																			

