

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO

**O GERENCIAMENTO AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE
COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL – ESTUDO DE CASO: PROCESSO
DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES METÁLICAS DA GE Dako S.A.**

RONALDO RUIZ DUARTE

DEDALUS - Acervo - EESC



31100008583

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Hidráulica e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Durval Rodrigues de Paula Junior

São Carlos

1999



| | |
|--------|-------------|
| Class. | T.55 - EESC |
| Out. | 1956 |
| Tombo | 069100 |

31100008583

S/S 1074922

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC/USP

D812g Duarte, Ronaldo Ruiz
O gerenciamento ambiental como instrumento de competitividade industrial : estudo de caso : processo de tratamento de superfícies metálicas da GE Dako S.A. / Ronaldo Ruiz Duarte. -- São Carlos, 1999.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1999.

Área: Hidráulica e Saneamento.

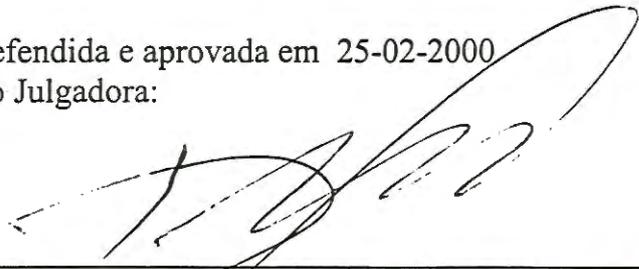
Orientador: Prof. Dr. Durval Rodrigues de Paula Junior.

1. Efluentes líquidos. 2. Resíduos sólidos.
3. Gerenciamento ambiental. 4. ISO 14.000.
5. Minimização de resíduos sólidos. I. Título.

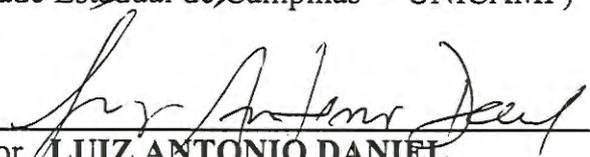
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Bacharel **RONALDO RUIZ DUARTE**

Dissertação defendida e aprovada em 25-02-2000
pela Comissão Julgadora:



Prof. Doutor **DURVAL RODRIGUES DE PAULA JUNIOR** (Orientador)
(Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP)



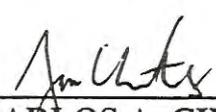
Prof. Doutor **LUIZ ANTONIO DANIEL**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **DENIS MIGUEL ROSTÓN**
(Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP)



Prof. Associado **EDUARDO CLETO PIRES**
Coordenador da Área de Hidráulica e Saneamento



JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

“Aprender, sim, praticar
sempre...”

Tudo quanto possas, busca as
letras edificantes e coloca-as
em teu cérebro, mas nunca te
esqueças das letras passadas
ao coração.

Aprender, sim, praticar
Sempre, porque, acima de
Nossos conhecimentos, as
Estrelas do sentimento nos
Pedem confirmar se lemos por
Saber ou se aprendemos para realizar.

Celso de Almeida Afonso/Adelino de Carvalho

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| LISTA DE FIGURAS | vi |
| LISTA DE TABELAS | ix |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS | xii |
| RESUMO | xiii |
| ABSTRACT | xv |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 5 |
| 3. REVISÃO DA LITERATURA | 6 |
| 3.1 Resíduos sólidos e qualidade ambiental..... | 6 |
| 3.2 Minimização e hierarquização de resíduos sólidos industriais..... | 7 |
| 3.3 As normas ISO de gestão ambiental..... | 18 |
| 3.4 Evolução das normas ambientais..... | 19 |
| 3.5 ISO 14001 – instrumento de competitividade industrial..... | 23 |
| 3.6 A variável ambiental no planejamento estratégico de uma empresa..... | 24 |
| 3.7 A problemática dos resíduos sólidos industriais..... | 28 |
| 3.8 Dificuldades técnicas relacionadas com a disposição final de resíduos sólidos industriais..... | 33 |
| 3.9 Caracterização e classificação de resíduos sólidos..... | 35 |
| 3.10 A problemática da água..... | 37 |
| 3.10.1 Distribuição irregular das reservas de água..... | 37 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.10.2 | A poluição das águas..... | 38 |
| 3.11 | O processo de fosfatização orgânica..... | 42 |
| 3.11.1 | Considerações técnicas sobre o processo de fosfatização orgânica..... | 42 |
| 3.11.2 | A fosfatização orgânica isenta de água..... | 48 |
| 3.12 | Considerações técnicas sobre o processo de pré-tratamento de superfícies metálicas..... | 49 |
| 4. | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 51 |
| 4.1 | A indústria GE Dako e o processo de fabricação de fogões..... | 51 |
| 4.2 | Descrição dos Processos de Tratamento de Superfícies Metálicas Realizados na Empresa..... | 54 |
| 4.2.1 | Fosfatização..... | 54 |
| 4.2.2 | Pintura Eletrostática a Pó..... | 59 |
| 4.2.3 | Decapagem ácida..... | 60 |
| 4.2.4 | Esmaltação..... | 62 |
| 4.3 | Resíduos Sólidos Gerados no Processo Produtivo..... | 62 |
| 4.3.1 | Resíduos gerados no processo de fosfatização..... | 63 |
| 4.3.2 | Resíduos gerados no processo de pintura eletrostática a pó... 63 | |
| 4.3.3 | Resíduos gerados no processo de decapagem ácida..... | 64 |
| 4.3.4 | Resíduos gerados no processo de esmaltação..... | 67 |
| 4.4 | Fontes de Abastecimento de Água utilizadas pela Empresa..... | 68 |
| 4.5 | Estratégia de Implantação do Programa de Gerenciamento Ambiental..... | 73 |
| 5. | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 75 |
| 5.1 | Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Gerados no Processo Industrial..... | 75 |
| 5.1.1 | Diagnóstico dos resíduos gerados no processo de fosfatização.... | 80 |
| 5.1.2 | Diagnóstico dos resíduos gerados no processo de decapagem ácida..... | 85 |

| | |
|--|------------|
| 5.1.3 Diagnóstico dos resíduos gerados no processo de esmaltação..... | 95 |
| 5.2 Implantação do Sistema de Gerenciamento Ambiental..... | 101 |
| 5.2.1 Plano de economia de água – minimização do consumo de água industrial e água de abastecimento público..... | 101 |
| 5.2.2 Redução da geração de resíduos industriais..... | 115 |
| 5.2.3 Investimentos realizados e benefícios obtidos..... | 117 |
| 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 121 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 124 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 – Esquema ilustrativo da abordagem do resíduo com controle restrito apenas ao final do processo produtivo..... | 11 |
| FIGURA 2 – Esquema ilustrativo da abordagem do resíduo com controle realizado durante o do processo produtivo..... | 12 |
| FIGURA 3 – Esquema ilustrativo da escalas de prioridades no gerenciamento de resíduos sólidos..... | 15 |
| FIGURA 4 – Esquema ilustrativo de gestão ambiental objetivando a melhoria contínua..... | 22 |
| FIGURA 5 – Fluxograma do Processo de fabricação de fogões..... | 53 |
| FIGURA 6 – Vista parcial da unidade de fosfatização..... | 57 |
| FIGURA 7 – Vista parcial da unidade de fosfatização – detalhe do reservatório de armazenamento do banho fosfatizante..... | 58 |
| FIGURA 8 – Vista parcial da cabine de pintura a pó eletrostática..... | 59 |
| FIGURA 9 – Vista geral da unidade de decapagem ácida..... | 61 |
| FIGURA 10 – Vista parcial da antiga estação de tratamento de efluentes..... | 65 |
| FIGURA 11 – Vista frontal do lavador de gases..... | 66 |
| FIGURA 12 – Vista geral do antigo sistema de tratamento de efluentes da unidade de esmaltação..... | 67 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 13 – Vista parcial da lagoa artificial da empresa..... | 69 |
| FIGURA 14 – Vista parcial da estação compacta de tratamento de água industrial..... | 70 |
| FIGURA 15 – Fluxograma do antigo sistema de captação, tratamento e distribuição de água..... | 72 |
| FIGURA 16 – Fluxograma do processo de fostatização..... | 81 |
| FIGURA 17 – Fluxograma do processo de decapagem ácida..... | 86 |
| FIGURA 18 – Fluxograma do processo de decapagem ácida de peças com elevado grau de oxidação..... | 88 |
| FIGURA 19 – Lançamento de efluentes industriais na rede coletora de esgoto municipal..... | 92 |
| FIGURA 20 – Vista parcial dos leitos de secagem mostrando detalhe da lama de ETE em fase intermediária do processo de secagem..... | 92 |
| FIGURA 21 – Acondicionamento da lama de ETE parcialmente desidratada em tambores metálicos de 200 litros..... | 93 |
| FIGURA 22 – Fluxograma do processo de esmaltação..... | 96 |
| FIGURA 23 – Evolução do consumo de água durante o ano de 1997..... | 104 |
| FIGURA 24 – Evolução do consumo de água durante o ano de 1998..... | 105 |
| FIGURA 25 – Evolução do consumo de água durante o ano de 1999..... | 106 |

- FIGURA 26 – Vista parcial da estação unificada de tratamento de efluentes líquidos – detalhe do efluente industrial e do efluente final tratado após teste de sedimentação em cone Imhoff.....107
- FIGURA 27 – Fluxograma da Estação Unificada de Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais.....110
- FIGURA 28 – Detalhe do sistema de bombeamento dos efluentes líquidos dos processos de decapagem ácida e fosfatização.....111
- FIGURA 29 – Reaproveitamento dos efluentes líquidos industriais após tratamento na estação unificada – ETE112
- FIGURA 30 – Fluxograma do novo sistema de captação, tratamento e distribuição de água.....114
- FIGURA 31 – Vista geral da estação unificada de tratamento de efluentes líquidos industriais – detalhe do filtro – prensa.....116

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 1 – Geração de resíduos sólidos industriais Classe I (pequenas e médias empresas)..... | 30 |
| TABELA 2 – Geração de resíduos sólidos industriais Classe I (grandes empresas)..... | 31 |
| TABELA 3 – Estimativa da geração de resíduos sólidos industriais para o ano 2000 por Atividade Industrial e Classe..... | 32 |
| TABELA 4 – Características dos processos de fosfatização orgânica..... | 45 |
| TABELA 5 – Resultados do Teste de Salt Spray para chapas de aço laminado (Método ASTM B 117/61)..... | 47 |
| TABELA 6 – Inventário dos resíduos gerados na empresa..... | 76 |
| TABELA 7 – Aspectos ambientais e impactos ambientais do processo de Fosfatização..... | 77 |
| TABELA 8 – Aspectos ambientais e impactos ambientais do processo de decapagem ácida..... | 78 |
| TABELA 9 – Aspectos ambientais e impactos ambientais do processo de esmaltação..... | 79 |
| TABELA 10 – Composição típica dos efluentes líquidos gerados no processo de fosfatização..... | 82 |

| | |
|---|-----|
| TABELA 11 – Caracterização da lama gerada no processo de fosfatização..... | 84 |
| TABELA 12 – Composição típica dos efluentes líquidos gerados no processo de decapagem ácida..... | 90 |
| TABELA 13 – Caracterização de resíduo sólido - Lama da ETE..... | 94 |
| TABELA 14 – Composição típica dos efluentes líquidos gerados no processo de esmaltação..... | 97 |
| TABELA 15 – Caracterização de resíduo sólido – Esmalte..... | 99 |
| TABELA 16 – Dados do consumo de água de abastecimento e de água industrial durante o ano de 1997..... | 104 |
| TABELA 17 – Dados do consumo de água de abastecimento e de água industrial durante o ano de 1998..... | 105 |
| TABELA 18 – Dados do consumo de água de abastecimento e de água industrial durante o ano de 1999..... | 106 |
| TABELA 19 – Investimento realizado e redução do consumo de água obtido com a construção da estação unificada para o tratamento de efluentes líquidos industriais..... | 118 |
| TABELA 20 – Redução do consumo de água obtido após a interligação dos tanques para enxaguadura das peças no processo de decapagem ácida..... | 119 |

| | |
|--|-----|
| TABELA 21 – Economia de recursos decorrentes obtida com a redução do teor de umidade dos resíduos sólidos gerados nos processos de fosfatização e decapagem ácida..... | 120 |
|--|-----|

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

| | |
|-----------------|---|
| ABNT | – Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| BPF | – Baixo Ponto de Fulgor |
| CBH-PCJ | – Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí |
| CFC | – Clorofluorcarbono |
| CETESB | – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental |
| DI | – Água deionizada |
| EPA | – Environmental Protection Agency |
| ETA | – Estação de Tratamento de Água |
| ETE | – Estação de Tratamento de Efluentes |
| GANAA | – Grupo de Apoio a Normalização Ambiental |
| HHC | – Compostos halogenados perigosos |
| ICMS | – Imposto Sobre Circulação de Mercadorias |
| ISO | – International Standardization Organization |
| MP | – Material Particulado |
| ONG | – Organização Não Governamental |
| ONU | – Organização das Nações Unidas |
| PAC | – Programa de aprimoramento contínuo |
| PQA | – Programa de Qualidade Ambiental |
| SANASA | – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A. |
| SEMA | – Secretaria de Meio Ambiente |
| SGA | – Sistema de Gerenciamento Ambiental |
| SO _x | – Óxidos de enxôfre |
| TC | – Comitê Técnico |
| VMP | – Valor Máximo Permitido |
| WWF | – Water World Fund |

RESUMO

DUARTE, R. R. Gerenciamento ambiental como instrumento de competitividade industrial – Estudo de Caso: Processo de tratamento de superfícies metálicas da GE Dako S.A. São Carlos, 1999. 150p. Dissertação(Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Ao analisar os processos de tratamento de superfícies utilizados na GE Dako S.A., pretendeu-se demonstrar que a implantação da temática ambiental, além de contribuir para a melhora do desempenho ambiental da empresa, é um instrumento eficaz para o aprimoramento dos processos produtivos, para a redução dos custos de produção e para o aumento de competitividade. Inicialmente, após o reconhecimento de todas as fases do processo produtivo, foi elaborado um inventário de resíduos com o objetivo de identificar as principais fontes potenciais de poluição da empresa. De posse das informações obtidas, elaborou-se um programa para a coleta de dados e a realização de amostragens visando a caracterização dos efluentes líquidos e classificação dos resíduos sólidos. Dentre as principais medidas realizadas incluem-se a construção de uma estação unificada para o tratamento dos efluentes líquidos industriais, a implantação de sistemas para o reuso de água industrial e a instalação de filtros-prensa empregados na desidratação das lamas geradas nos processos de tratamento de superfícies metálicas. Como resultado dessas medidas destaca-se a redução de 29% no volume total de água consumida, a redução de 20% na quantidade de resíduos sólidos gerados e uma redução de custos que, projetada por um período de um ano, representa uma economia de R\$ 508.996,28.

Palavras chave: efluentes líquidos, resíduos sólidos, gerenciamento ambiental, ISO 14.000, minimização de resíduos sólidos.

ABSTRACT

DUARTE, R. R. Environmental Management as an instrument of industrial competitiveness – Case Study: The GE Dako S.A. industrial metal finishing process. São Carlos, 1999. 150p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

When analyzing the metal finishing treatment processes used by GE Dako S.A. it was intended to show that the introduction of the environmental thematic, besides contributing for an improvement of the environment, is an effective instrument of the production processes improvement for reduction of the production costs increasing the competitiveness. Initially, after the recognition of every phases of the productive process an inventory of residues was elaborated with the objective of identifying the main potential pollution sources of the company. With the obtained information a program was elaborated in order to collect data and samples seeking a characterization of the liquid effluents and classification of the solid wastes. As main accomplished activities there are included a construction of a unified treatment system of industrial liquid effluents, the construction of a system for industrial water recycling and the installation of press filters for the dehydration of the sludges generated in the metal finishing treatment process. As a result of those activities there are highlighted a total reduction of 29% on the water volume consumed and a reduction of 20% in the amount of generated solid wastes. As a consequence of these results it was possible to have a cost reduction that, projected by a period of one year, represents an economy of R\$ 508.996,28.

Key words: liquid effluents, solid wastes, environmental management, ISO 14000, solid wastes minimization.

1. INTRODUÇÃO

Processos empregando o tratamento de superfícies metálicas são muito empregados em diversos segmentos industriais caracterizando um importante setor da indústria de transformação.

O principal objetivo dos processos de tratamento de superfícies é o de conferir maior vida útil às chapas metálicas retardando os processos corrosivos aos quais estas estão sujeitas. A melhor aderência e uniformidade dos revestimentos empregados é obtida com um adequado tratamento das chapas e com o emprego de tintas e esmaltes especialmente desenvolvidos para essa finalidade, conferindo resistência e durabilidade ao produto final.

Dependendo do material que compõe a chapa metálica, do tipo de recobrimento a ser aplicado e do uso a que se destina, podem ser empregados, basicamente, dois tratamentos para preparo prévio da superfície. Os tratamentos usualmente empregados são a decapagem ácida e os banhos fosfatizantes. Tais processos, dependendo da área superficial e da quantidade de peças a serem tratadas, empregam volumes elevados de água e geram, conseqüentemente, quantidades apreciáveis de resíduos sólidos e efluentes líquidos.

Com a redução, a níveis críticos, das reservas de água dos mananciais, o aumento constante do nível de contaminação desses mesmos mananciais e a demanda cada vez mais crescente por este importante recurso natural, torna-se imperiosa a busca por soluções e alternativas que possibilitem:

1. minimizar o consumo de água na fonte;
2. o reuso da água ou reciclagem dos efluentes no processo produtivo;
3. identificar processos isentos de água.

A cobrança pela captação de água e pelo lançamento de despejos industriais, cuja implantação é inevitável, passa a se constituir num importante item na composição dos custos de produção, tornando necessário o desenvolvimento de processos que empreguem menor volume de água e o surgimento ou aprimoramento daqueles isentos de água.

A cobrança pelo uso da água em nível nacional, embora prevista em legislação existente desde 1934 no denominado "CÓDIGO DAS ÁGUAS", Decreto nº 24.643 de 10/07/34, não foi implementada até o presente momento.

No âmbito federal a Lei nº 9.433, de 08/01/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, que regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, estabelece como fundamentos básicos que a água, além de um bem de domínio público é, igualmente, um recurso natural e limitado, dotado de valor econômico.

O caráter econômico atribuído à água no artigo 1º da referida Política, associado à cobrança prevista no Art. 19º da mesma, objetiva reconhecer a água como um bem econômico, dar ao usuário uma indicação de seu real valor e, ao mesmo tempo, incentivar a racionalização do uso desse importante recurso natural.

A captação, tratamento e a utilização de grandes volumes de água no processo industrial resulta, conseqüentemente, num consumo maior de produtos químicos com a geração de maior quantidade de resíduos sólidos e efluentes líquidos nas Estações de Tratamento de Água - ETA, e nas Estações de Tratamento de Efluentes Industriais - ETE.

Das tecnologias atualmente disponíveis para o tratamento de efluentes líquidos e para o tratamento e disposição final de resíduos sólidos é preciso

realizar um estudo criterioso que, ao analisar processos técnica e economicamente viáveis, possibilite, simultaneamente, identificar aqueles ambientalmente seguros ou menos impactantes. De modo geral, o emprego de técnicas de tratamento e disposição final adequadas para os resíduos sólidos e efluentes líquidos gerados, em função dos elevados custos associados, poderá onerar sobremaneira os custos de produção. Os custos relacionados com a preservação do meio ambiente, por sua natureza subjetiva e por incidirem de forma indireta nos custos de produção, são difíceis de mensurar constituindo, assim, uma barreira comercial e uma limitação ambiental a serem equacionadas pelas indústrias do setor de tratamento de superfícies.

Por outro lado, as pressões de órgãos governamentais e não governamentais, através de suas agências ambientais (CETESB, SEMA, etc), com o aprimoramento das legislações ambientais; a formação dos Comitês das principais bacias hidrográficas, com uma maior conscientização ambiental por parte de mercados consumidores mais exigentes, e a necessidade de reduzir custos com o tratamento e disposição final de resíduos, estão se constituindo em importantes fatores no sentido de viabilizar a implantação de SISTEMAS DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL - SGA.

O surgimento de normas da série ISO 14.000 de Gestão Ambiental fornece, por sua vez, uma sistematização dos processos industriais com procedimentos que, uma vez implementados, deverão possibilitar a migração de uma situação de simples controle para a de um gerenciamento ambiental eficaz.

Os modernos sistemas de gerenciamento ambiental têm evidenciado o fato de que nas fases de projeto, implantação e operação de uma empresa o custo ambiental, se negligenciado, poderá onerar sobremaneira ou até mesmo inviabilizar um empreendimento.

Neste contexto, o que se propôs no presente trabalho foi salientar a importância da implantação de um Sistema de Gerenciamento Ambiental adequado às necessidades da empresa e, ao mesmo tempo, demonstrar, que é possível compatibilizar a prevenção da poluição com a redução dos custos de produção.

Após a realização de um diagnóstico ambiental, através do levantamento detalhado de informações do processo produtivo, com a identificação dos aspectos ambientais existentes e respectivos impactos associados, foi possível implementar ações e medidas que permitissem o controle eficaz do processo de tratamento de superfícies em suas diferentes fases. As ações e medidas, objeto deste trabalho, constituem parte essencial de um Sistema de Gerenciamento Ambiental abrangente.

2. OBJETIVOS

Constituiu objetivo deste trabalho fornecer informações que tornem possível a compreensão dos processos utilizados no tratamento de superfícies metálicas, salientando a necessidade de inclusão da temática ambiental no planejamento estratégico da empresa. Assim sendo, o que se propôs foi a implantação de um programa de gerenciamento ambiental integrado, cujos objetivos principais foram:

- i. a realização de um diagnóstico ambiental completo dos resíduos sólidos gerados nos processos de fosfatização, pintura à pó, decapagem ácida e esmaltação;
- ii. a redução da geração de resíduos sólidos dos processos de fosfatização, decapagem ácida e esmaltação;
- iii. a minimização do uso de água através da racionalização do consumo e reciclagem dos efluentes industriais gerados.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS E QUALIDADE AMBIENTAL

Na busca por soluções para a disposição dos resíduos sólidos industriais e na falta de procedimentos técnicos adequados de amostragem, análise e caracterização destes resíduos, as formas menos dispendiosas e mais convenientes de disposição final têm sido adotadas.

Segundo VALLE (1995), a abordagem tradicional para a eliminação dos efeitos nocivos da poluição consistia em afastar o poluente gerado, de modo que o mesmo, em função da distância, deixasse de incomodar o seu gerador.

De acordo com SCHALCH et al (1990), esta situação era aceita até há pouco tempo e justificada como sendo o “ mal necessário da industrialização“, até que a crescente insatisfação pública por essa situação começou a coincidir com uma série de incidentes ligados à disposição inadequada de resíduos.

De acordo com OTTMAN (1994), os frequentes acidentes industriais, como o episódio nuclear de Three Mile Island, o derramamento de óleo do Exxon Valdez em Prince William Sound - Alaska, bem como os relatos sobre a mudança climática global resultam do desrespeito para com o meio ambiente e da não observância de cuidados mínimos de segurança associados a operações potencialmente perigosas. Segundo OTTMAN (1994), a dizimação da Floresta Negra da Alemanha por chuva ácida; a liberação acidental de produtos químicos tóxicos no Rio Reno; a dispersão de uma nuvem radioativa na usina nuclear de Chernobyl, além de outros desastres ambientais dos anos 80, despertaram a consciência sobre questões ambientais nas sociedades e na maior parte das nações do mundo.

A nível regional o COMITÊ DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ - CBH-PCJ (1996), alertou para as dificuldades a serem enfrentadas por esta região com o crescente processo de industrialização e com a migração de contingentes cada vez maiores de pessoas para os centros urbanos associadas com a escassez de áreas disponíveis.

Segundo o CBH-PCJ (1996) a necessidade de ampliar ou manter a qualidade das áreas agricultáveis, face a crescente demanda por habitação, bem como o consumo cada vez maior de recursos naturais, torna necessária a busca por soluções mais eficazes do que a simples dispersão dos resíduos no meio ambiente.

A preservação de áreas não degradadas, a recuperação de outras atingidas pelo crescimento desordenado de atividades industriais envolve, necessariamente, o estabelecimento e a manutenção de padrões mínimos de qualidade ambiental. Da mesma forma, o desenvolvimento de processos industriais com reduzida geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos é fundamental para a solução de problemas ambientais. Assim sendo, de modo a possibilitar um melhor entendimento do tema proposto, demonstrando a importância da indústria de tratamento de superfícies metálicas nesse contexto, apresenta-se, a seguir, algumas das principais técnicas e conceitos que salientam a necessidade de introdução da temática ambiental no processo produtivo de uma empresa.

3.2 MINIMIZAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Segundo VALLE (1995), para se obter um melhor equacionamento dos problemas ambientais relacionados com a geração de resíduos industriais dispõe-se de uma sequência lógica e natural que pode ser assim expressa:

1. Minimização da geração de resíduos;
2. Reprocessamento dos resíduos gerados;
3. Reutilização dos resíduos gerados;
4. Separação das substâncias potencialmente nocivas;
5. Processamento físico, químico e/ou biológico do resíduo;
6. Incineração;
7. Disposição final em aterros.

Segundo LINDGREN (1989), este método sistemático de avaliação das alternativas de gerenciamento de resíduos, e definido como a “HIERARQUIA NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS”, é um conceito surgido em meados de 1976 em um documento da agência norte americana de proteção ambiental, Environmental Protection Agency - EPA.

O documento da agência ambiental norte americana - EPA, denominado “Effective Waste Management – 41 FR 35050”, de agosto de 1976, apresenta uma estrutura na qual as questões relativas ao gerenciamento ambiental e os esforços para o atendimento da legislação podem ser, simultaneamente, equacionados.

Em 1977 uma publicação¹ da agência ambiental EPA expandiu o conceito de hierarquização no gerenciamento de resíduos atribuindo-lhe aplicações específicas.

Conforme descrito por LINDGREN (1989), a hierarquia aqui mencionada é um guia que consiste de uma série de sete etapas que torna possível uma tomada de decisão no tocante ao gerenciamento de resíduos. O guia propõe uma estrutura na qual as etapas, quando utilizadas sequencialmente e em ordem decrescente de prioridade, possibilitam uma

¹EPA. “State Decision-Makers Guide to Hazardous Waste Management”. (1977), apud LINDGREN, GARY F. (1989). Managing Industrial Hazardous Waste-A Practical Handbook, p.225

opção na qual os requisitos de natureza técnica, econômica e ambiental possam ser simultaneamente atendidos. As etapas que compõe o referido guia, ampliando a visão gerencial e atribuindo novas perspectivas nas abordagens tradicionalmente aplicadas no gerenciamento de resíduos podem ser assim enumeradas:

1. Prevenção da geração de resíduos (perigosos e não perigosos);
2. Minimização da proporção de resíduos perigosos gerados;
3. Segregação das fontes geradoras e concentração dos resíduos de modo a tornar as atividades de gerenciamento posteriores, técnica e economicamente viáveis;
4. Reutilização interna ou externa do resíduo;
5. Reciclagem ou recuperação de materiais de interesse comercial presentes no resíduo ou aproveitamento de seu valor energético potencial;
6. Viabilização do tratamento daquela fração dos resíduos cuja geração não pode ser evitada ou que não é passível de reuso. Tratá-la de modo a reduzir o seu volume e grau de periculosidade;
7. Gerenciamento dos eventuais resíduos perigosos remanescentes e demais resíduos de tratamento através de uma segura disposição no solo.

Em consonância com a abordagem apresentada, SILVEIRA (1996), denomina o processo de hierarquização como o processo de “Gestão Integrada de Resíduos Estrela de David”. De acordo com este modelo, e segundo os avanços mais significativos na gestão dos resíduos sólidos, deve-se priorizar o “não gerar” e o “reduzir” a geração. Segundo SILVEIRA (1996) a este processo gradativo de implantação de uma gestão integrada de resíduos, contrapõe-se a situação atual do Brasil, onde a técnica mais difundida no meio industrial consiste na simples disposição dos resíduos.

Assim sendo, os diferentes tipos de resíduos gerados, muitos dos quais classificados como perigosos, encontram-se irregularmente armazenados nos

pátios das indústrias ou inadequadamente dispostos em aterros sanitários, lixões ou mesmo em locais denominados “bota-fora”.

Sem a devida caracterização e o rigor técnico necessários, proporcionados pelas tecnologias atualmente disponíveis, a situação dos resíduos sólidos está atingindo níveis preocupantes em todos os grandes centros industriais e urbanos do país.

Abordagens semelhantes quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos industriais gerados encontram-se enunciadas em HIGGINS (1989); ROCCA (1993) e MARTIN & BASTOCK (1994), onde estão descritos os conceitos relativos aos processos de minimização da geração de resíduos sólidos.

Para HIGGINS (1989), uma redução real de resíduos só será possível obter através de mudanças de processo. A avaliação inclui apenas aquelas mudanças que reduzam a geração de lama no próprio processo produtivo, não sendo considerados os esforços para reduzir o volume ou toxicidade após os resíduos terem sido gerados.

ROCCA (1993) define o processo de minimização de resíduos como uma estratégia importante no gerenciamento ambiental, mas acrescenta que se baseia na adoção de técnicas que possibilitem a redução de volume e/ou toxicidade dos resíduos e, conseqüentemente, de sua carga poluidora.

ROCCA (1993) igualmente destaca a prevenção da geração de resíduos perigosos e a utilização de técnicas alternativas de disposição, que não incluam a destinação no solo, como objetivos da minimização de resíduos.

De acordo com MARTIN & BASTOCK (1994), o conceito “minimização de resíduos” como “controle integrado de poluição” está baseado na premissa de que “a prevenção é melhor que a cura”.

Assim sendo, segundo MARTIN & BASTOCK (1994), as principais implicações desse conceito consistem, conforme ilustrado nas FIGURAS 1 e 2, na adoção de medidas que:

1. Valorizem a abordagem do resíduo durante o processo produtivo em detrimento da abordagem tradicional cuja atuação está restrita apenas após o resíduo já ter sido gerado;
2. resultem na adoção das chamadas tecnologias “limpas” com reduzida geração de resíduos e,
3. possibilitem a reciclagem, o reuso ou a utilização do resíduo como fonte alternativa de energia nos casos onde, após análise do poder calorífico, ficar caracterizado o seu potencial energético.

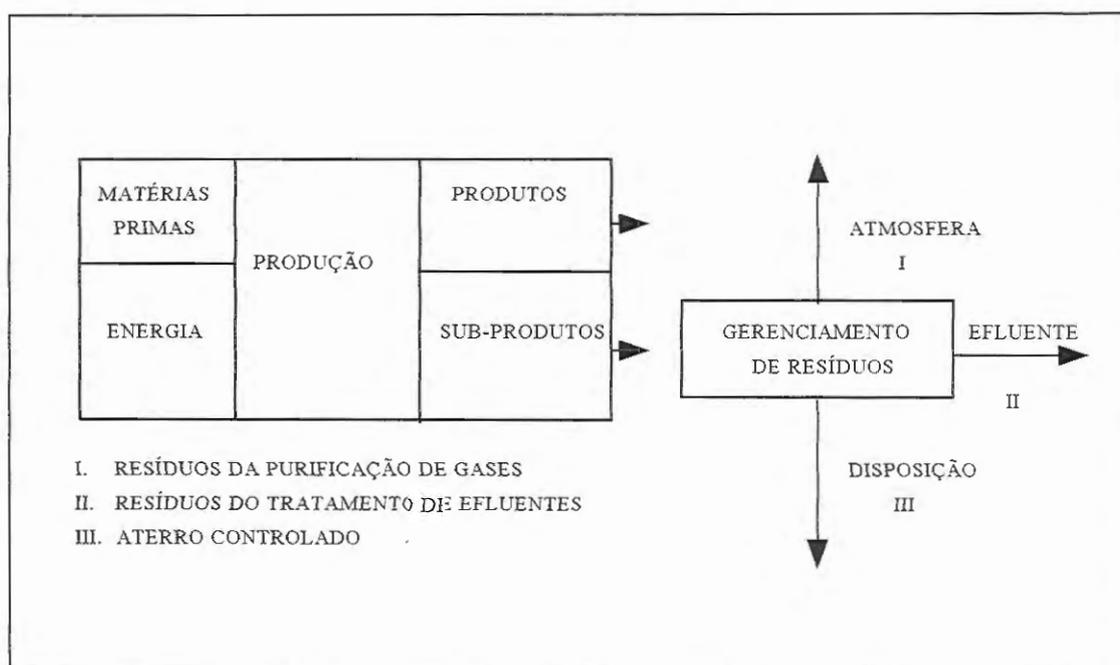


FIGURA 1 – Esquema ilustrativo da abordagem do resíduo com controle restrito apenas ao final do processo produtivo.

Fonte: Martin & Bastock (1994)

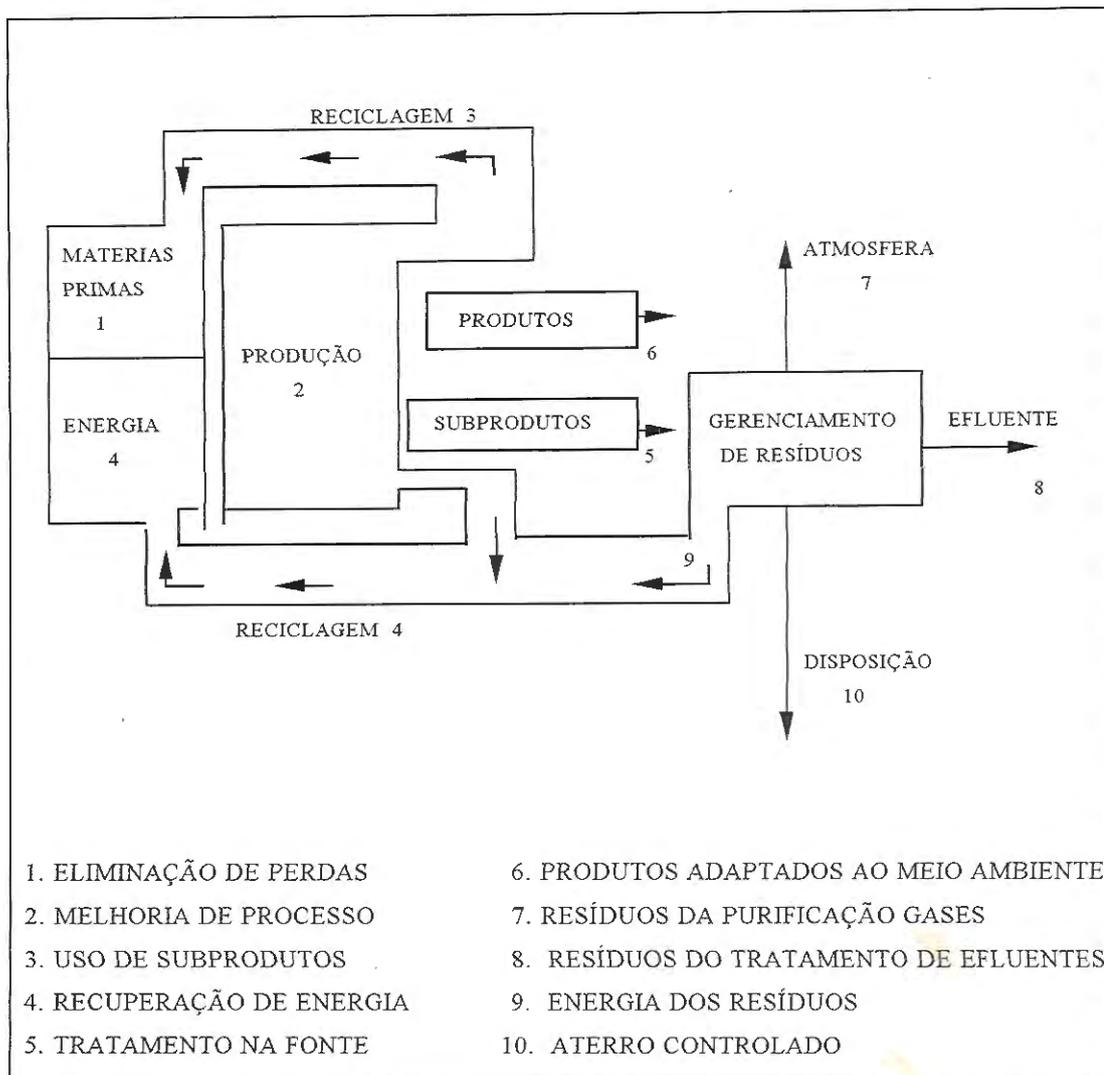


FIGURA 2 – Esquema ilustrativo da abordagem do resíduo com controle realizado durante o do processo produtivo.

Fonte: Martin & Bastock (1994)

Os autores reforçam o conceito de minimização de resíduos ratificando não estar este conceito relacionado apenas com a simples redução da quantidade de um dado resíduo após o mesmo já ter sido gerado. De acordo com MARTIN & BASTOCK (1994), e segundo a definição por eles apresentada, as técnicas listadas a seguir e usualmente empregadas, se aplicadas isoladamente, não caracterizam a existência de um Programa de Minimização de Resíduos:

- i. Incineração;
- ii. Transformação química para geração de um resíduo menos agressivo;
- iii. Tratamento Biológico;
- iv. Mudança de estado físico;
- v. Diluição ou Dispersão.

Para MARTIN & BASTOCK (1994) a minimização de resíduos é, essencialmente, uma abordagem metódica do processo produtivo em questão com o objetivo de identificar uma potencial aplicação energética ou um valor comercial agregado para cada resíduo, permitindo um aproveitamento de acordo com a escala de prioridade indicada abaixo:

1. eliminação da geração de resíduos;
2. redução da geração na fonte;
3. reciclagem durante o processo;
4. recuperação para reciclagem ou outro uso;
5. utilização do resíduo para produção de energia;
6. tratamento de modo a gerar um resíduo menos agressivo.

O princípio da hierarquização de resíduos, quando aplicado em um programa de gerenciamento ambiental objetiva identificar e priorizar as alternativas “mais nobres” de destinação dos mesmos.

Neste sentido, em VALLE (1995), o princípio da hierarquização dos resíduos surge com a denominação de “Valorização”. Com este conceito, o autor pretende demonstrar que a valorização, segundo uma ótica econômica voltada para o aproveitamento de materiais potencialmente aproveitáveis presentes nos resíduos, é sempre uma alternativa superior ao descarte.

A sequência de ações, apresentada na FIGURA 3, ilustra as alternativas técnicas existentes e que, anteriormente ao simples descarte ou disposição final de um resíduo, devem ser adotadas com o objetivo de agregar valor ao mesmo.

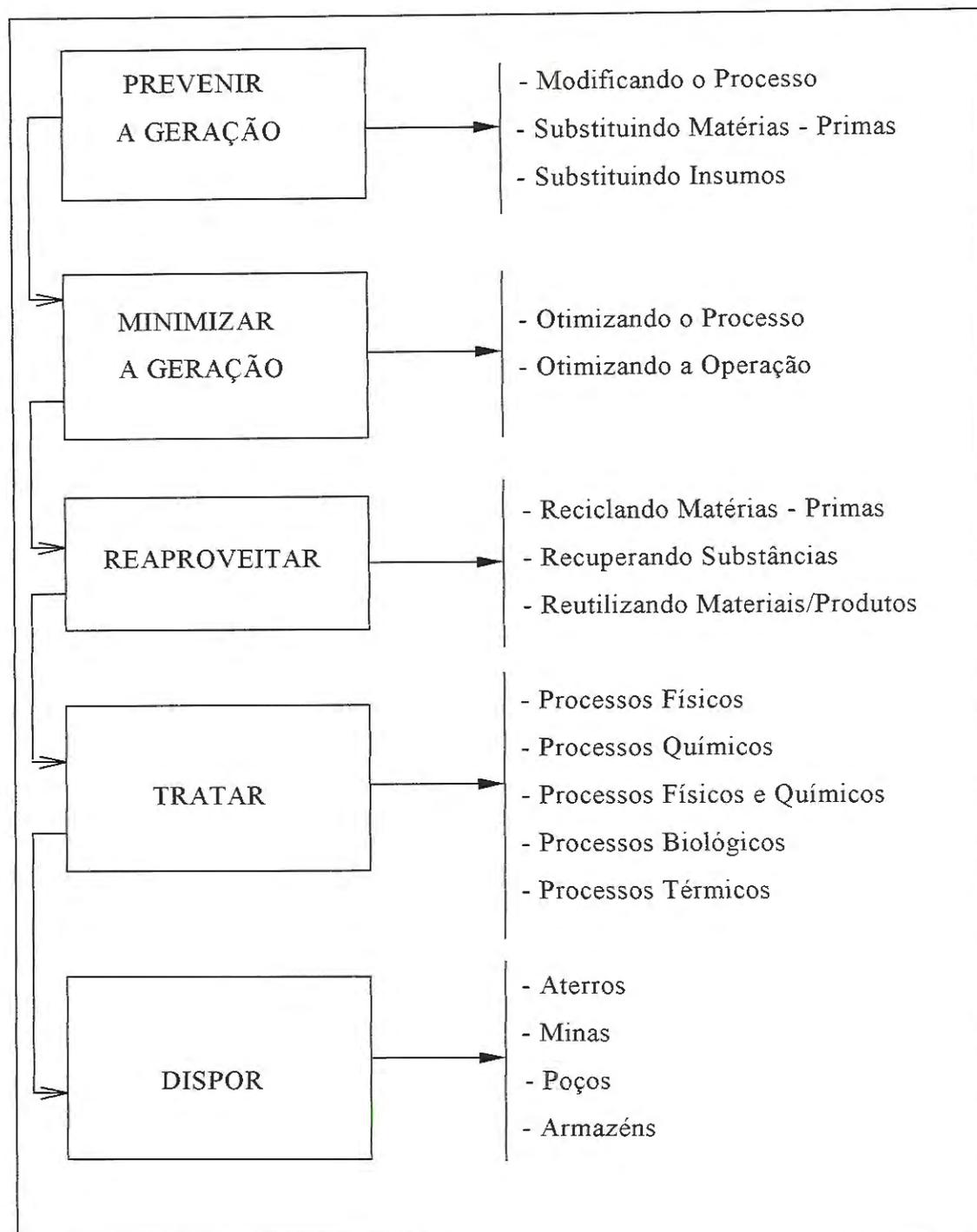


FIGURA 3 – Esquema ilustrativo da abordagem do resíduo com controle realizado durante o processo produtivo

Fonte: Adaptado de VALLE (1995)

Ao aplicar-se o conceito de valorização ou hierarquização pode-se obter a partir dos resíduos, mesmo daqueles caracterizados como resíduos perigosos, fontes de matéria-prima, subprodutos ou combustíveis alternativos para a co-geração de energia.

De acordo com ROCCA (1993), a verificação das possibilidades de minimização de resíduos começa por um perfeito entendimento do processamento e recomenda que neste estudo sejam envolvidas todas as pessoas que detém o conhecimento das diferentes etapas do processo.

Neste cenário surgem as normas Internacionais de Gestão Ambiental da série ISO 14000 como ferramentas importantes de competitividade industrial possibilitando, simultaneamente, o alcance dos objetivos ambientais e econômicos das empresas.

Organizações de todos os tipos têm concentrado seus esforços na busca por processos menos poluentes através do controle do impacto de suas atividades, produtos e serviços sobre o meio ambiente, levando em consideração sua política e objetivos ambientais.

Segundo REIS (1996), tais organizações atuam no contexto de uma legislação ambiental cada vez mais restritiva e com o desenvolvimento de políticas econômicas globalizadas, além de outras medidas, que objetivam estimular a proteção ambiental, resultado de uma crescente preocupação de partes interessadas em relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável.

LINDGREN (1989) alerta para o fato de que um gerenciamento ambiental envolve mais que a simples adequação à legislação e que a redução do risco e a minimização de resíduos são elementos importantes no programa de gestão ambiental de qualquer empresa.

Uma vez que a legislação brasileira não prevê a obrigatoriedade da implantação de tais programas de gerenciamento ambiental, o requisito mais importante passa a ser o compromisso do gerador responsável pela geração dos resíduos.

No entanto, do ponto de vista do direito ambiental e segundo o artigo 14, Parágrafo I da Lei 6.938, de 31/07/81, o gerador do resíduo ou poluidor, poderá ser responsabilizado civil e criminalmente por danos causados ao meio ambiente. Por sua vez, o Decreto Estadual de São Paulo 8.468/76, artigo 56, estabelece que o tratamento, quando for o caso, o transporte e a disposição final de resíduos de qualquer natureza, de estabelecimentos industriais, comerciais e de prestação de serviços, quando não forem de responsabilidade do Município, deverão ser feitos pela própria fonte de poluição.

Assim sendo, constituem-se requisitos essenciais para o sucesso de todo e qualquer programa de gerenciamento ambiental, o apoio efetivo da alta administração da empresa, o comprometimento e o treinamento de todo o pessoal envolvido nas atividades relacionadas aos aspectos ambientais identificados e aos impactos delas decorrentes.

Muito mais que simples adequação da empresa aos requisitos da legislação ambiental, a implantação da norma ISO 14001 inclui o compromisso com a melhoria contínua do sistema de gestão ambiental.

3.3 AS NORMAS ISO DE GESTÃO AMBIENTAL

Desde 1971 a ISO - “International Standardization Organization”, tem se preocupado com o Meio Ambiente mas apenas em comitês isolados e independentes, que se restringiam a elaborar normas sobre a qualidade do ar, da água e do solo.

O primeiro diálogo internacional sobre questões ambientais ocorreu em 1972 na Conferência das Nações Unidas - ONU. Mas somente após decorridos vinte anos, com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - ECO-92, na cidade do Rio de Janeiro, dos compromissos assumidos pelos países presentes e do sucesso das normas de qualidade, ISO 9000, surge em março de 1993 o Comitê Técnico TC-207. O comitê técnico TC-207 foi o responsável pelos trabalhos de elaboração da série de normas de Sistemas de Gestão Ambiental batizadas de “ISO - Série 14000”. O representante oficial do Brasil na ISO é a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT que, com o objetivo de acompanhar os trabalhos do comitê ISO/TC-207 e, ao mesmo tempo, representar os interesses do país, criou o GANA - Grupo de Apoio à Normatização Ambiental.

De acordo com ABREU (1996) em seu artigo “Rumo à certificação verde”, o respaldo financeiro de 34 empresas, representantes de expressivos setores da economia nacional, ao ABNT/GANA garantiu a participação de técnicos brasileiros nas principais reuniões do ISO/TC-207.

A importância de países como o Brasil e demais países do chamado Terceiro Mundo ficou consagrada na reunião do Comitê Técnico da ISO, no Canadá, onde ficou claro que a “batalha da preservação ambiental será ganha ou perdida nos países em desenvolvimento”.

3.4 EVOLUÇÃO DAS NORMAS AMBIENTAIS

Um cronograma resumido da evolução das normas de qualidade ambiental pode ser assim representado:

- 1971. ISO/TC-146: Qualidade do Ar;
- 1972. Conferência da ONU sobre Meio Ambiente (primeiro diálogo formal sobre questões ambientais);
- 1977. ISO/TC-147: Qualidade da Água;
- 1985. ISO/TC-190: Qualidade do Solo;
- 1992. Realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ECO-92, no Rio de Janeiro com a publicação da “Agenda 21”, Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e das Convenções do Clima e da Biodiversidade;
- 1992. Publicação da norma BS 7750 de Sistemas de Gestão Ambiental pelo Instituto Britânico de Normalização-BSI.
- 1993. Reunião do Comitê Técnico TC-207 com a divulgação das normas de Gestão Ambiental série ISO 14000 na forma de “draft”;
- 1996. Publicação oficial da norma ISO 14000 de Sistemas de Gerenciamento Ambiental, denominada “ISO VERDE”.

CARVALHO e FROSINI (1996) definem o sistema ISO de gestão ambiental como um sistema que se constitui em uma parte integrante do gerenciamento total de uma organização, que reconhece a qualidade de seu desempenho ambiental como um fator chave para a sua capacidade de prosperar, arquitetando um sistema para identificar, examinar e avaliar, sistematicamente, as mudanças ambientais causadas por aspectos ou elementos de seus produtos, serviços e atividades. Segundo CANOSSA (1996) um SGA, numa empresa ou organismo, é a parte do sistema geral de gestão que inclui a estrutura funcional, as atividades de planejamento, a definição das responsabilidades, os processos formalizados em procedimentos

e os recursos necessários para concretizar, manter, desenvolver e rever de modo continuado, o desempenho ambiental da empresa ou organismo. De acordo com CANOSSA (1996) um SGA é um instrumento de gestão que tem por objetivo a melhoria contínua do desempenho ambiental racional e organizado da entidade.

Assim sendo, segundo CANOSSA (1996), o modelo do Sistema de Gestão do Ambiente estabelecido na Norma ISO 14001 é um modelo PAC (Programa de Ação Continuada) comum e baseia-se num conjunto de requisitos agrupados em cinco fases:

1. Política do ambiente;
2. Planejamento;
3. Implementação e Operação;
4. Ações de verificação e de correção;
5. Reanálise do SGA.

A política do ambiente é uma declaração formal do compromisso da alta administração da empresa para com o meio ambiente. Deve ser descrita em documento, expressa de modo objetivo, justificada com fatos e apropriada ao impacto ambiental da organização. Com a divulgação da política ambiental deverá ser possível estabelecer objetivos e metas de desempenho ambiental.

Divulgada a política ambiental da organização torna-se necessário o estabelecimento de ações sistematizadas, com objetivos que possam ser quantificados e mensurados através de um programa de execução previamente elaborado.

A ISO 14001 propõe a seguinte estrutura para o planejamento do SGA:

- Identificação dos aspectos ambientais relevantes;
- Identificação de todos os requisitos legais de proteção do meio ambiente aplicáveis às atividades, produtos e serviços da organização;
- Estabelecimento de objetivos e metas ambientais para cada nível de atividade e,
- Elaboração de um programa com atribuição de responsabilidades para com os objetivos e metas estabelecidos.

A implementação e operação de planos de ação e de programas de gestão específicos, com a realização de programas de treinamento e de conscientização de todo o pessoal envolvido, possibilita atingir os objetivos ambientais estabelecidos em cumprimento aos compromissos assumidos e expressos na política ambiental da organização. Através da realização de avaliações ambientais periódicas será possível o acompanhamento sistemático dos resultados das ações implementadas, bem como a correção de eventuais desvios, tornando possível a melhoria contínua do desempenho ambiental da empresa.

VALLE (1995) igualmente menciona a importância que o ciclo de atuação da Gestão Ambiental apresenta, desde a fase de concepção do projeto, até o tratamento dado aos resíduos gerados pelo empreendimento depois de sua implantação. A FIGURA 4 mostra o ciclo ilustrando a aplicação do conceito da Gestão Ambiental na busca por melhoria contínua no processo produtivo de uma empresa.

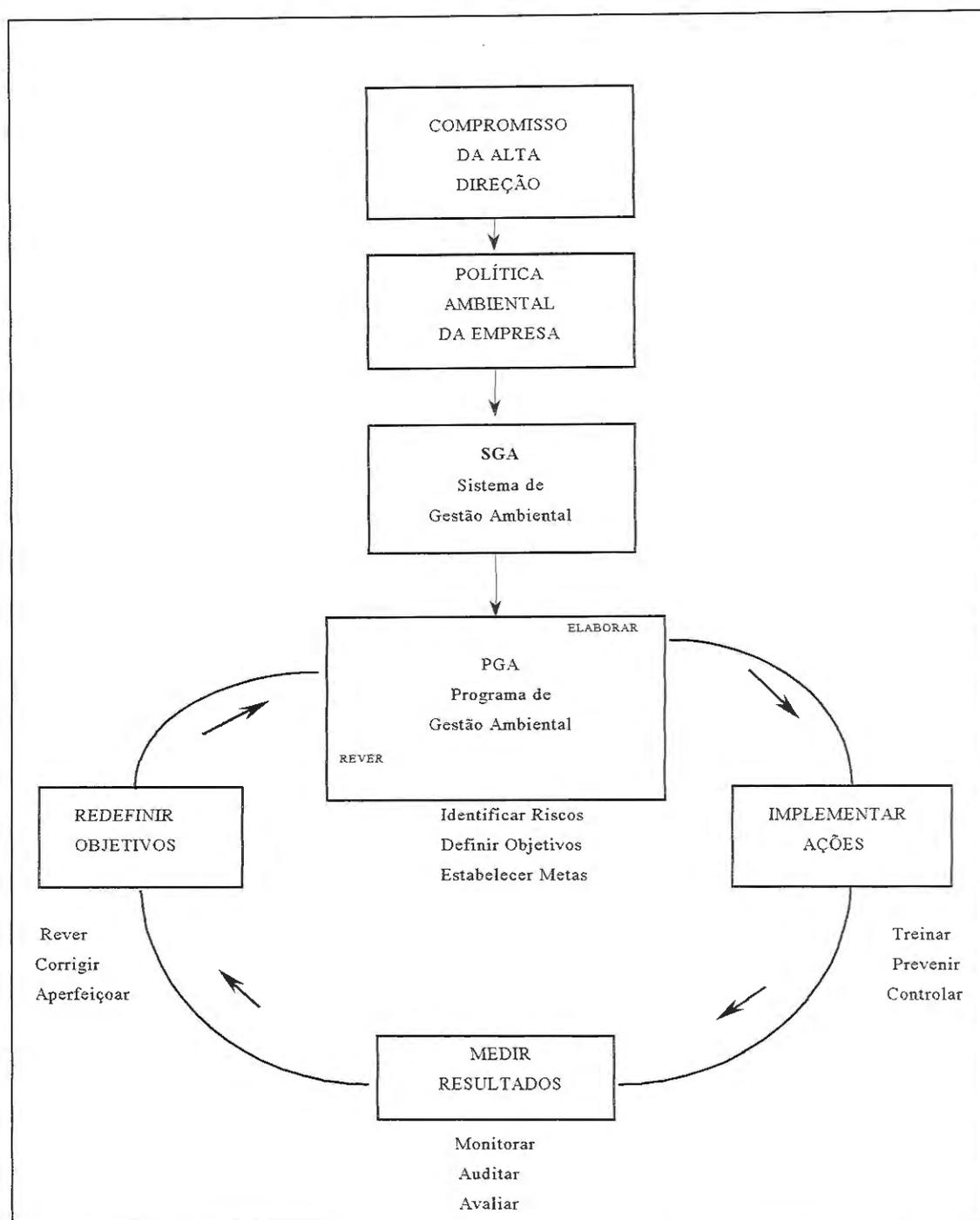


FIGURA 4 – Esquema ilustrativo de modelo de Gestão Ambiental objetivando a melhoria contínua no processo produtivo de uma empresa.

Fonte: VALLE (1995)

3.5 ISO 14001 – INSTRUMENTO DE COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL

A série de normas de gestão ambiental ISO 14001, foi elaborada de modo que toda e qualquer organização, não importando a sua localização e independente do porte, possa adequar-se a ela.

A abrangência da série de normas ISO 14000, conforme salientado por VALLE (1995), é bem maior que a série equivalente para gestão da qualidade, a ISO 9000, pois esta apenas certifica sistemas e linhas de produção, porém não certifica os produtos propriamente ditos. Tal afirmação, segundo VALLE, repousa no fato de que a série de normas ISO 14000, ao certificar produtos, alcança toda a sociedade, atingindo e influenciando o consumidor final.

Afim de melhor ilustrar o modelo de gestão ambiental proposto pela norma ISO 14001 encontram-se listados, a seguir, os requisitos que a compõe.

- Política ambiental.

- Planejamento:
 - Aspectos ambientais;
 - Requisitos legais e outros requisitos;
 - Objetivos e metas;
 - Programa(s) de gestão ambiental.

- Implementação e operação:
 - Estrutura e responsabilidade;
 - Treinamento, conscientização e competência;
 - Comunicação;
 - Documentação do sistema de gestão ambiental;
 - Controle de documentos;
 - Controle operacional;

Preparação e atendimento a emergências.

- Verificação e ação corretiva:
 - Monitoramento e medição;
 - Identificação de não conformidades e das ações corretivas e preventivas;
 - Registros;
 - Auditoria do sistema de gestão ambiental.

- Análise crítica pela administração.

Organizações de qualquer natureza têm compromissos com relação ao meio ambiente no qual estão inseridas e são responsáveis por todo e qualquer impacto ambiental decorrente de suas atividades, produtos e serviços. CANOSSA (1996) justifica tal compromisso baseado em três premissas básicas:

- i. as empresas têm de atuar num quadro legal balizado pela legislação ambiental;
- ii. os clientes e consumidores estão cada vez mais predispostos a comprar ou usar produtos e serviços que respeitem o ambiente desde a sua preparação, a partir de matérias-primas, até a sua fase de pós-consumo;
- iii. a necessidade de minimizar o impacto ambiental de suas atividades por uma razão ética e de responsabilidade.

3.6 A VARIÁVEL AMBIENTAL NO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DE UMA EMPRESA

VALLE (1995) menciona a importância da certificação ambiental pelas normas ISO 14000 como parte estratégica de toda empresa que pretenda

manter-se competitiva. O autor também alerta para o fato de que as normas da série ISO 14000, transcendendo as fronteiras nacionais, colocam a gestão ambiental no mesmo plano já alcançado pela gestão da qualidade, criando mais um fator condicionante para o êxito da empresa que exporta e que disputa sua posição num mercado globalizado.

Impõe-se, assim, a necessidade de eliminar velhos paradigmas que afirmavam, entre outros, ser a responsabilidade ambiental uma função exclusiva do setor de produção ou que a gestão ambiental é um programa exclusivo das grandes empresas.

De acordo com VANCA (1996), a inclusão da variável ambiental no processo de planejamento de auditorias da atividade industrial constitui, atualmente, um dever da administração. O desempenho da organização com a divulgação, junto a acionistas, investidores, clientes, comunidade e órgãos de controle em geral deverá refletir o nível de conformidade das atividades da empresa relacionados ao meio ambiente bem como eventuais impactos nas demonstrações financeiras relacionados com a ocorrência de danos ao meio ambiente.

PASSOS (1997) apud ALVES (1997)², por sua vez, menciona a importância da certificação ambiental para a empresa por significar um ganho substancial de imagem no mercado externo e, ao mesmo tempo, demonstrar seriedade perante os clientes. O autor afirma que os benefícios da certificação ambiental podem ser observados através de uma maior motivação e elevada conscientização sobre qualidade e meio ambiente.

No que diz respeito à quebra de paradigma ambiental, VANCA (1996) comenta que na busca por um ciclo industrial mais ágil, o meio ambiente é

uma fonte de redução de custos, de busca de processos produtivos mais eficientes e controlados significando, sempre, ganhos de capital.

A GAZETA MERCANTIL (1996) apresenta estudos revelando que o consumidor europeu está disposto a pagar de 5 a 15% a mais por mercadorias de madeira que ostentem rótulos ambientais.

Da mesma forma, OTTMAN (1994) cita uma pesquisa de opinião pública realizada em 16 países no ano de 1992 constatando que mais do que quatro quintos dos pesquisados identificavam-se com a afirmação: "Estou muito preocupado com a situação do meio ambiente".

De acordo com pesquisa realizada por OTTMAN (1994) mais da metade dos pesquisados concordou que a poluição deve ser reduzida mesmo se isto significar crescimento mais lento.

ACHENBAUM³, apud OTTMAN (1994), salienta a necessidade de mudança de paradigmas relacionados com a questão ambiental ao divulgar os dados de uma pesquisa realizada pela agência de publicidade americana BACKER SPIELVOGEL BATES constatando que 67% dos consumidores entrevistados alegavam mudar de marcas a fim de escolher uma que viesse em embalagem ambientalmente segura.

Essa mesma pesquisa revela que o sentimento de compra ambiental é mais profundo em países europeus onde, dos consumidores pesquisados, 90% na ex-Alemanha Oriental, 88% na ex-Alemanha Ocidental, 84% na Itália e

² PASSOS, MURILO. (1997). DIRETOR SUPERINTENDENTE BAHIA SUL. apud ALVES, NELSON A. (1997). ISO 14000-Auditorias Integradas geram economia. REVISTA CONTROLE DA QUALIDADE, ano VII, nº66, p.102, nov.

³ ACHENBAUM, ALVIN A., (1991) "A Global View of Consumer Environmental Trends and the Advertising Community's Response" apud OTTMAN, JACQUELYN A., (1994). Marketing Verde-Desafios e Oportunidades para a Nova Era do Marketing, p.13

82% na Espanha, declararam a sua opção por produtos acondicionados em embalagens ambientalmente corretas.

Quanto a uma possível mudança de hábitos do consumidor brasileiro estima-se que, em virtude da atuação das ONGs e por conta das propagandas negativas contra as empresas que poluem o meio ambiente, VANCA (1996), acredita que dentro de dois ou três anos, o consumidor brasileiro irá recusar produtos considerados agressivos ao meio ambiente.

Antecipando o cenário relatado no parágrafo anterior, tem-se a PORTARIA INTERMINISTERIAL N°3, de 1° de julho de 1997, do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Considerando, entre outros, a necessidade de serem postos em prática os princípios de sustentabilidade ambiental previstos na legislação, e a importância de ser reconhecida e incentivada a iniciativa do setor privado de adesão voluntária aos sistemas de gestão ambiental, a Portaria N°3 instituiu o PQA - Programa de Qualidade Ambiental⁴.

O referido programa, além de estabelecer e implementar um conjunto de metas de racionalidade ambiental, tem por objetivo incentivar as empresas a adotarem as normas ISO 14000 de Sistemas de Gestão Ambiental.

3.7 A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Recente inventário realizado pela agência ambiental do Estado de São Paulo - Cetesb⁵, a partir de dados coletados junto a 459 empresas, informa que somente na região metropolitana de São Paulo, são geradas anualmente cerca de 2,6 milhões de toneladas de resíduos industriais, incluindo as Classes I, II e III.

Somando-se os dados relativos à Baixada Santista e Vale do Ribeira, o total de resíduos sólidos industriais gerados totalizam, aproximadamente, 12,2 milhões de toneladas/ano. Dados presentes neste mesmo inventário demonstram que mais de 60% do total de resíduos gerados, ou mais precisamente 7,3 milhões de toneladas, encontram-se dispostos no solo de forma inadequada representando sérios problemas de contaminação, enquanto 2,8% encontravam-se estocados nos pátios das empresas.

Dados constantes de relatório elaborado pela empresa JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA (1995) revelam que, no tocante a geração de resíduos sólidos industriais, a situação dos 57 municípios situados nas bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, é igualmente preocupante. O relatório menciona que o elevado nível de atividades econômicas dessa região, com 14.400 km² de extensão e população estimada em 3,3 milhões de habitantes, tem sido responsável por uma demanda crescente do volume de água (estimada em 20 m³/s em 1995) e pela geração de 1,2 milhão de toneladas/ano de resíduos industriais. O citado relatório comenta que apesar dos esforços dispendidos pela CETESB, do total de resíduos industriais gerados, 105.424,7 ton/ano, classificados como resíduos Classe I - perigosos de acordo com a NBR 10004, estão sendo acumulados nos pátios das empresas ou dispostos de

⁴ BRASIL. Leis, etc. (1997). Portaria Interministerial nº3, de 1º de julho de 1997. Institui o Programa de Qualidade Ambiental-PQA. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção I, p.14080.

maneira criminosa em terrenos baldios, lixões e aterros sem o mínimo de controle construtivo e operacional.

A geração de resíduos Classe I relacionada com as atividades industriais de pequenas e micro-empresas, em diversos segmentos, pode ser observada na TABELA 1. A TABELA 2 apresenta a geração de resíduos relacionada com as atividades industriais das grandes empresas e a TABELA 3 apresenta a geração de resíduos estimada para o ano 2000 por atividade industrial e classe.

⁵ Inventário de Resíduos Sólidos Industriais, CETESB (1993), apud Alves, Francisco; Gorgueira, Cristina. (1996). Revista Saneamento Ambiental, ano VI, n° 40, p.12-21, jul/ago.

TABELA 1 – Geração de resíduos Classe I de Pequenas e Micro empresas

| Tipo de Resíduo | Quantidade (t/ano) | % |
|---|------------------------|------------|
| Lodo proveniente do processo de tratamento de superfícies metálicas (decapagem e fosfatização) e do tratamento físico-químico | 18804,3 | 47,92 |
| Ácidos e bases em geral | 7951,6 | 20,26 |
| Óleos minerais usados e outros resíduos oleosos | 4297,0 | 10,95 |
| Solventes usados | 2899,8 | 7,39 |
| Rejeitos de pintura, verniz, tintas, esmalte e cola | 2821,2 | 7,19 |
| Resíduos de síntese orgânica (solventes residuais) | 1752,9 | 4,47 |
| Sais em geral | 334,0 | 0,85 |
| Resíduos sólidos impregnados com solventes e/ou produtos orgânicos | 188,0 | 0,48 |
| Elemento filtrante, carvão, carvão ativado e resinas | 119,5 | 0,30 |
| Resíduos sólidos contendo metais pesados | 38,5 | 0,10 |
| Pilhas, baterias e acumuladores | 14,8 | 0,04 |
| Pó proveniente da queima de combustível, sistema de exaustão e de equipamentos de controle atmosférico | 10,8 | 0,03 |
| Policlorobifenila (PCB) e policlorotrifênica (PCT) | 4,8 | 0,01 |
| Resíduos / lixo de ambulatórios, hospitais e laboratórios de análises clínicas | 2,9 | 0,01 |
| Catalisadores usados e resíduos de catalisadores | 1,6 | 0,00 |
| Lodo biológico de ETE | 0,00 | 0,00 |
| Embalagens | 0,00 | 0,00 |
| Resíduos / lixo em geral, derramamento de piso e varrições | 0,00 | 0,00 |
| Entulhos e sucatas em geral | 0,00 | 0,00 |
| Óleos / gorduras vegetais | 0,00 | 0,00 |
| Resíduos sólidos impregnados com óleos minerais e outros resíduos oleosos | 0,00 | 0,00 |
| Total | 39241,7 | 100 |

Fonte: Adaptado do Diagnóstico de Resíduos Sólidos Industriais nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, Jaako Pöyry Eng^a, 1995.

TABELA 2 – Geração de Resíduos Sólidos Classe I de Grandes Empresas

| Tipo de Resíduo | Quantidade (t/ano) | % |
|---|-----------------------|------------|
| Resíduos de síntese orgânica (solventes residuais) | 12929,2 | 19,54 |
| Óleos minerais usados e outros resíduos oleosos | 12764,1 | 19,29 |
| Solventes usados | 11704,6 | 17,69 |
| Pó proveniente da queima de combustível, sistema de exaustão e de equipamentos de controle atmosférico | 6690,0 | 10,11 |
| Lodo proveniente do processo de tratamento de superfícies metálicas (decapagem e fosfatização) e do tratamento físico-químico | 5019,4 | 7,58 |
| Rejeitos de pintura, verniz, tintas, esmalte e cola | 3607,5 | 5,45 |
| Resíduos sólidos contendo metais pesados | 2787,8 | 4,21 |
| Ácidos e bases em geral | 2187,8 | 3,31 |
| Lodo biológico de ETE | 2044,8 | 3,09 |
| Catalisadores usados e resíduos de catalisadores | 1834,1 | 2,77 |
| Resíduos sólidos impregnados com solventes e/ou produtos gordurosos | 1758,2 | 2,66 |
| Sais em geral | 931,9 | 1,41 |
| Elemento filtrante, carvão, carvão ativado e resinas | 720,0 | 1,09 |
| Resíduos / lixo em geral, derramamento de piso e varrições | 436,1 | 0,66 |
| Entulhos e sucatas em geral | 334,1 | 0,50 |
| Embalagens | 317,9 | 0,48 |
| Resíduos sólidos impregnados com óleos minerais e outros resíduos oleosos | 65,8 | 0,10 |
| Policlorobifenila (PCB) e policlorotrifênila (PCT) | 20,0 | 0,03 |
| Resíduos/lixo de ambulatórios, hospitais e laboratórios de análises clínicas | 15,5 | 0,02 |
| Pilhas, baterias e acumuladores | 7,6 | 0,01 |
| Óleos / gorduras vegetais | 6,5 | 0,01 |
| Total | 66183,3 | 100 |

Fonte: Adaptado do Diagnóstico de Resíduos Sólidos Industriais nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, Jaako Pöyry Eng^a, 1995.

TABELA 3 – Geração de resíduos por atividade industrial e Classe–Ano 2000

| Atividade Industrial | Classe I (t/ano) | Classe II (t/ano) | Classe III (t/ano) | Total por Atividade | % |
|---|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------|
| Metalúrgica | 28818,4 | 240071,6 | 14474,0 | 283363,9 | 20,09 |
| Química | 53787,6 | 161597,0 | 2413,1 | 217797,7 | 15,44 |
| Produtos Alimentares | 2278,2 | 209246,2 | 473,3 | 211997,7 | 15,03 |
| Papel e Papelão | 154,4 | 158017,3 | 117,0 | 158288,6 | 11,22 |
| Transformação de minerais não metálicos | 4564,0 | 13101,4 | 120238,4 | 137903,7 | 9,78 |
| Material de Transporte | 11517,4 | 72792,0 | 515,9 | 84825,4 | 6,01 |
| Mecânica | 2199,8 | 70694,8 | 1945,1 | 74839,8 | 5,30 |
| Bebidas | 56,7 | 47977,4 | 8256,3 | 56290,4 | 3,99 |
| Têxtil | 1621,3 | 40791,2 | 5365,9 | 4778,4 | 3,39 |
| Borracha | 3633,7 | 26585,4 | 2743,6 | 32962,7 | 2,34 |
| Madeira | 1626,8 | 26192,8 | 590,1 | 28409,7 | 2,01 |
| Perfumaria, sabões e velas | 3286,8 | 16580,0 | 370,7 | 20237,5 | 1,43 |
| Produtos Farmacêuticos e Veterinários | 3771,8 | 10779,7 | 477,8 | 15029,2 | 1,07 |
| Materiais Elétricos e de Comunicações | 6001,1 | 5569,7 | 42,1 | 11612,9 | 0,82 |
| Produtos de Matérias Plásticas | 1492,0 | 6471,7 | 251,7 | 8215,4 | 0,58 |
| Couro e Peles de Produtos Similares | 0,6 | 4359,1 | 1910,0 | 6269,8 | 0,44 |
| Diversos | 60,5 | 5100,6 | 0,0 | 5161,0 | 0,37 |
| Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos | 37,1 | 2671,3 | 625,1 | 3333,4 | 0,24 |
| Serviços de Transporte | 4,3 | 2064,3 | 0,0 | 2068,5 | 0,15 |
| Mobiliário | 320,4 | 1240,4 | 20,3 | 1581,0 | 0,11 |
| Editorial e Gráfica | 336,4 | 1159,0 | 40,3 | 1535,8 | 0,11 |
| Comércio Atacadista | 106,9 | 795,8 | 0,0 | 902,7 | 0,06 |
| Indústria de Utilidade Pública | 59,4 | 172,3 | 0,0 | 231,7 | 0,02 |
| Fumo | 9,7 | 19,5 | 0,5 | 29,7 | 0,00 |
| Supermercados | 0,0 | 14,3 | 0,0 | 14,3 | 0,00 |
| Outros | 28,5 | 43,4 | 0,0 | 71,9 | 0,01 |
| Total | 125773,9 | 1124107,8 | 160871,1 | 1410752,8 | 100 |

Fonte: Adaptado do Diagnóstico de Resíduos Sólidos Industriais nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, Jaako Pöyry Eng^a, 1995.

Analisando-se os dados das Tabelas 1 e 2 destaca-se, dentre os diferentes tipos de resíduos listados, a expressiva participação dos resíduos provenientes do tratamento físico-químico e de processos de tratamento de superfícies metálicas (decapagem e fosfatização), representando 23.824 ton/ano ou 55,51% do total de resíduos gerados.

Da mesma forma, ao se analisar os dados relacionados na Tabela 3, relativos à geração de resíduos por Atividade Industrial e Classe, é igualmente possível observar-se a expressiva participação do segmento metalúrgico, responsável por 20,09% do total de resíduos gerados.

3.8 DIFICULDADES TÉCNICAS RELACIONADAS COM A DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

As alternativas técnicas para o tratamento de resíduos sólidos, atualmente disponíveis, são as mais variadas e incluem desde processos tais como a incineração, a inertização por microondas, o co-processamento, a co-geração de energia com o aproveitamento do poder calorífico dos resíduos, a aplicação em solos agrícolas ou a disposição final nos aterros industriais e sanitários.

Assim sendo, como explicar o atual impasse bem como as enormes dificuldades enfrentadas pelos diferentes segmentos industriais no que se refere à problemática de destinação final dos resíduos sólidos?

Segundo PEREIRA (1996), as dificuldades quanto à destinação e solução para os resíduos começam exatamente no momento da classificação destes. Apesar da existência de uma sistemática pré-estabelecida para a classificação de resíduos sólidos baseada nas normas NBR 10.004, 10.005, 10.006 e 10.007, torna-se imperioso a revisão da mesma.

De acordo com PEREIRA (1996), a principal diferença entre a sistemática de classificação de resíduos adotada no Brasil e aquela adotada em países mais desenvolvidos é a existência, nestes últimos, de oito a dez classes de resíduos, em comparação às três classes aqui representadas como:

- i. Classe I - Resíduo Perigoso;
- ii. Classe II - Resíduo Não inerte e,
- iii. Classe III - Resíduo Inerte.

PEREIRA (1996) menciona o fato de que o risco de um dado resíduo ser classificado como perigoso, ou seja, Classe I, por apresentar em sua composição apenas alguns ppm a mais de fenol, igualmente a outro contendo PCB⁶ (Bifenilas Policloradas), poderia ser evitado, classificando-o em sub-classes.

A periculosidade⁷ de um resíduo, definida na norma NBR 10004, é uma característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode:

- i. apresentar risco à saúde pública, provocando ou contribuindo, de forma significativa, para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças;
- ii. apresentar riscos ao meio ambiente, quando manuseado ou destinado de forma inadequada.

De acordo com a norma NBR 10004, todo e qualquer resíduo será classificado como Classe I - perigoso, se apresentar periculosidade, conforme definição acima, ou características tais como, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

⁶ As Bifenilas Policloradas (PCB) são compostos classificados como cancerígenos. A simples presença destas, conforme Listagem 04 da NBR 10.004, confere periculosidade a um resíduo.

⁷ Os resíduos radioativos não são objeto desta norma, pois são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Além da dificuldade relativa à classificação de resíduos PEREIRA (1996) ainda menciona outras três dificuldades comentadas na sequência. A grande totalidade dos resíduos contém água em excesso podendo, em alguns casos, chegar a níveis de até 97% de umidade. Isto significa concentrações de sólidos variando de 2% a 3% apenas. Considerando-se o atual nível de geração de resíduos fica evidente a dificuldade associada com a necessidade de grandes áreas para estocagem intermediária dos mesmos bem como os custos envolvidos.

Nesse momento é importante mencionar que as alternativas técnicas atualmente disponíveis para a redução da umidade, a níveis satisfatórios, representam custos adicionais que podem onerar sobremaneira o de tratamento de um dado resíduo.

Em segundo lugar, as alternativas de destinação ou tratamento dos resíduos ainda são escassas e onerosas para a realidade brasileira. Finalmente, a burocracia no tocante à liberação perante os órgãos de controle ambiental acabam retardando os processos de destinação dos resíduos.

3.9 CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

VALLE (1995) cita o importante papel que a realização de uma adequada caracterização possui no processo de escolha da melhor solução para o tratamento ou disposição de resíduos.

Da mesma forma, uma adequada caracterização é importante para o correto enquadramento de um resíduo na legislação relativa ao transporte de materiais perigosos, quando da transferência deste para aterros ou unidades externas de tratamento. Ainda quanto às dificuldades relativas aos processos de caracterização de resíduos, VALLE menciona que as dificuldades

enfrentadas estão estritamente relacionadas ao fato dos resíduos, em sua grande maioria, constituírem-se de misturas complexas de várias substâncias. Tal condição torna difícil, na prática, determinar com precisão as características e a composição dos resíduos.

Ao mencionar a importância da correta caracterização e classificação de um resíduo VALLE (1995) acrescenta que afim de agilizar a execução dessas análises e ensaios e, ao mesmo tempo, reduzir os custos e prazos envolvidos, é necessário definir claramente os objetivos e as características de interesse.

Dentre as características que costumam ser investigadas o autor relaciona as seguintes:

- a) Características relacionadas com o manuseio e o transporte, tais como estado físico, viscosidade, pressão de vapor, etc;
- b) Propriedades toxicológicas e bacteriológicas;
- c) Propriedades físicas e químicas, nocivas ou perigosas, tais como inflamabilidade, corrosividade, explosividade e odores acentuados;
- d) Características relacionadas com a incineração, tais como poder calorífico, teores de inorgânicos e halogenados, dimensões máximas de frações sólidas, etc;
- e) Características relacionadas com a disposição em aterros, como solubilidade, biodegradabilidade, teor de umidade, etc;
- f) Presença de metais pesados e de compostos especiais como PCB, etc.

3.10 A PROBLEMÁTICA DA ÁGUA

A discussão apresentada a seguir, tem por objetivo demonstrar que além dos prejuízos à qualidade, provocados pelas fontes de poluição existentes, a distribuição extremamente irregular de água na superfície do globo terrestre é um fator agravante. Tal situação, conforme anteriormente apresentado, evidencia a necessidade e a importância de inclusão da temática ambiental no desenvolvimento de novos projetos e no aprimoramento dos já existentes.

3.10.1 DISTRIBUIÇÃO IRREGULAR DAS RESERVAS DE ÁGUA

É fato que a qualidade de nossas reservas de água, fontes de abastecimento público e industrial, tem sido prejudicada em decorrência dos elevados níveis de poluição associados com a geração e a emissão de quantidades crescentes de resíduos e efluentes líquidos industriais.

Dados fornecidos pela WWF (Water World Fund) demonstram que embora 70% da superfície do globo terrestre esteja coberta por oceanos, menos de 3% da água do planeta é doce, e mais de três quartos encontram-se congelados, principalmente nos polos. Levando-se em consideração os 113.000 bilhões de metros cúbicos de água doce que, anualmente, atingem o solo na forma de chuvas ou neve, pelo menos em teoria, todas as necessidades previsíveis da humanidade deveriam ser atendidas. Entretanto, em virtude de uma distribuição desigual, cerca de 2 bilhões de pessoas em 80 países vivem em áreas que sofrem de escassez crônica de água.

O problema atinge dimensões críticas pois, não é apenas a distribuição irregular de suprimentos de água que preocupa, mas a qualidade deste recurso natural, essencial para a vida, também apresenta níveis de degradação

crescentes. Segundo a WWF, desde 1950 a utilização de água no mundo aumentou em mais de três vezes e meia e o uso per capita triplicou. De todo o volume consumido somente cerca de 5% da água é utilizada para consumo humano. A maior utilização de água, aproximadamente 75%, ocorre na irrigação de lavouras, sendo que os 20% restantes são consumidos nas atividades industriais.

WEBER (1997) cita dados da UNESCO revelando que, somente neste século, o consumo de água aumentou em 20 vezes nos processos industriais, em 6 vezes na agricultura e o consumo doméstico, no mesmo período, triplicou. De acordo com WEBER (1997), em função da crescente demanda por novos produtos e tecnologia, característica de uma sociedade de consumo, se faz necessário o estabelecimento de novos processos industriais implicando na maior utilização de recursos naturais, especialmente a água.

3.10.2 A POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

WEBER (1997) argumenta que, não obstante a crescente demanda e limitada disponibilidade de água, há ainda o comprometimento da qualidade dos recursos hídricos pela poluição. Em muitos locais, apesar de disponível, a água já não pode mais ser utilizada por não apresentar mínimas condições de tratabilidade.

De acordo com WEBER (1997) a poluição da água por agrotóxicos ou produtos químicos tem comprometido importantes reservas hídricas uma vez que, em alguns casos, a degradação é irreversível ou requer uma soma elevada de recursos para reverter a situação.

Dados fornecidos pela WWF mostram um quadro preocupante ao revelar que mesmo em países industrializados, onde vigoram legislações

sobre a qualidade da água, a poluição ainda é um problema presente. Em grande parte do mundo em desenvolvimento, rios e lagos são obstruídos com uma mistura de toxinas industriais, esgotos não tratados e produtos químicos provenientes da agricultura. Ao analisar os atuais níveis de atividade econômica e industrial em nosso planeta a WWF prevê, para a virada do século, uma geração anual de 2.300 quilômetros cúbicos de águas residuárias.

MONTICELLI⁸ (1995) alerta para o fato de que a região de influência das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, que abrange o polo industrial de Campinas, hoje a segunda maior economia do país, pode não crescer por absoluta falta de água com qualidade.

MONTICELLI (1995) faz referência ao documento “Bacia do Rio Piracicaba - Estabelecimento de Metas Ambientais e Reenquadramento dos Corpos d’água”, formulado por diversos órgãos ligados à Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA) e publicado no final de 1994, prevendo que a carga de efluentes industriais sem tratamento deve crescer em 30% até o ano 2000 e em assustadores 85% até o ano 2010, apenas na área da Bacia do Rio Piracicaba, mantidas as tendências atuais. O referido documento faz um alerta ao afirmar que, caso haja qualquer falha no sistema de tratamento de efluentes industriais, um aumento de apenas 5% dos efluentes corresponderá a uma descarga de esgoto urbano relativa a 1,8 milhão de pessoas. Quanto ao uso de água o documento também menciona que o consumo deverá aumentar tanto em função do aumento populacional como pelo incremento das atividades econômicas.

De acordo com projeções publicadas pelo Comitê Intermunicipal das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (1996), a demanda de água para irrigação que hoje é de 6.844 litros por segundo,

⁸ MONTICELLI, JERÔNIMO. (1995) apud Revista TEMPO - O Desafio das Águas, n°14, abr, p.12

utilizados em 23.112 hectares de área irrigada, deve evoluir no ano 2000 para 8.805 litros por segundo, em uma área de 29.380 ha.

Estudos realizados por MORAES (1997), após conclusão de uma pesquisa onde analisou as variações nas vazões dos rios Atibaia, Jaguari e Piracicaba nas últimas seis décadas demonstram que a vazão do rio Atibaia, maior manancial de abastecimento de água para a região, sofreu um decréscimo de 24% desde 1930. De acordo com MORAES (1997) houve uma redução de 52% na vazão média do rio Jaguari, um dos últimos mananciais com água de qualidade considerada razoável e apontado como saída estratégica para o abastecimento da cidade de Campinas.

Face ao exposto fica evidente a importância da Lei de Recursos Hídricos nº 9.433 de 08/01/97, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e que estabelece a bacia hidrográfica como unidade de política administrativa.

A cobrança pelo uso da água é uma medida que poderá garantir o uso racional da água, evitar um colapso no abastecimento em toda a região da Bacia do Rio Piracicaba, Capivari e Jundiá e atenuar os conflitos gerados pelo uso da água entre as cidades da região. A maior disputa pelo uso da água na região continua sendo gerada pela retirada, desde a década de 70, de 31 m³/s da Bacia do Rio Piracicaba para abastecimento da Grande São Paulo através do “Sistema Cantareira”.

Situações semelhantes às já citadas também podem ser observadas em outros Estados e território nacional, como por exemplo, nas 41 bacias hidrográficas abrangendo 74 municípios do Estado do Paraná e com uma área de 8.900 km². Nesses municípios, considerados regiões de importância ecológica, o alarmante comprometimento dos recursos ambientais motivou a criação da Lei Complementar nº 59, de 1º de outubro de 1991, tendo como principal objetivo, reverter o amplo quadro de devastação observado na

região e estimular o desenvolvimento sustentado de áreas de importância ecológica.

A Lei Complementar nº 59 ou Lei do ICMS Ecológico⁹, aprovada pela Assembléia Legislativa do Estado do Paraná, repassa 5% do ICMS a municípios que abrigam em seu território mananciais de abastecimento público de interesse de municípios vizinhos ou unidades de conservação ambiental.

Em consequência desta Lei, desde 1992, 160 municípios do Estado do Paraná estão sendo beneficiados com recursos expressivos da ordem de 19 milhões de dólares/ano - a metade para os municípios com mananciais de abastecimento e a outra metade para os municípios que possuem unidades de conservação ambiental. Em seu texto, a Lei Complementar nº 59 estimula os municípios a investirem em seus próprios mananciais, já que há mais recursos provenientes do ICMS Ecológico para aqueles onde os mananciais apresentarem uma melhoria na qualidade da água.

Os resultados da aplicação desta Lei já foram observados recentemente. Em avaliação feita em 1996 verificou-se que, após a vigência da lei, 75% dos mananciais apresentaram melhora na qualidade de suas águas.

Apesar de todos os recentes investimentos realizados para reduzir a poluição industrial, em âmbito nacional, somente 30% dos efluentes domésticos é coletado sendo que o índice de tratamento desses mesmos efluentes é inferior a 15%.

3.11 O PROCESSO DE FOSFATIZAÇÃO ORGÂNICA

A água, ao contrário do que se imaginava, é um bem finito. Assim sendo, por se constituir um importante recurso natural, a busca por processos isentos de água ou com reduzido consumo, torna-se uma importante área de desenvolvimento. O processo de fosfatização orgânica, a seguir descrito, é uma alternativa técnica, já adotada por algumas empresas, no tratamento de superfícies metálicas.

3.11.1 CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS SOBRE O PROCESSO DE FOSFATIZAÇÃO ORGÂNICA

GUIDETTI & VERCESI (1997) definem a fosfatização orgânica como uma tecnologia que se distingue por ser o único processo capaz de, simultaneamente, em um único estágio, desengratar e fosfatizar superfícies metálicas em temperatura ambiente. A “plaforização”, denominação atribuída pelos autores ao processo de fosfatização orgânica, foi desenvolvida e introduzida no mercado de tratamento de superfícies metálicas por uma empresa química italiana¹⁰, com o objetivo de reduzir os custos com energia e os problemas associados com o lançamento de efluentes.

O processo de fosfatização orgânica proporciona:

1. desengraxe e fosfatização simultâneos pois não requer remoção prévia de contaminantes oleosos;
2. operação à temperatura ambiente em único estágio;

⁹ICMS Ecológico-Desenvolvimento Sustentável. Publicação da Coordenadoria de Educação Ambiental e Comunicação, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Governo do Estado do Paraná (1996).

¹⁰A PLAFORIZAÇÃOTM é um processo químico desenvolvido e registrado pela empresa PAIKOR - European Chemical Company.

3. tratamento simultâneo de chapas de aço, aço galvanizado e alumínio em estágio único e com um único produto;
4. “conversão” química da superfície metálica pela deposição de uma fina camada amorfa e incolor de fosfatos de ferro inorgânicos modificados e selados por um filme polimérico orgânico formulado especialmente para esse propósito;
5. uso em conjunto com a maioria dos revestimentos orgânicos, tais como vernizes, lacas e tintas (base solvente, base água e pó);
6. uma operação eficiente e segura com impacto mínimo para o meio ambiente.

De modo a facilitar o entendimento, a aplaforização já descrita como um processo que ocorre em estágio único pode, didaticamente, ser assim dividida:

1. Tratamento da superfície metálica pelo processo de imersão ou spray;
2. Remoção e dissolução do óleo e de contaminantes oleosos;
3. Absorção dos componentes oleosos pelo “fosfato polimérico”;
4. Ataque da superfície metálica e a formação de uma camada microcristalina de fosfatos inorgânicos;
5. Drenagem do fluido, reação final e criação de uma delgada película selante de polifosfatos orgânicos poliméricos.

De acordo com GUIDETTI & VERCESI (1997), o processo de fosfatização orgânica utiliza uma formulação compreendendo diversos componentes na qual a substância ativa é um “polímero orgânico” que, devido à sua natureza lipofílica, permite desengraxar e fosfatizar, simultaneamente, superfícies metálicas contaminadas por substâncias inorgânicas e orgânicas. Estes “polifosfatos orgânicos” são dissolvidos em uma mistura de solventes orgânicos, à base de acetatos e poliéteres, com alto poder de solvência.

GUIDETTI & VERCESI (1997) afirmam que a mistura desses solventes, em proporção adequada, permite a dissolução inicial dos óleos e graxas com posterior combinação com os polifosfatos orgânicos. O processo termina com a drenagem dos solventes quando então, os grupos ácidos livres do fosfato polimérico, reagindo com o substrato em um curto espaço de tempo, dão origem a uma estrutura macro-molecular tridimensional. Esta forte estrutura tridimensional de macro-moléculas retém os contaminantes de óleos e graxas prevenindo sua migração. Ao final da operação de fosfatização, a superfície metálica estará coberta por uma fina película de fosfatos ferrosos inorgânicos (eventualmente outros fosfatos podem ser formados como, por exemplo, fosfatos de zinco) selados por um filme microporoso de polifosfatos orgânicos.

A formação desse filme microporoso de polifosfatos orgânicos, além de uma excelente adesão à pintura de acabamento, proporciona também, uma proteção temporária contra a corrosão antes da pintura.

O ataque à superfície metálica e a formação da camada micro-cristalina de fosfatos inorgânicos diferenciam a fosfatização orgânica do processo convencional na qual não se verifica a conversão do metal. Como decorrência, GUIDETTI & VERCESI (1997), salientam que no processo de fosfatização orgânica parâmetros tais como crescimento dos cristais, distribuição cristalina, tamanho dos cristais e velocidade de formação dos cristais, importantes no processo convencional, tornam-se irrelevantes.

O processo de fosfatização orgânica pode ser usado tanto em sistemas de imersão como em sistemas de spray. O sistema de imersão, denominado de Paikor A 402, é uma formulação baseada em solventes orgânicos leves que apresentam uma alta taxa de evaporação possibilitando que o final da reação de fosfatização ocorra a temperatura ambiente, sem necessidade de secagem em estufa.

O sistema de spray, com a denominação de Ecophor A 447, é uma formulação baseada em solventes orgânicos pesados que apresentam uma baixa taxa de evaporação de modo que a reação final de fosfatização ocorre em estufa, permitindo a aplicação por spray e a recuperação do solvente. Uma comparação entres as principais características do processo de imersão e o processo spray, pode ser observada na TABELA 4.

TABELA 4 - Características dos Processos de Fosfatização Orgânica

| | Paikor A 402 | Ecophor A 447 |
|--|--|---------------------|
| Dados do Processo | Sistema de Imersão | Sistema de Spray |
| Tipo de Tratamento | Tratamento a frio | Tratamento a frio |
| Tempo de Tratamento (s) | 60 - 90 | 60 - 90 |
| Tempo de Escorrimento (min) a temperatura ambiente | 1 - 2 | 3 - 4 |
| Tempo de Sopragem c/ ar frio (min) | 4 - 6 | 2 - 3 |
| Tempo de Estufa (min) e Temperatura de reação Final (°C) | ausente a reação final ocorre no final do estágio de Drenagem | 8 - 10 120 - 140 |

Fonte: GUIDETTI & VERCESI (1997)

Segundo GUIDETTI & VERCESI (1997), outra importante propriedade da fosfatização orgânica é permitir que as peças metálicas pré-tratadas mas ainda não pintadas, possam resistir aos processos corrosivos por vários dias, semanas ou, até mesmo, meses dependendo das condições de exposição. Tal característica é suficiente para prevenir a corrosão durante os estágios intermediários de fabricação.

De acordo com GUIDETTI & VERCESI (1997) a excelente proteção temporária contra a corrosão, está ligada à baixa porosidade do filme orgânico polimérico quando comparada com a camada deixada pela fosfatização inorgânica convencional em meio aquoso, a qual é essencialmente porosa.

A metodologia empregada para avaliar a resistência à corrosão em chapas de aço laminado recebe a denominação de Teste de Salt Spray – Método ASTM B 117/61. A resistência à corrosão é avaliada após exposição das chapas metálicas a uma atmosfera agressiva, obtida com a utilização de uma solução de cloreto de sódio, umidade elevada e aquecimento. Dessa forma é possível acelerar o processo de corrosão e, com o resultado obtido, prever a vida útil de um dado revestimento nas condições normais de exposição.

Dados relativos à média de resistência à corrosão, expressa em horas, e esperados para chapas de aço laminado a frio, podem ser melhor observados na TABELA 5. Da análise dos resultados, aqui apresentados, para chapas de aço laminado, revestidas com tinta em pó base epóxi-poliéster, e com espessura de camada de, aproximadamente, 60 μm , é possível verificar os diversos graus de proteção proporcionados pelos diferentes processos de pré-tratamento relacionados.

TABELA 5 - Resultados do Teste de Salt Spray para chapas de aço laminado
(Método ASTM B 117/61)

| Processo utilizado | Resistência à corrosão (h) |
|--|----------------------------|
| Desengraxe com Solventes Clorados | 90 a 100 |
| Desengraxe / Fosfato de Ferro | 120 |
| Fosfatização Orgânica PAIKOR (único estágio) | 200 a 250 |
| Desengraxe / Fosfato de Ferro / Passivação | 200 a 250 |
| Fosfatização Orgânica PAIKOR (processo combinado) | 350 a 400 |
| Desengraxe / Fosfato de Zinco / Passivação crômica | 500 |
| Fosfatização de Zinco Micro-cristalino | 600 a 700 |
| Fosfatização de Zinco micro-cristalino / Passivação crômica | 1000 a 1500 |

Fonte: GUIDETTI & VERCESI (1997)

3.11.2 A FOSFATIZAÇÃO ORGÂNICA ISENTA DE ÁGUA

Os processos convencionais de tratamento de superfícies metálicas exigem operações de enxaguadura das peças durante as fases de desengraxe e fosfatização gerando grandes volume de efluentes contendo elevada concentração de íons metálicos. Os íons metálicos normalmente presentes em tais efluentes aquosos são descartados na forma de hidróxidos precipitados que devem ser removidos do processo e adequadamente dispostos do ponto de vista ambiental. Isto implica, necessariamente, na construção de sistemas de tratamento que possibilitem redução desse tipo de contaminantes de tal forma que a água tratada possa ser reutilizada ou descartada de uma forma segura.

De acordo com GUIDETTI & VERCESI (1997), a fosfatização orgânica, por empregar solventes e trabalhar em meio anidro, é uma tecnologia que não necessita do uso de água e, portanto, não há efluentes provenientes da enxaguadura das peças metálicas, transbordamento ou respingos. Por outro lado, a fosfatização orgânica é igualmente livre da formação de borras, pois durante a reação de fosfatização não são produzidas lamas. Tal característica pode ser explicada pela atuação do polímero que faz parte da cobertura de “polifosfatos orgânicos” e que tem, por objetivo, absorver os contaminantes de óleo e graxa. Estes contaminantes podem combinar-se tornando-se parte do polímero que se forma no estágio do processo. A fosfatização orgânica opera com sistema de recuperação de baixo custo no qual os solventes utilizados no processo são recuperados para reutilização direta no processo. Isso implica na manutenção, em níveis reduzidos, da emissão de compostos orgânicos voláteis e dos custos operacionais.

As soluções fosfatizantes são formuladas com uma nova geração de solventes que se caracterizam por apresentarem baixa toxicidade e serem

aerodegradáveis na atmosfera. Assim sendo, não somente as emissões de compostos orgânicos voláteis são mantidas extremamente baixas, mas a sua liberação na atmosfera é segura pois sua degradação fotoquímica é razoavelmente rápida. Com a utilização desses novos solventes, acetatos e poliéteres, também não é esperada a formação de compostos orgânicos voláteis perigosos (CFC e HHC), que não se degradam facilmente e são, reconhecidamente, depresores da camada de ozônio.

3.12 CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS SOBRE O PROCESSO DE PRÉ-TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES METÁLICAS

Uma das etapas mais importantes da indústria de tratamento de superfícies metálicas é a limpeza das peças ou chapas antes das operações de pintura. Quando componentes metálicos, ferrosos ou não-ferrosos, chegam ao final do ciclo de produção, é inevitável que estejam cobertos por uma quantidade considerável de contaminantes. Os contaminantes podem ser classificados em orgânicos (óleos protetivos) e inorgânicos (pós metálicos provenientes de operações de corte).

Como consequência, antes do processo de pintura, qualquer superfície metálica precisa ser submetida a operações de pré-tratamento. De um ponto de vista histórico, pode-se dizer que após o processo de tratamento de superfícies metálicas, utilizando uma simples eliminação física de contaminantes, seguiram-se processos com e sem conversão da superfície metálica.

A denominação, sem conversão da superfície metálica, deve-se ao fato de que estes processos apenas eliminam os contaminantes oleosos sem, no entanto, produzir qualquer alteração na estrutura da superfície metálica. Os processos sem conversão da superfície metálica podem ser assim classificados:

Desengraxe Alcalino: eliminação de contaminantes oleosos por reações de saponificação ou reações de emulsificação/saponificação;

Desengraxe Alcalino a Frio: eliminação de contaminantes oleosos pela dissolução em solventes orgânicos;

Desengraxe com vapor de solvente: eliminação de contaminantes oleosos pela exposição da superfície metálica em câmaras saturadas de solventes orgânicos vaporizados;

Por sua vez, processos com conversão da superfície metálica, utilizando produtos químicos que, simultaneamente, eliminam os contaminantes oleosos e alteram a estrutura da superfície metálica, podem ser classificados em:

Fosfatização com solvente a quente: promove a eliminação dos contaminantes oleosos com vapor de solventes alterando a estrutura da superfície metálica através de um ataque ácido, após imersão da peça em solvente aquecido;

Fosfatização Inorgânica: promove a eliminação de contaminantes oleosos alterando a estrutura da superfície metálica pela deposição de sais inorgânicos;

Fosfatização Orgânica: promove a eliminação de contaminantes oleosos alterando a estrutura da superfície metálica pela deposição de fosfatos orgânicos sobre a superfície. Esse processo pode ser dividido em multi-estágio (requer a remoção prévia de contaminantes) ou mono-estágio (não requer a remoção prévia de contaminantes).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Apresenta-se, a seguir, uma breve descrição sobre a indústria GE Dako S.A. e o processo de fabricação de fogões, objeto de estudo do presente trabalho, possibilitando uma melhor compreensão da importância da empresa e dos processos de tratamento de superfície por ela empregados.

4.1 A INDÚSTRIA GE DAKO E O PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FOGÕES – ESTUDO DE CASO

Fundada em 16.11.1935, em São Paulo a, então denominada, “Sociedade Dako do Brasil”, transferiu as suas atividades para a cidade de Campinas no ano de 1947. Atualmente, a GE Dako S.A. encontra-se instalada no Distrito Industrial de Campinas, em uma área de aproximadamente 100.000 m², onde mantém como atividade principal a produção, comercialização e distribuição de fogões domésticos e industriais.

As principais matérias primas empregadas na produção de fogões são o aço carbono em bobinas de 12 toneladas, o aço inox e o alumínio. As primeiras operações a que são submetidas as chapas, particularmente, as chapas de aço e alumínio são as operações de corte e estampagem. Na fase de corte ou transformação, no início do processo, as bobinas de aço são desenroladas, endireitadas, cortadas em chapas e separadas em fardos de 2,5 toneladas. Posteriormente, na unidade de estamparia leve e pesada, empregando prensas de até 400 toneladas, as chapas são moldadas nas diferentes peças que irão compor o fogão. Na fabricação de fogões também são empregados vidros, peças plásticas, fios de cobre, velas de ignição, etc. Contando com um efetivo de, aproximadamente 1.500 funcionários, e com uma capacidade de produção mensal de, aproximadamente 250.000 unidades, a empresa chega a consumir 1.900.000 kW de energia, 220.000 litros de óleo

BPF e 15.000 m³ de água por mês. A FIGURA 5 apresenta um fluxograma resumido do processo de produção. As peças de aço inox e alumínio originadas na área de corte e estamparia seguem para o estoque intermediário, até serem exigidas na etapa de montagem. A fosfatização é a primeira fase do tratamento de superfície das peças que serão submetidas ao processo de pintura. Segue-se, então, a operação de secagem e de resfriamento. Com a superfície adequadamente preparada, as peças são encaminhadas para a pintura a pó eletrostática. Na sequência, as peças podem seguir tanto para a estocagem intermediária quanto para o setor de serigrafia. Na serigrafia as peças, que irão compor o painel frontal do fogão, recebem o acabamento final com a gravação de motivos decorativos.

A parcela de peças submetidas ao processo de decapagem por imersão são, posteriormente, enviadas para a unidade de esmaltação. Uma vez esmaltadas as peças são, igualmente, enviadas para estocagem intermediária. O conjunto de peças acabadas é distribuído ao longo de seis linhas de montagem, operando continuamente. Os fogões uma vez montados, e após serem submetidos ao controle de qualidade, são embalados e enviados para a expedição.

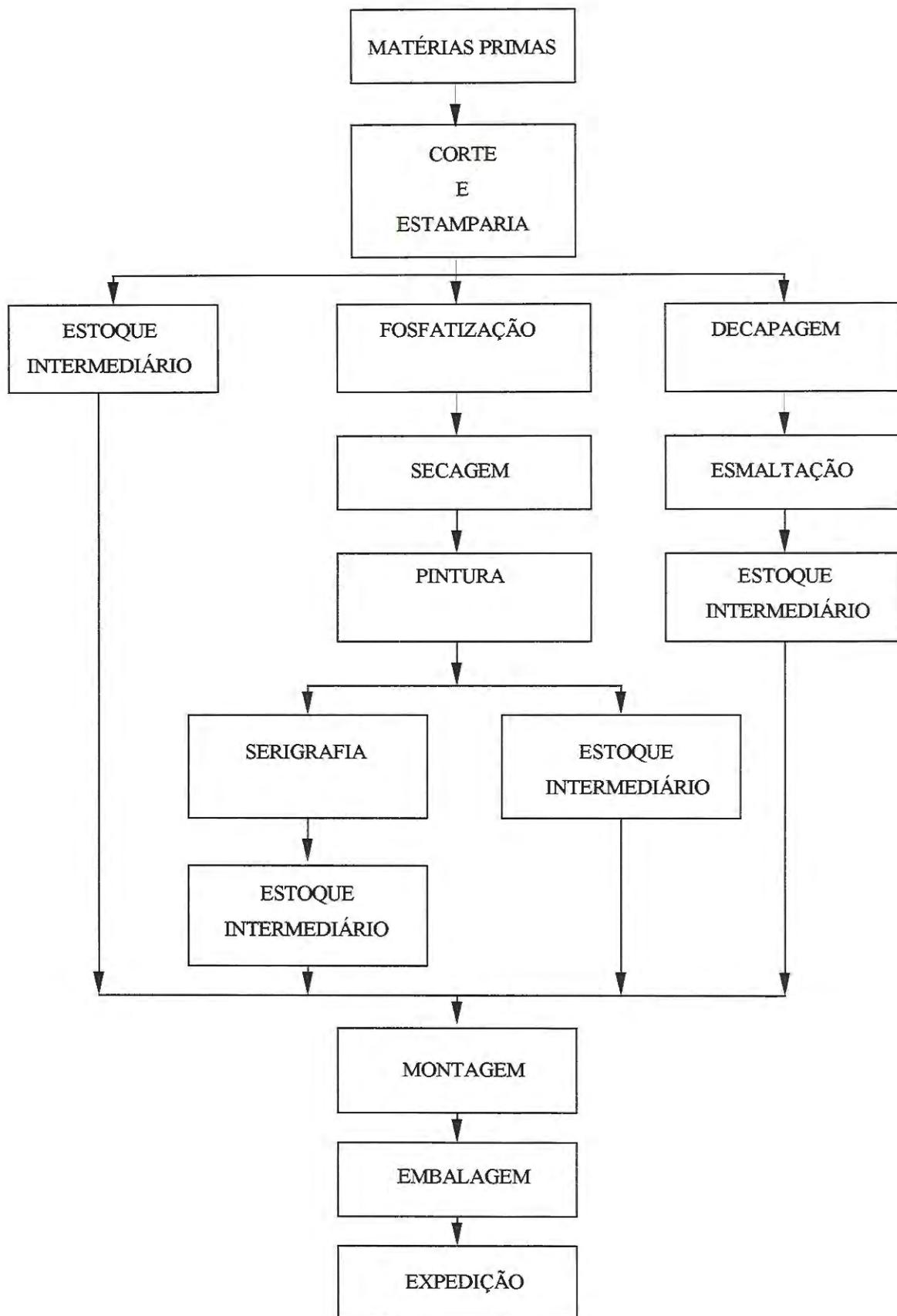


FIGURA 5 – Fluxograma do processo de fabricação de fogões

4.2 DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES METÁLICAS

O processo de tratamento mais adequado para o preparo das peças ou chapas depende da função desempenhada por elas ou da localização das mesmas na estrutura do fogão. De modo geral, as chapas externas do fogão são submetidas ao processo de fosfatização e, posteriormente, recebem acabamento final com aplicação de tinta pó, na cabine de pintura eletrostática. As peças utilizadas na montagem do forno, mesa, queimadores, etc, e que são submetidas a temperaturas elevadas, são tratadas pelo processo de decapagem ácida. Essas peças recebem acabamento final com a aplicação de esmalte que é realizada na unidade de esmaltação. Toda e qualquer peça que apresentar sinal de oxidação é encaminhadas para tratamento na unidade de decapagem ácida.

Apresenta-se, na sequência, uma descrição dos processos utilizados pela GE Dako para o tratamento de superfícies metálicas. A grande maioria das chapas e peças metálicas empregadas na montagem dos fogões são submetidas a processos prévios de tratamento de superfície dentro da própria empresa.

4.2.1 FOSFATIZAÇÃO

Empregando diversos processos destinados à preparação das peças metálicas para uma operação posterior de acabamento (pintura, aplicação de película anti-ferrugem, deformação, etc.), o processo de fosfatização, apresenta as etapas a seguir relacionadas:

Desengraxe: É utilizada uma solução alcalina – desengraxante, com o objetivo de obter uma superfície limpa e isenta de contaminantes, essencial para a obtenção de uma camada de fosfato de boa qualidade. Na composição

do desengraxante temos hidróxido de sódio, carbonato de sódio, silicato de sódio, fosfato de sódio e tensoativo não iônico. O tensoativo não iônico tem a função de emulsionar os óleos presentes na superfície metálica. Os tipos de contaminação normalmente observados sobre as superfícies metálicas são de natureza oleosa - semi-sólida ou sólida.

A contaminação semi-sólida é provocada pela presença de vaselina sólida, graxas e ceras de origem vegetal e animal, e compostos de estampagem parcialmente secos.

A contaminação sólida, por sua vez, é constituída por resíduos de massas de polimento, compostos de estampagem e lubrificação quando completamente secos, resíduos oleosos parcialmente decompostos ou carbonizados, fuligem de decapagem, etc. A contaminação oleosa inclui os óleos minerais de natureza e consistência variadas, os óleos vegetais, as emulsões de óleos em água, os óleos anti-ferrugem, etc.

Enxaguadura com água: São operações muito importantes levadas a efeito durante o processo de fosfatização com o objetivo de prevenir arraste de contaminantes para os estágios subsequentes. As enxaguaduras, quando realizadas de maneira inadequada, levam à formação de camadas de fosfato irregulares e contaminação dos banhos com conseqüente geração de lama em excesso;

Condicionadores de camada: São utilizadas soluções a base de carbonato de sódio, fosfato de sódio e fosfato de titânio com o objetivo de promover o refino da estrutura cristalina das camadas de fosfato de zinco e manganês, respectivamente, formando núcleos que darão origem aos cristais de fosfato;

Fosfatização: Processo pelo qual a peça a ser tratada é recoberta por uma camada policristalina de fosfatos metálicos insolúveis, firmemente aderidos à

base metálica, aumentando a resistência à corrosão. O banho fosfatizante é formado por uma mistura de sais – nitratos, cloratos, pentóxido de fósforo e íons metálicos – zinco, manganês e níquel;

Aceleração: Os sais presentes no banho fosfatizante (nitritos, nitratos, cloratos) tem a finalidade de acelerar a formação dos cristais de fosfato sobre a superfície metálica de modo a:

- i. promover a despolarização da superfície metálica, com a remoção da camada de hidrogênio presente que impede o contato íntimo e uniforme da solução com o metal;
- ii. oxidar os íons ferrosos a íons férricos prevenindo a formação de hidróxidos de ferro que ocasionam a perda de aderência do revestimento;

Passivação: Utilização de soluções aquosas diluídas a base de ácido tânico com o objetivo de proteger as minúsculas superfícies do metal expostas ao ar em virtude da porosidade da camada dos cristais de fosfato;

Enxaguadura final: Utilização de água deionizada para a eliminação de resíduos solúveis em água.

A FIGURA 6 apresenta uma vista parcial da unidade de fosfatização onde se observa o filtro rotativo utilizado para separação da lama de fosfato formada e recirculação do banho de fosfato. A FIGURA 7 mostra, no detalhe, o reservatório utilizado para armazenamento do banho fosfatizante.

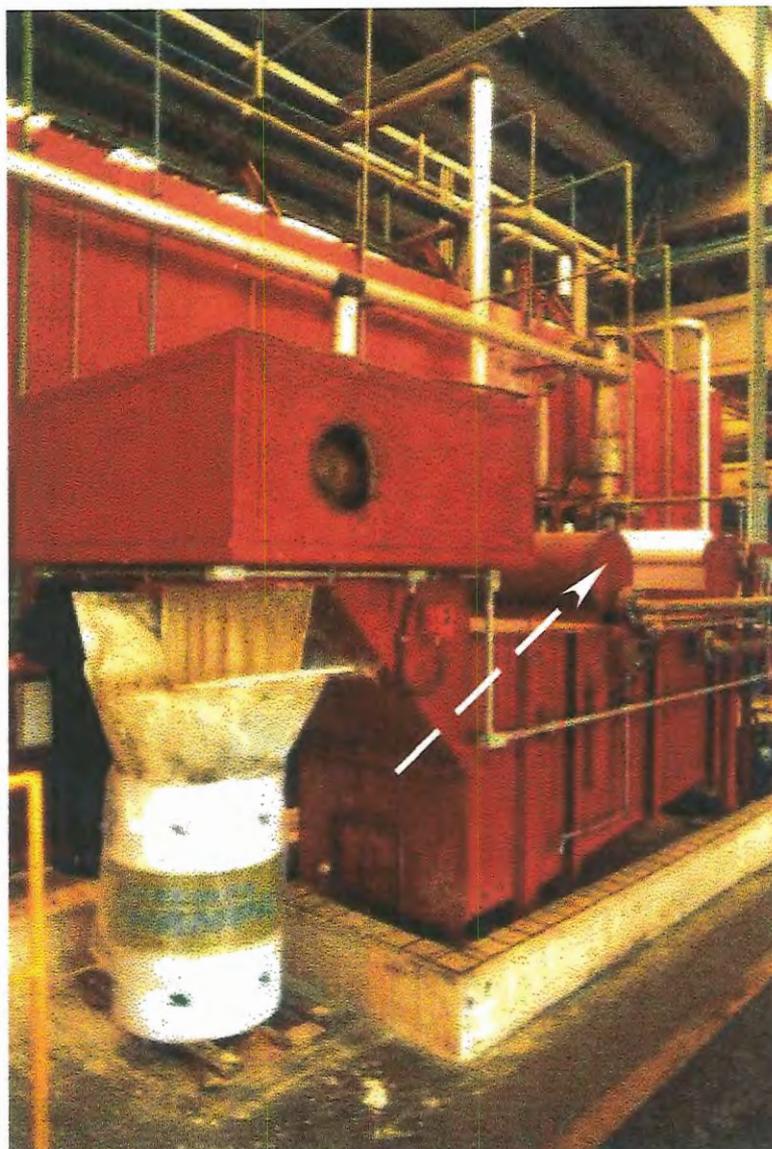


FIGURA 6 – Vista parcial da unidade de fosfatização (detalhe do filtro rotativo)



FIGURA 7 – Reservatório para armazenamento do banho fosfato na unidade de fosfatização

4.2.2 PINTURA ELETROSTÁTICA A PÓ

Após o tratamento prévio, com aplicação da camada de fosfato policristalino, as peças e chapas metálicas são enviadas para a cabine de pintura eletrostática. O processo consiste no recobrimento da superfície metálica com tinta em pó utilizando tensão eletrostática de 60 a 100 KV e baixa amperagem. A tinta em pó é formada por uma mistura de resina epóxi, resina de poliéster e pigmentos orgânicos. A aderência da tinta em pó na superfície metálica ocorre devido a diferença de potencial elétrico existente entre a cabine de pintura e o conjunto de pistolas, com o sistema transportador e as gancheiras utilizadas para movimentação das peças e chapas metálicas. A FIGURA 8 apresenta uma vista parcial da cabine de pintura eletrostática a pó. Após a passagem pela cabine de pintura o processo de cura da tinta em pó ocorre na estufa de secagem em temperatura de 250°C.

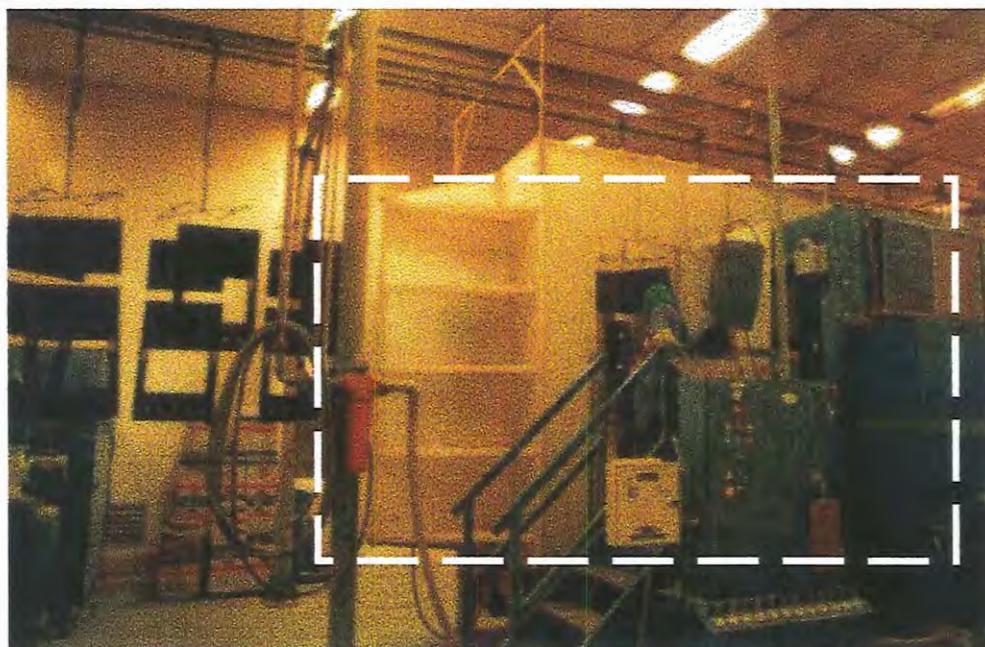


FIGURA 8 – Vista parcial da cabine de pintura eletrostática a pó

4.2.3 DECAPAGEM ÁCIDA

A decapagem ácida de superfícies metálicas é o processo de remoção de óxidos de ferro e outros produtos de corrosão, por meio de agentes químicos de natureza ácida. Na GE Dako são utilizadas soluções diluídas de ácido sulfúrico. As etapas que compõem o processo de decapagem ácida, têm como finalidade:

Desengraxe alcalino: empregando soluções contendo hidróxido de sódio, carbonato, silicato e fosfato de sódio e tensoativos o processo promove a eliminação das impurezas, óleos protetivos, graxas e pastas de estampagem. Os agentes tensoativos emulsionam as impurezas que impedem uma perfeita deposição do pigmento durante a etapa seguinte de esmaltação. Semelhante ao processo de fosfatização, na decapagem ácida o desengraxante tem por objetivo impedir a contaminação dos banhos subsequentes e a redução da vida útil dos mesmos o que ocasionaria a geração de efluentes líquidos em excesso e aumento dos custos;

Banhos ácidos: são soluções diluídas de ácido sulfúrico com 7% de concentração utilizadas com a finalidade de eliminar os óxidos metálicos eventualmente presentes e permitir um adequado recobrimento da superfície metálica durante o processo de esmaltação;

Enxaguadura com água: o uso de banhos de água aquecida e à frio têm como finalidade eliminar as impurezas presentes na superfície das peças seja por um processo de solubilização ou de arraste mecânico, prevenindo interferências na etapa seguinte de esmaltação;

Neutralização: com o uso de uma solução diluída de carbonato de sódio, objetiva-se a neutralização de resíduos dos banhos ácidos eventualmente presentes após as lavagens com água;



Secagem: por meio de uma simples insuflação de ar aquecido sobre as peças metálicas objetiva-se eliminar a água, minimizando o efeito de processos corrosivos que poderiam ocorrer após o processo de decapagem, durante o período intermediário de estocagem que antecede a fase final de esmaltação.

A FIGURA 9 apresenta uma vista parcial do processo de decapagem ácida mostrando, no detalhe, a movimentação do cesto contendo as peças metálicas, logo após a secagem com ar quente.



FIGURA 9 – Vista parcial da unidade de decapagem ácida (elevação do cesto após a secagem com ar quente)

4.2.4 ESMALTAÇÃO

O processo de esmaltação consiste na aplicação de um esmalte, base água, sobre uma superfície metálica. Na formulação do esmalte são empregados, basicamente, diversos óxidos metálicos, pigmentos inorgânicos, caulim, alumina calcinada, bórax pentaidratado, bentonita, quartzo, sílica, e água.

A aplicação do esmalte é realizada a frio, através de pistolas de ar comprimido, em cabines de pintura manual e automática. No processo denominado cura e levado a efeito em um forno a temperaturas de até 850°C, o esmalte adquire as suas características finais de resistência e brilho. As peças e chapas metálicas submetidas ao processo de esmaltação são aquelas que estão sujeitas a variações de temperatura elevadas, ou seja, compõe as partes integrantes do forno.

4.3 RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO PROCESSO PRODUTIVO

O perfeito entendimento das diversas operações realizadas durante o processo produtivo, a identificação de todas as fontes de poluição existentes, bem como, o conhecimento e caracterização de todos os resíduos industriais gerados, é essencial para o sucesso de todo e qualquer programa de gerenciamento ambiental. O diagnóstico de todos os resíduos industriais gerados, com informações o mais detalhadas quanto possível, é um instrumento essencial para que sejam tomadas as medidas técnicas mais adequadas visando o correto tratamento e disposição final dos resíduos. Assim sendo, apresenta-se a seguir, as fontes de poluição identificadas para cada um dos processos de tratamento de superfície analisados.

4.3.1 RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSO DE FOSFATIZAÇÃO

Os efluentes líquidos gerados no processo de fosfatização provêm do descarte dos banhos de desengraxe alcalino, da enxaguadura das peças com água industrial do descarte do banho passivador e dos efluentes dos bicos pulverizadores utilizados na aplicação dos banhos de refinação e fosfatização.

Os principais contaminantes, normalmente encontrados em amostras de efluente industrial gerado no processo de fosfatização são constituídos, basicamente, por íons metálicos. Uma vez que a legislação ambiental restringe o lançamento desses íons nos cursos d'água, estes contaminantes deverão ter sua concentração reduzida a níveis iguais ou inferiores àqueles previstos pelos padrões de emissão em corpos receptores.

4.3.2 RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSO DE PINTURA ELETROSTÁTICA A PÓ

Durante o processo de pintura eletrostática a pó os resíduos sólidos gerados são constituídos basicamente por resíduos de tinta em pó, filtros de papel e material particulado proveniente da emissão atmosférica das tintas em pó utilizadas na cabine de pintura. Este último é constituído por pigmentos orgânicos com granulometria fora do limite especificado ou resultantes da limpeza das cabines, quando da mudança dos padrões de cor.

4.3.3 RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSO DE DECAPAGEM ÁCIDA

No processo de decapagem ácida das chapas e peças metálicas os efluentes líquidos gerados são provenientes do descarte de banhos exauridos ou contaminados com óleos protetivos, graxas, metais, tensoativos, fenóis.

Os resíduos sólidos decorrentes do processo de decapagem ácida, e aqui denominados de Lama de ETE, são gerados na Estação de Tratamento de Efluentes - ETE. Os contaminantes presentes nessa lama, borras de óleo, metais, fenóis, tensoativos, etc, são o resultado da mistura dos efluentes dos processos de decapagem ácida e fosfatização. A mistura desses efluentes ocorre no tanque de equalização da ETE onde, através de agitação mecânica e adição de soda cáustica líquida a 50%, se processa a reação de precipitação dos metais presentes. A máxima eficiência do processo de coagulação ocorre em pH na faixa entre 9,0 e 10,0. A FIGURA 10 apresenta uma vista parcial da estação de tratamento de efluentes líquidos industriais mostrando os tanques de equalização utilizados para a recepção e tratamento dos efluentes industriais.



FIGURA 10 – Vista parcial da antiga estação de tratamento de efluentes líquidos – ETE (detalhe dos tanques de equalização)

As emissões atmosféricas provenientes do processo de decapagem ácida são geradas durante o tratamento das chapas metálicas que ocorre nos tanques de ácido sulfúrico diluído a 7%. Essas emissões são formadas pelos vapores ácidos e material particulado que, antes de serem lançados na atmosfera, são enviados para um lavador de gases. Na FIGURA 11 é possível observar o equipamento onde se realiza a lavagem em contra-corrente dos vapores ácidos provenientes do processo de decapagem ácida.

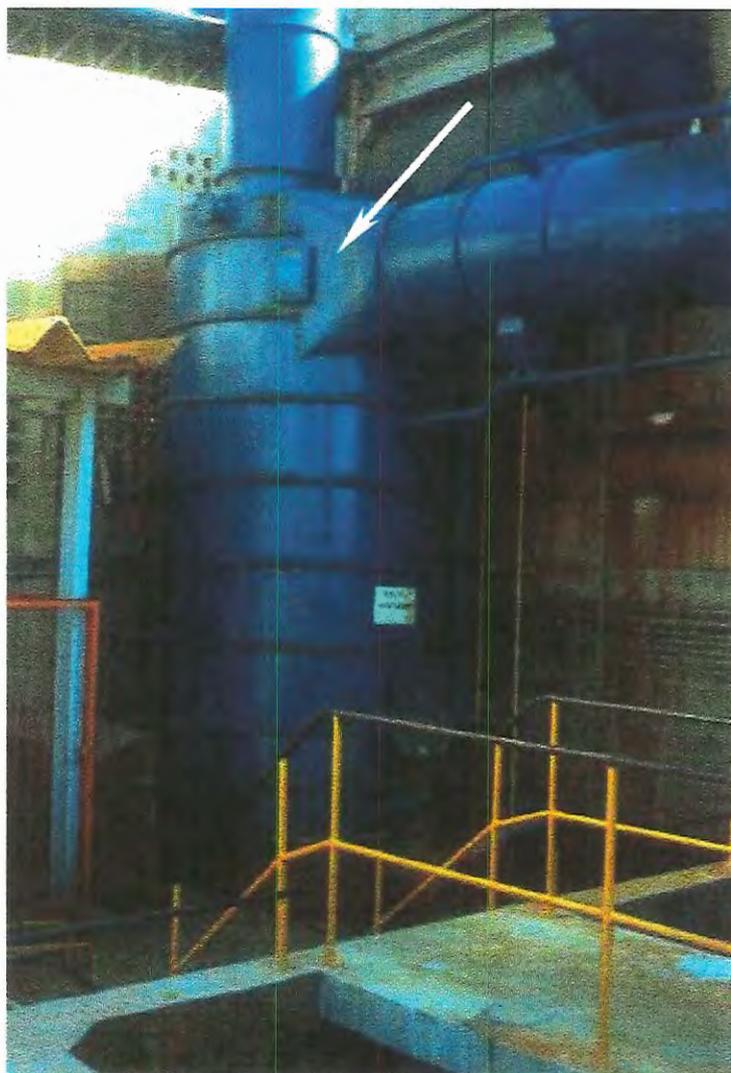


FIGURA 11 – Vista frontal do lavador de gases

4.3.4 RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSO DE ESMALTAÇÃO

Os efluentes líquidos gerados durante o processo de esmaltação são provenientes das operações de lavagem de pisos, canaletas, poços de inspeção, da lavagem de equipamentos (moinhos, cabines de pintura, bombas diafragma, etc) e da lavagem de peças que apresentem falhas no recobrimento da camada de esmalte. Após o tratamento para recuperação do esmalte os efluentes gerados no processo de esmaltação retornam ao processo de pintura onde são, novamente, utilizados no preparo de esmalte e nas operações de lavagem de pisos, equipamentos e enxaguadura de peças. A FIGURA 12 apresenta uma vista geral do sistema de sedimentação utilizado anteriormente para o tratamento dos efluentes industriais gerados no processo de esmaltação. Após a sedimentação do esmalte, os efluentes industriais eram lançados na rede coletora de esgoto municipal.



FIGURA 12 – Vista geral do sistema utilizado anteriormente para o tratamento dos efluentes líquidos da unidade de esmaltação

Os resíduos sólidos gerados, como resultado do acúmulo de esmalte nas cabines de pintura, nas canaletas de contenção, nas operações de limpeza e manutenção do conjunto de pistolas utilizadas, tanto no processo manual como automático de aplicação do esmalte, eram parcialmente reciclados. Este esmalte reciclado, mais propriamente denominado de “massa”, é recolhido manualmente, e reutilizado no processo de preparo do fundente empregado na pintura das peças que compõe a parte interna dos fogões.

As emissões atmosféricas são formadas por material particulado proveniente da exaustão de ar das cabines de pintura eletrostática e manual. O processo adotado para o tratamento das emissões atmosféricas consiste na passagem do ar através de reservatórios contendo água que é periodicamente drenada, possibilitando a desconcentração do banho e, conseqüentemente, a recuperação do excesso de esmalte.

4.4 FONTES DE ABASTECIMENTO ÁGUA UTILIZADAS PELA EMPRESA

Conforme citado anteriormente, no processo de tratamento de superfícies metálicas são utilizadas grandes quantidades de água, tanto no preparo de soluções, quanto na enxaguadura de peças. Afim de atender as suas necessidades básicas quanto ao fornecimento de água a empresa faz uso de três fontes básicas – uma lagoa artificial, um poço profundo e água proveniente do sistema municipal de abastecimento. Como suprimento de água industrial para o processo produtivo a empresa utilizava água proveniente das três fontes citadas. A água obtida do sistema municipal e do poço profundo era utilizada diretamente no processo industrial sem tratamento adicional. Já a água captada da lagoa artificial era submetida a um processo de tratamento convencional em uma Estação de Tratamento de Água Compacta. Nas

FIGURAS 13 e 14 podem ser observadas vistas parciais da lagoa artificial e da estação compacta de tratamento de água industrial.

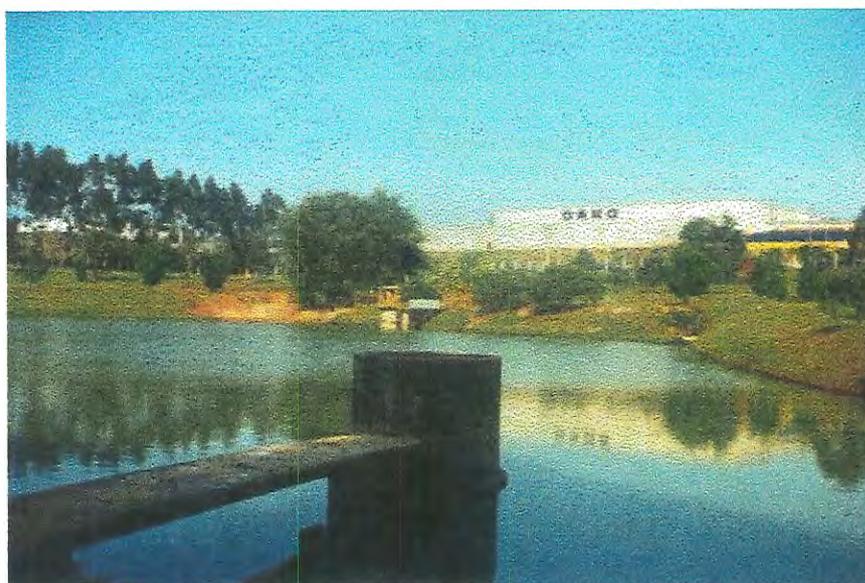


FIGURA 13 – Vista parcial da lagoa artificial da empresa

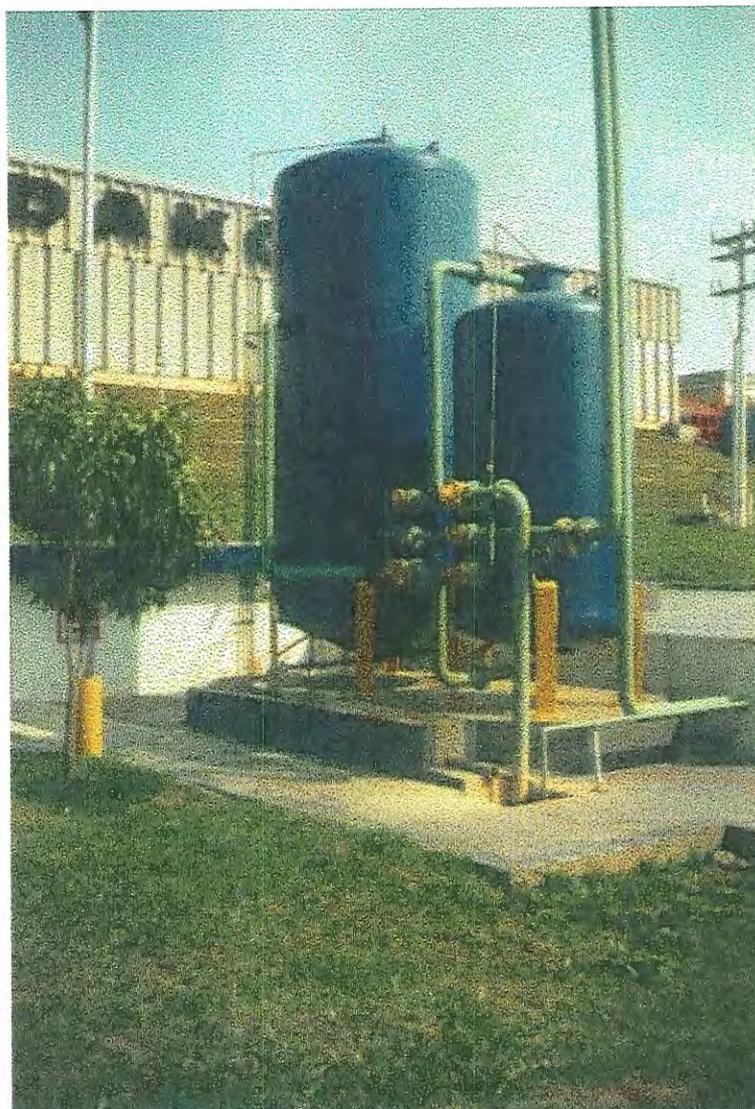


FIGURA 14 – Vista parcial da estação compacta de tratamento de água industrial

A FIGURA 15 mostra o fluxograma com a antiga configuração do sistema de captação, tratamento e distribuição de água. Conforme pode ser observado nesse fluxograma, os sistemas de água potável e industrial encontravam-se, anteriormente interligados, de modo que, quando da ocorrência de eventual falha em qualquer uma das fontes de abastecimento de água industrial, era possível, com o simples acionamento de um comando de válvulas, suprir a deficiência de água. No entanto, quando do comprometimento do fornecimento de água potável pelo sistema de abastecimento municipal, apenas a água proveniente do poço profundo, após desinfecção com hipoclorito de sódio, era utilizada para suprir o refeitório, lavatórios e bebedouros.

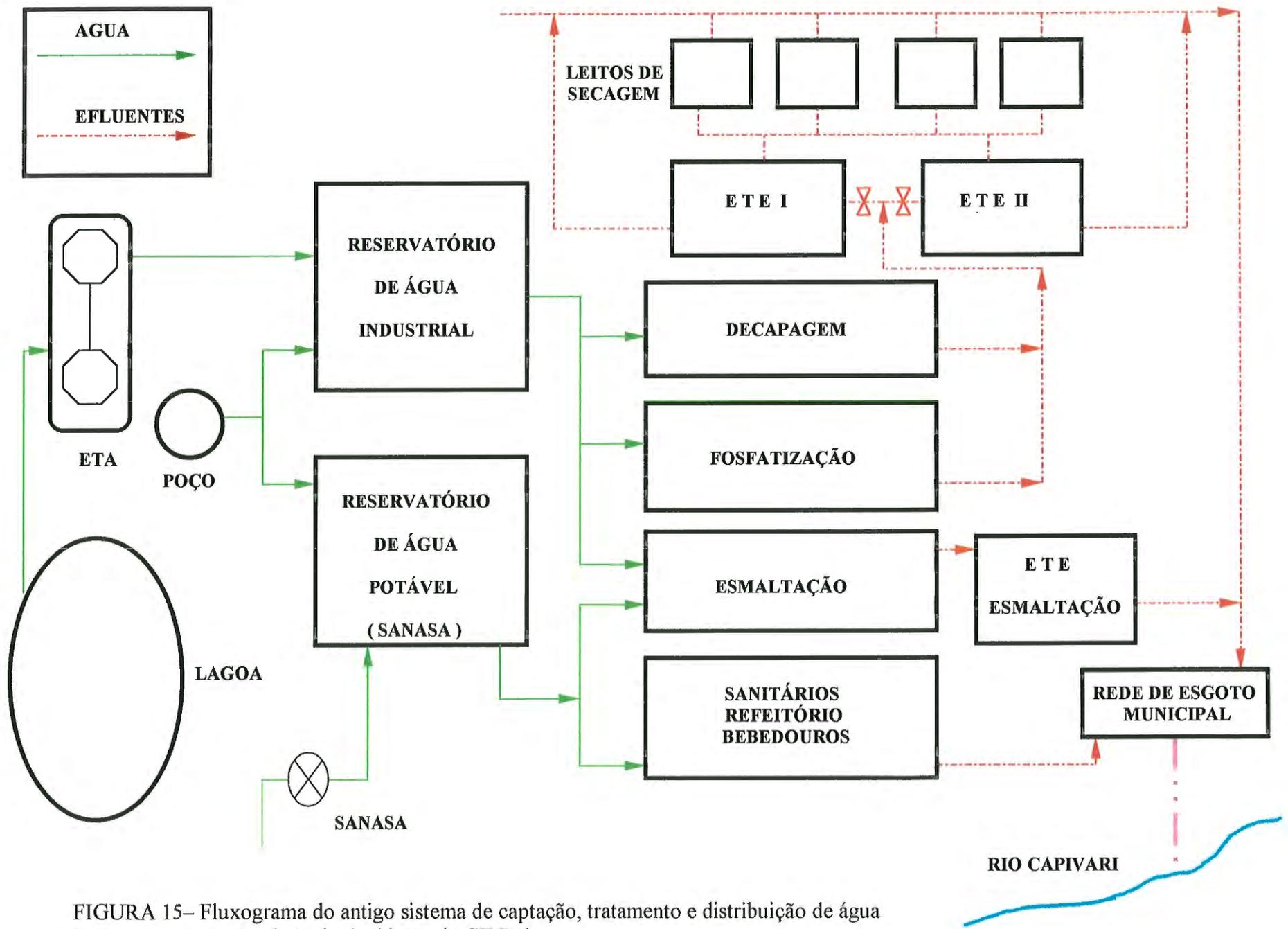


FIGURA 15- Fluxograma do antigo sistema de captação, tratamento e distribuição de água
 Fonte: Departamento de Meio Ambiente da GE Dako

4.5 ESTRATÉGIA DE IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL

Para o levantamento dos diversos aspectos ambientais e impactos ambientais existentes, relacionados com os processos de tratamento de superfícies metálicas da empresa, bem como a identificação de todos os resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas gerados, tornou-se necessário o conhecimento de todas as fases integrantes do processo produtivo. Da mesma forma, a elaboração de procedimentos visando o gerenciamento ambiental do processo envolveu, necessariamente, o levantamento de informações detalhadas quanto às operações realizadas nas diferentes fases que o compõe. Na elaboração do diagnóstico ambiental da empresa, a consulta a todas as áreas produtivas com a participação de toda a equipe técnica envolvida, com o objetivo de identificar todo e qualquer aspecto ambiental que, direta ou indiretamente, pudesse causar impactos ao meio ambiente, foi extremamente importante para o sucesso do programa.

Assim sendo, a fase de coleta de dados foi caracterizada pela realização da sequência de atividades, a seguir relacionadas, que possibilitaram a obtenção das informações necessárias para o desenvolvimento do presente trabalho:

1. Visita às áreas produtivas afim de identificar as principais fontes de poluição, reconhecimento dos principais equipamentos, processos químicos utilizados, operações realizadas e coleta de informações mediante consulta e participação de toda a equipe técnica;
2. Avaliação do consumo de água industrial e água de abastecimento;
3. Elaboração de um inventário dos resíduos sólidos gerados;
4. Identificação de pontos de amostragem, parâmetros analíticos de interesse e as metodologias de análise adotadas;
5. Avaliação do programa de monitoramento analítico existente;

6. Coleta e análise de amostras de efluentes e classificação dos resíduos sólidos gerados;
7. Interpretação dos resultados obtidos para identificação da necessidade de mudança ou adequação de processos, eliminação ou substituição de produtos químicos, avaliação dos tipos de embalagens e formas de dosagem, seleção do tratamento e/ou disposição final adequados para cada classe de resíduo e elaboração de procedimentos de modo a minimizar ou eliminar os impactos ambientais mais significativos.

A fase inicial do programa foi caracterizada pela coleta de informações e do maior número de dados possíveis com o objetivo de facilitar a identificação dos aspectos ambientais existentes, fornecendo subsídios para a criação de um inventário de resíduos sólidos como base para a elaboração de um diagnóstico ambiental da empresa. Em todas as fases dos processos de tratamento de superfícies aqui apresentado foram analisados os aspectos ambientais relacionados com as emissões atmosféricas, geração de resíduos sólidos e geração de efluentes líquidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSO INDUSTRIAL

De posse das informações e dos dados obtidos durante a fase inicial do programa foi possível elaborar o inventário geral de resíduos apresentado na TABELA 6, bem como identificar os principais aspectos ambientais e impactos ambientais associados, resumidos nas TABELAS 7, 8 e 9 para os processos de fosfatização, decapagem ácida e esmaltação, respectivamente.

As TABELAS 6, 7, 8 e 9 contém informações importantes do “passivo ambiental da empresa”. Estas informações, analisadas e interpretadas com o objetivo de integrar o processo produtivo a um controle ambiental eficaz, possibilitaram a identificação dos principais objetivos e definição das metas a serem atingidas. Os aspectos ambientais e impactos ambientes relacionados com as emissões atmosféricas e de natureza ocupacional não constituem objeto de estudo do presente trabalho.

TABELA 6 - Inventário de resíduos gerados na empresa

| Resíduo | Fontes geradoras | Características | Quantidade | Classificação NBR 10004 | Estocagem intermediária | | Destino | Transportadora | |
|-------------------------------------|---|--|-------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|---|
| | | | | | Forma | Local | | Tratamento | Local |
| Sucata metálica | Transformação, Montagem, Man.mecânica e elétrica, Serralheria, Mec.autos, Carpintaria, Modelagem, LAP | Ferro, Aço | 8.400 ton/ano | II | Caçamba metálica | Área de sucata | Vendido | Própria destinatário | São Lourenço |
| Lama de fosfato | Pintura a pó | PO4,Zn,Ni,Mn,Pb,Cd | 36ton/ano | II | Tambores | Pátio DPA | Co-processado forno de cimento | King Transportes | Cia de cimentos Portland Cantagalo/Tecnosol |
| Lama de E.T.E. | Decapagem, Pintura à Pó | Hidróxidos metálicos, Sulfetos Carbonatos | 12ton/ano | II | Tambores | Pátio DPA | Co-processado forno de cimento | King Transportes | Cia de cimentos Portland Cantagalo/Tecnosol |
| Varrido | Geral | Varredura, Sacos, sanitários,Lixo comum | 2.400 m³ /mês | III | Caçambas metálicas | Pátio de lixo | Aterro sanitário | Vega Sopave | Aterro Sanitário Delta I Campinas |
| Lixo de jardim | Geral | Folhagens, galhos | ---- | III | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Restos de Alimentos | Restaurante | Restos de Alimentos | 200 Kg/dia | II | Sacos plásticos | caçambas | Aterro sanitário Delta I | Vega Sopave | Aterro Sanitário Delta I Campinas |
| Papelão, Papel, Plástico | Geral | Papelão, Papel, Plastico | 380 ton/ano | III | Caçamba Met. / Coleta Seletiva | Pátio de lixo | Vendido | Ind. Com. Sucata Barão | Ind. Com. Sucata Barão |
| Serragem | Carpintaria | Pó de Serra | --- | III | Sacos Plasticos | Carpintaria | Contenção de vazamentos | GE-DAKO | GE-DAKO |
| Embalagens Metálicas | Transformação | Latas de Tintas e Graxas | 80 embalagens/mês | II | Caçambas Metálicas | Ao lado da Pintura Industrial | Vendido | Ind. Com. Sucata Barão | Ind. Com. Sucata Barão |
| Serviços de Saúde | Ambulatório Médico | Seringas, Ataduras, Medicamentos, Esparadrapos | 0,36 ton/ano | I | Caixas Deskarpac | Ambulatório | Incineração | Transpolix | Silcon |
| Vidros Quebrados | Montagem, Recebimento | Vidros | 5 ton/ano | III | Caçambas metálicas | Ao lado das áreas | Reprocesso | SCHOTT | SCHOTT |
| Restos de madeira | Recebimento, Montagem, Carpintaria e D.P.A. | Palets, Embalagens Quebradas | 40 ton/ano | III | ---- | Pátio da fábrica | Vendido | Ind. Com. Sucata Barão | Ind. Com. Sucata Barão |
| Resíduo de limpeza de equipamento | Geral | Estopa com Graxa, Querosene, Tinta Óleo | --- | II | Tambores 200L | Pátio da fábrica | ----- | ----- | ----- |
| Lodo de E.T.A. | E.T.A. | Matéria orgânica, H ₂ O, Al ⁺³ | ---- | II | Decantador, Filtro Areia | ETA | Rede Pluvial | Rio Capivari | Rio Capivari |
| Resíduo sólido, Caixa de gordura | Restaurante | Óleos, Graxas, Restos de alimentos | ---- | II | Caixa de gordura | Restaurante | Aterro Sanitário Delta I | Limpadora Campineira | Aterro Sanitário Delta I Campinas |
| Óleo | Estamparia | óleo | 5 ton/ano | I | Tambores | Pátio DPA | Recuperação | HIDROJET | HIDROJET |
| Resíduo de óleo e Querosene | Manutenção Geral | Óleos e Querosene | 200 L/mes | I | Tambores | Na própria área | Recuperação | HIDROJET | HIDROJET |
| Lâmpadas de Mercúrio | Geral | Vapor Mercúrio, vidro, alumínio | ----- | ----- | Container metálico | Pátio DPA | Recuperação | Própria | APLIQUIM |
| Fibra Cerâmica (Isolamento térmico) | Montagem | Fibra cerâmica | ---- | III | Tambores | Pátio DPA | Reprocesso | Própria | CARBORUNDUM |

TABELA 7 – Aspectos e Impactos Ambientais do Processo de Fosfatização

| Aspecto Ambiental | Impacto Ambiental |
|---|--------------------------------|
| Geração de efluentes líquidos ácidos | Alteração da qualidade da água |
| Geração de efluentes líquidos alcalinos | Alteração da qualidade da água |
| Consumo de água | Esgotamento de recurso natural |
| Geração de efluentes líquidos – lavagem de pisos | Alteração da qualidade da água |
| Geração de resíduos sólidos – lama de fosfato | Alteração da qualidade do solo |
| Geração de resíduos sólidos – tinta a pó | Alteração da qualidade do solo |
| Geração de resíduos sólidos – gancheiras | Alteração da Qualidade do solo |
| Geração de emissões atmosféricas – MP | Alteração da Qualidade do ar |
| Geração de emissões atmosféricas – gases de combustão (empilhadeiras) | Alteração da qualidade do ar |
| Geração de lixo – papel, papelão, plástico, varredura | Alteração da qualidade do solo |
| Geração de resíduos sólidos – filtros de papel | Alteração da qualidade do solo |
| Geração de ruídos | Aspecto ocupacional |

TABELA 8 – Aspectos e Impactos Ambientais do Processo de Decapagem Ácida

| Aspecto Ambiental | Impacto Ambiental |
|---|--------------------------------|
| Geração de efluentes líquidos ácidos – banhos ácidos | Alteração da Qualidade da água |
| Geração de efluentes líquidos alcalinos – desengraxantes | Alteração da qualidade da água |
| Geração de efluentes líquidos – lavagem de pisos | Alteração da qualidade da água |
| Geração de resíduo sólido – óleo | Alteração da qualidade da água |
| Consumo de água | Esgotamento de recurso natural |
| Geração de emissões atmosféricas – MP, SOx | Alteração da qualidade do ar |
| Geração de emissões atmosféricas – gases de combustão (empilhadeiras) | Alteração da qualidade do ar |
| Geração de sucata metálica | Alteração da qualidade do solo |
| Geração de lixo – papel, papelão, plásticos, varredura | Alteração da qualidade do solo |
| Geração de ruído | Aspecto ocupacional |

TABELA 9 – Aspectos e Impactos Ambientais do Processo de Esmaltação

| Aspecto Ambiental | Impacto Ambiental |
|---|--------------------------------|
| Geração de efluentes alcalinos | Alteração da qualidade da água |
| Geração de efluentes líquidos da lavagem de pisos | Alteração da qualidade da água |
| Geração de efluentes líquidos contaminados com óleo, metais, detergente | Alteração da qualidade da água |
| Consumo de água | Esgotamento de recurso natural |
| Geração de emissões atmosféricas – MP | Alteração da qualidade do ar |
| Geração de emissões atmosféricas – gases de combustão (empilhadeiras) | Alteração da qualidade do ar |
| Geração de resíduos sólidos – esmalte | Alteração da qualidade do solo |
| Geração de sucata metálica | Alteração da qualidade do solo |
| Geração de lixo – papel, papelão, plástico, varredura | Alteração da qualidade do solo |
| Geração de ruídos | Aspecto ocupacional |

Na elaboração do trabalho aqui apresentado estabeleceu-se como prioridades a racionalização do consumo de água industrial e de água de abastecimento público e a redução da geração de resíduos sólidos industriais nos processos de fosfatização, decapagem ácida, e esmaltação.

5.1.1 DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSO DE FOSFATIZAÇÃO

Conforme citado anteriormente, a primeira fase do programa teve como objetivo a identificação de todas as operações levadas a efeito durante o processo de tratamento de superfícies. A FIGURA 16 mostra o fluxograma do processo de fosfatização, contendo todas as fases e a identificação de todas as fontes geradoras de efluentes líquidos e resíduos sólidos.

Os efluentes líquidos gerados provém do descarte de banhos de desengraxe alcalino – Tanque 1; da enxaguadura de peças com água industrial – Tanques 2, 5 e 7; do descarte do banho passivador – Tanque 6 e dos efluentes líquidos dos bicos pulverizadores utilizados na aplicação dos banhos do refinador e fosfatizador, Tanques 3 e 4 respectivamente.

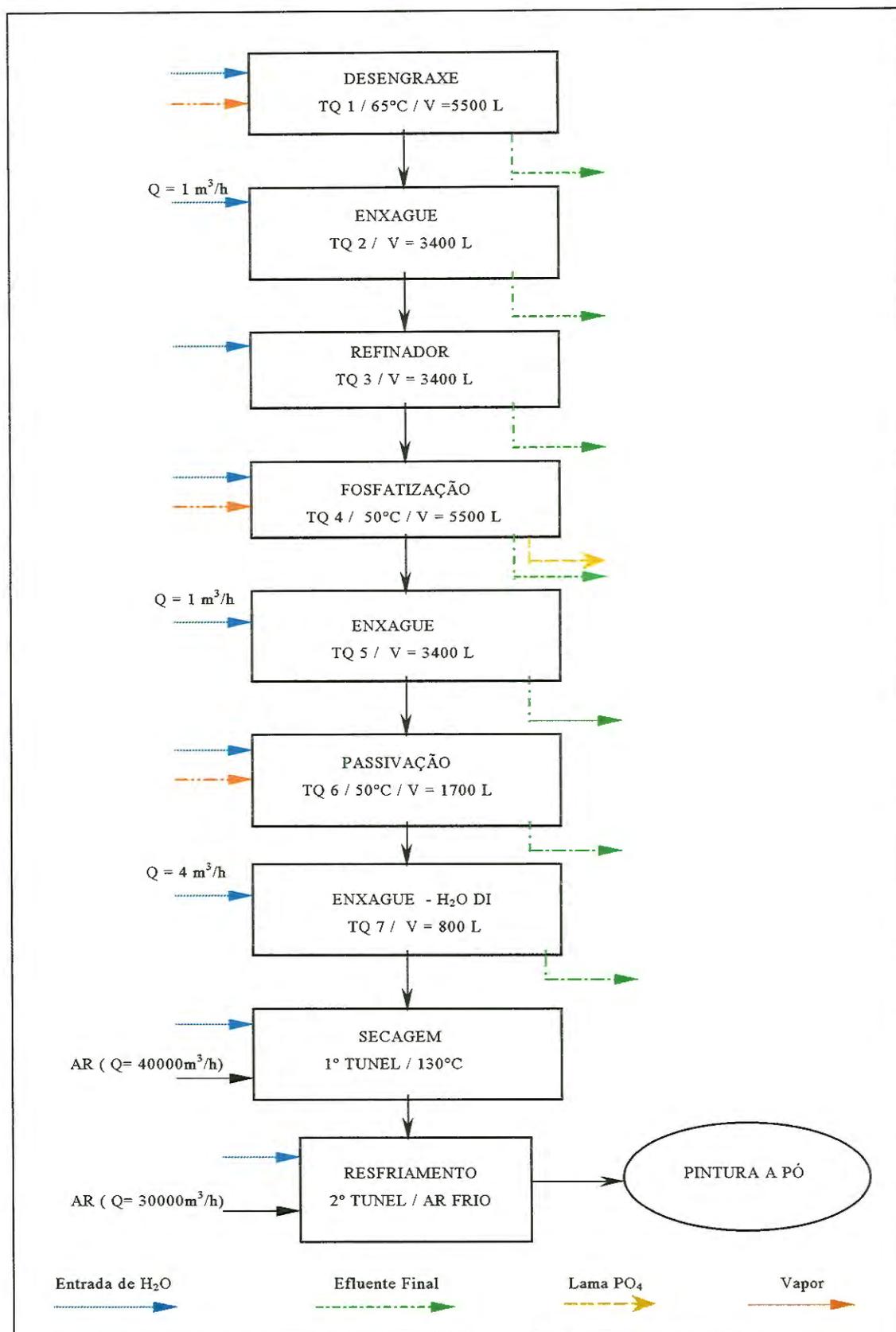


FIGURA 16 – Fluxograma do processo de fosfatização

Um programa de amostragem, com a coleta de diversas amostras de efluentes líquidos e resíduos sólidos, foi realizado com o objetivo de avaliar o potencial poluente de cada fonte geradora.

Na TABELA 10 estão relacionados os contaminantes encontrados em amostras de efluente líquido gerado no processo de fosfatização. Da análise dos dados apresentados, é possível verificar que os metais constituem os principais contaminantes deste tipo de efluente e deverão ter sua concentração reduzida a níveis compatíveis com a legislação ambiental antes do lançamento no corpo d'água receptor.

TABELA 10 – Composição típica dos efluentes líquidos gerados no processo de fosfatização

| Parâmetros | | Concentração (mg/l) | VMP (mg/l) |
|----------------|----------------------------------|------------------------|---------------|
| Ferro | Fe | 3,66 | 15,0 |
| Cádmio | Cd | < 0,05 | 0,2 |
| Cromo Total | Cr | < 0,05 | 5,0 |
| Chumbo | Pb | < 0,1 | 0,5 |
| Manganês | Mn | 1,25 * | 1,0 |
| Níquel | Ni | 1,41 | 2,0 |
| Zinco | Zn | 7,93 * | 5,0 |
| Óleos e graxas | OG | 43,0 | 100 |
| Fenol | C ₆ H ₅ OH | < 0,1 | 0,5 |
| Bário | Ba | < 0,5 | 5,0 |

VMP = valor máximo permitido para o lançamento de efluentes industriais em Rio Classe II – Decreto 8678/76, art. 18. / * valores fora dos limites

A lama de fosfato acumulada no sistema foi analisada segundo a norma NBR 10004 - Classificação de Resíduos Sólidos, e caracterizada como resíduo Classe II de acordo com os dados constantes da TABELA 11. Da mesma forma, é possível verificar os elevados níveis de contaminação relativos aos metais presentes na composição da lama de fosfato, principalmente manganês e zinco. Esses dois metais, mais o níquel, estão contidos no banho fosfatizante tri-catiônico, também denominado de banho policristalino.

TABELA 11 – Caracterização da lama de fosfato

| Parâmetros | Unidade | Solubilizado | Lixiviado | Massa Bruta | | | |
|--------------|----------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|
| | mg/l | Resultado | VMP Mg/l | Resultado | VMP mg/l | Resultado mg/kg | VMP mg/kg |
| Óleos Graxas | OG | --- | --- | --- | --- | 0,21 % | 5,0 % |
| Alumínio | Al | 2,7 * | 0,2 | --- | --- | --- | --- |
| Arsênio | As | < 0,05 | 0,05 | < 0,5 | 5,0 | < 0,5 | 1000 |
| Bário | Ba | < 0,1 | 1,0 | < 0,1 | 100,0 | --- | --- |
| Cádmio | Cd | < 0,005 | 0,005 | < 0,02 | 0,5 | --- | --- |
| Chumbo | Pb | < 0,05 | 0,05 | < 0,05 | 5,0 | 60 | 1000 |
| Cobre | Cu | < 0,02 | 1,0 | --- | --- | --- | --- |
| Cromo Total | Cr | < 0,02 | 0,05 | < 0,02 | 5,0 | --- | --- |
| Cromo Hex. | Cr | --- | --- | --- | --- | < 0,1 | 100 |
| Manganês | Mn | 340,0 * | 0,1 | --- | --- | --- | --- |
| Mercúrio | Hg | < 0,001 | 0,001 | < 0,001 | 0,1 | < 0,1 | 100 |
| Prata | Ag | < 0,01 | 0,05 | < 0,01 | 5,0 | --- | --- |
| Selênio | Se | < 0,01 | 0,01 | < 0,05 | 1,0 | < 1,0 | 100 |
| Sódio | Na | 930,0 * | 200,0 | --- | --- | --- | --- |
| Zinco | Zn | 1720,0 * | 5,0 | --- | --- | --- | --- |
| Ferro | Fe | 0,7 * | 0,3 | --- | --- | --- | --- |
| Cianetos | CN | < 0,001 | 0,1 | --- | --- | < 0,1 | 1000 |
| Cloretos | Cl | 10,0 | 250,0 | --- | --- | --- | --- |
| Dureza | CaCO ₃ | 162,1 | 500,0 | --- | --- | --- | --- |
| Fenóis | C ₆ H ₅ OH | 0,018 * | 0,001 | --- | --- | 0,28 | 10 |
| Fluoretos | F | 16,0 * | 1,5 | 15,4 | 150,0 | --- | --- |
| Nitratos | NO ₃ | 334,0 * | 10,0 | --- | --- | --- | --- |
| Sulfatos | SO ₄ | < 5,0 | 400,0 | --- | --- | --- | --- |
| Surfactantes | LAS | 0,66 * | 0,2 | --- | --- | --- | --- |

VMP = valores máximos permitidos para enquadramento do resíduo no padrão Classe III – Inerte / * valores fora dos limites

5.1.2 DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSO DE DECAPAGEM ÁCIDA

A FIGURA 17 mostra o fluxograma com as diferentes fases que compõe o processo de decapagem ácida. O processo ilustrado na FIGURA 17 tem por objetivo a remoção de óleos protetivos e da pasta de estampagem utilizada no preparo das chapas para posterior deformação das peças. A movimentação dos cestos contendo as peças metálicas ocorre em sentido inverso em relação aos fluxos de água nos tanques de enxaguadura. Desse modo a enxaguadura final das peças é sempre realizada com água isenta de contaminação.

As peças metálicas recebem tratamento diferenciado durante o processo de decapagem ácida. A diferença entre o processo apresentado no fluxograma da FIGURA 17 e o processo utilizado no tratamento de peças com alto grau de oxidação é a imersão das peças em dois tanques contendo uma solução diluída de ácido sulfúrico com 7% de concentração. A FIGURA 18 mostra o fluxograma para o tratamento de peças com elevado grau de oxidação, onde pode ser observado a sequência contendo os banhos ácidos.

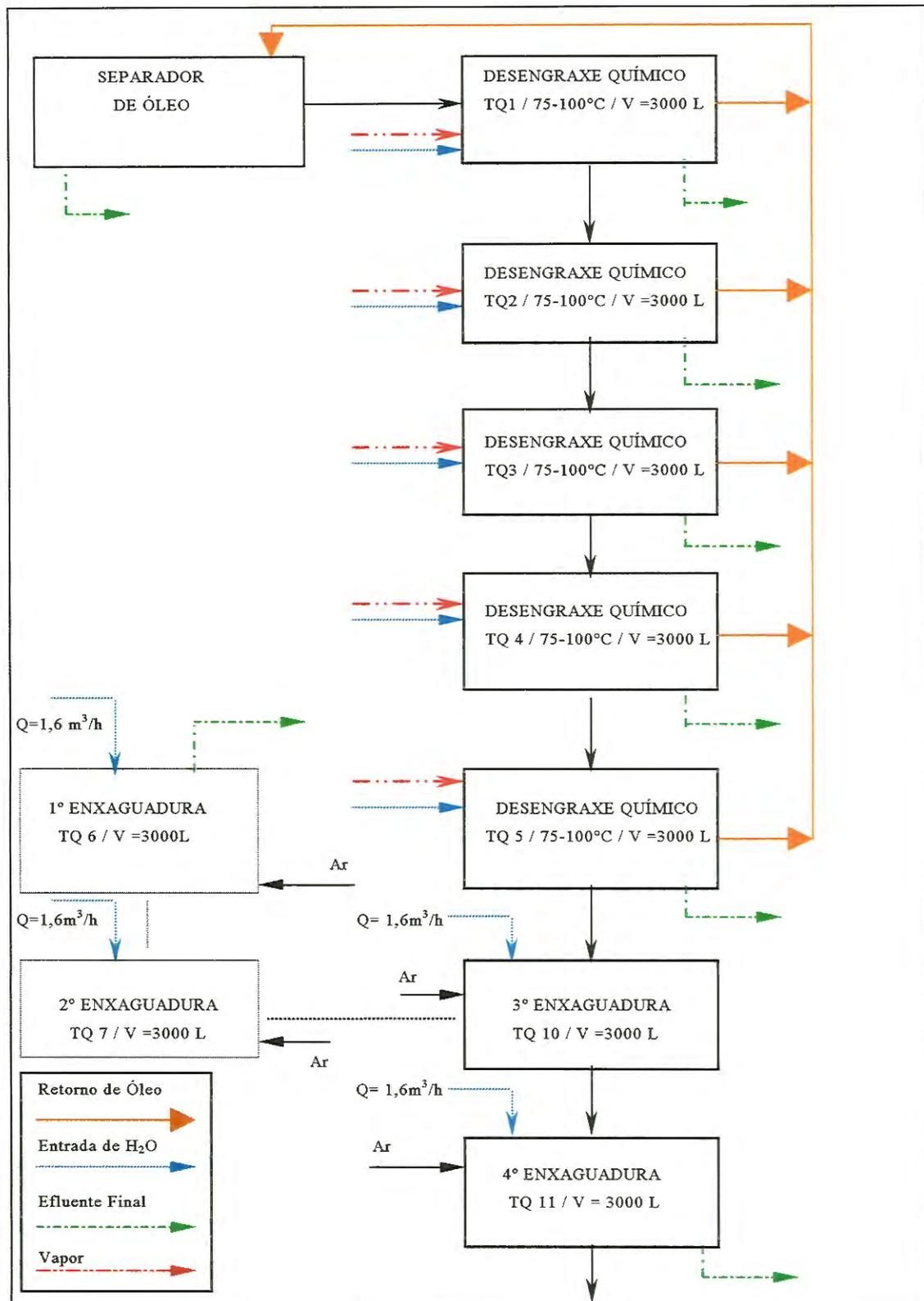


FIGURA 17 – Fluxograma processo de decapagem ácida

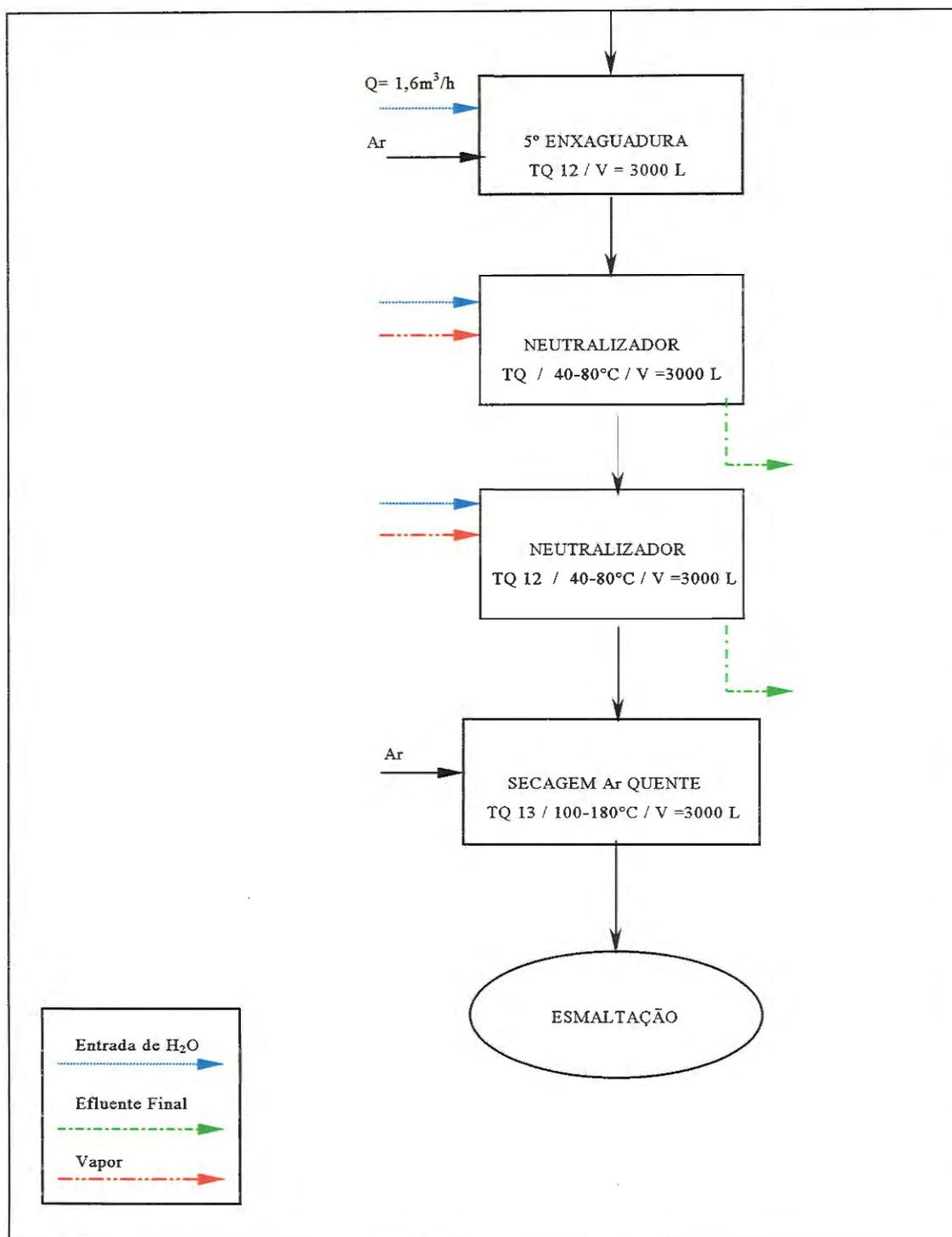


FIGURA 17 (continuação) – Fluxograma do processo de decapagem ácida

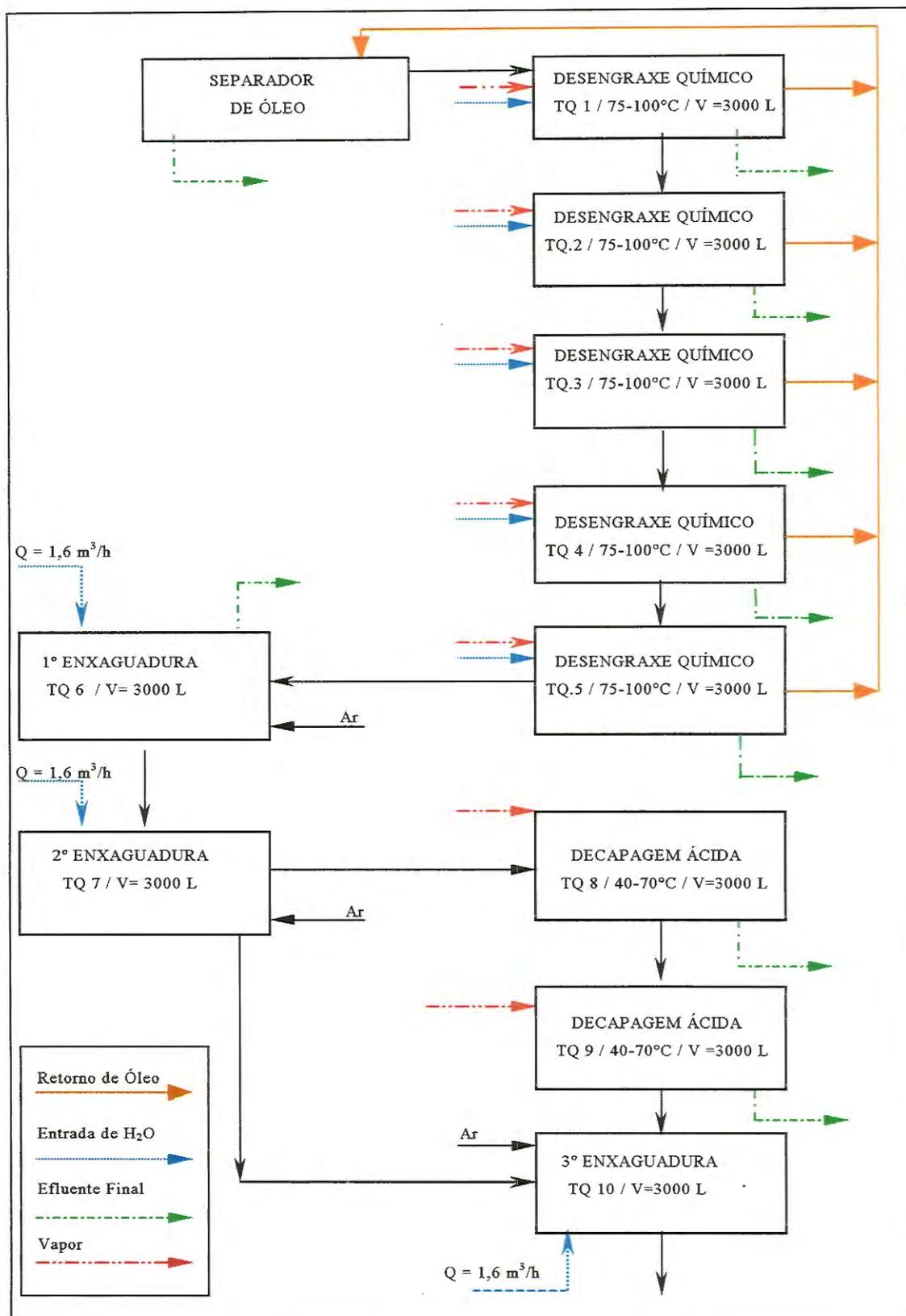


FIGURA 18 – Fluxograma do processo de decapagem ácida de peças com elevado grau de oxidação

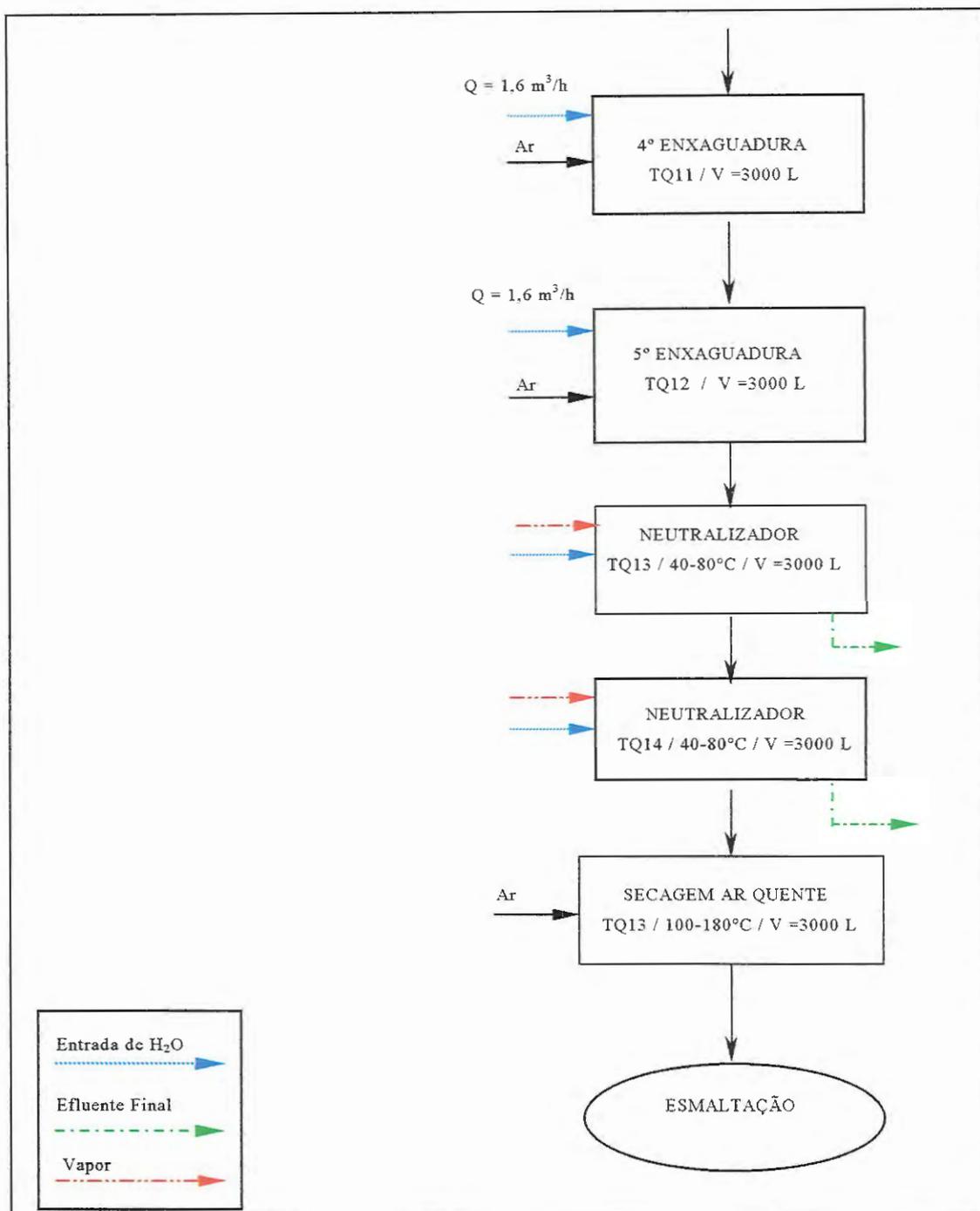


FIGURA 18 (continuação) – Fluxograma do processo de decapagem ácida de peças com elevado grau de oxidação

A TABELA 12 apresenta a composição típica dos efluentes gerados durante o processo de decapagem ácida. Para a obtenção dos resultados apresentados na TABELA 12 foi realizada uma coleta de amostra composta

dos efluentes da decapagem antes do envio destes para a Estação de Tratamento de Efluentes – ETE. Da mesma forma, é possível verificar o elevado nível de contaminação por metais, principalmente, ferro e manganês. A presença de óleos e graxas, em níveis igualmente elevados, é outra característica desse tipo de efluente.

TABELA 12 – Composição típica dos efluentes líquidos gerados no processo de decapagem ácida

| Parâmetros | | Concentração (mg/l) | VMP (mg/l) |
|----------------|----------------------------------|------------------------|---------------|
| Ferro | Fe | 3823 * | 15,0 |
| Cádmio | Cd | < 0,05 | 0,2 |
| Cromo Total | Cr | 0,55 | 5,0 |
| Chumbo | Pb | < 0,1 | 0,5 |
| Manganês | Mn | 8,02 * | 1,0 |
| Níquel | Ni | 0,15 | 2,0 |
| Zinco | Zn | 0,21 | 5,0 |
| Óleos e graxas | OG | 52,0 | 100 |
| Fenol | C ₆ H ₅ OH | < 0,1 | 0,5 |
| Bário | Ba | < 0,5 | 5,0 |

VMP = valor máximo permitido para o lançamento de efluentes industriais em Rio Classe II – Decreto 8678/76, art. 18. / * valores fora dos limites

Por sua vez, os resíduos sólidos decorrentes do processo de decapagem ácida, e aqui denominados de Lama de ETE, são gerados na Estação de Tratamento de Efluentes – ETE. Os contaminantes presentes nessa lama,

borras de óleo, metais, fenóis, tensoativos, etc, são o resultado da mistura dos efluentes dos processos de decapagem ácida e fosfatização. A mistura desses efluentes ocorre em dois tanques de equalização na ETE onde, através de agitação mecânica e adição, feita manualmente, de soda cáustica líquida a 50%, se processa a reação de precipitação dos metais presentes. A máxima eficiência do processo de coagulação ocorre em pH na faixa compreendida entre 9,0 e 10,0. Após um período de sedimentação de, aproximadamente, 1 hora, os efluentes líquidos são descartados na rede de esgoto municipal e a lama, acumulada no fundo do decantador, é bombeada para leitos de secagem para redução do teor de umidade. Após secagem, a lama é acondicionada em tambores e enviada para co-processamento em forno de cimento.

As FIGURAS 19, 20 e 21 ilustram, respectivamente, o lançamento dos efluentes líquidos industriais na rede coletora de esgoto municipal, após tratamento na ETE; a desidratação da lama nos leitos de secagem e o acondicionamento da lama, parcialmente desidratada, em tambores metálicos de 200 litros.



FIGURA 19 – Lançamento dos efluentes industriais na rede coletora de esgoto municipal

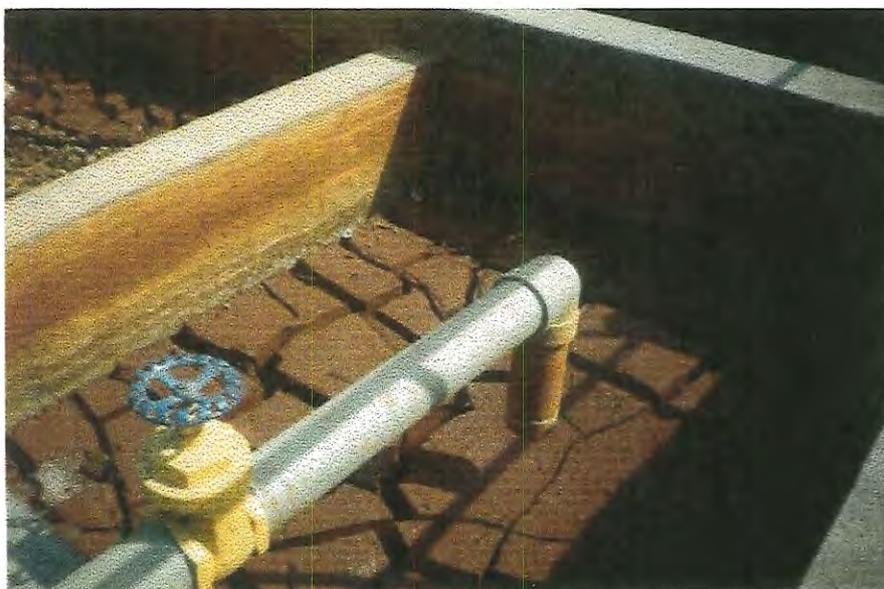


FIGURA 20 – Vista parcial dos leitos de secagem mostrando detalhe da lama de ETE parcialmente desidratada



FIGURA 21 – Acondicionamento da lama de ETE em tambores metálicos de de 200 litros

A lama de ETE, após processo de desidratação parcial nos leitos de secagem, foi amostrada e enviada para análise visando a sua caracterização e classificação. Os resultados da análise estão relacionados na TABELA 13. Da interpretação dos resultados obtidos, em função dos teores de sódio, ferro, fluoretos e agentes tensoativos, é possível concluir que se trata de um resíduo Classe II.

TABELA 13 - Caracterização de Resíduo Sólido - Lama de ETE

| Parâmetros | Unidade | Solubilizado | Lixiviado | Massa Bruta | | | |
|--------------|----------------------------------|--------------|-----------|-------------|----------|-----------------|-----------|
| | mg/l | Resultado | VMP mg/l | Resultado | VMP mg/l | Resultado mg/kg | VMP mg/kg |
| Óleos Graxas | OG | --- | --- | --- | --- | 0,60 % | 5,0 % |
| Alumínio | Al | < 0,1 | 0,2 | --- | --- | --- | --- |
| Arsênio | As | < 0,05 | 0,05 | < 0,5 | 5,0 | < 5,0 | 1000 |
| Bário | Ba | < 0,1 | 1,0 | < 0,1 | 100,0 | --- | --- |
| Cádmio | Cd | < 0,005 | 0,005 | < 0,02 | 0,5 | --- | --- |
| Chumbo | Pb | < 0,05 | 0,05 | < 0,05 | 5,0 | 52 | 1000 |
| Cobre | Cu | < 0,02 | 1,0 | --- | --- | --- | --- |
| Cromo Total | Cr | < 0,02 | 0,05 | < 0,02 | 5,0 | --- | --- |
| Cromo Hex. | Cr | --- | --- | --- | --- | < 0,1 | 100 |
| Manganês | Mn | < 0,02 | 0,1 | --- | --- | --- | --- |
| Mercúrio | Hg | < 0,001 | 0,001 | < 0,001 | 0,1 | < 0,1 | 100 |
| Prata | Ag | < 0,01 | 0,05 | < 0,01 | 5,0 | --- | --- |
| Selênio | Se | < 0,01 | 0,01 | < 0,05 | 1,0 | < 1,0 | 100 |
| Sódio | Na | 420,0 * | 200,0 | --- | --- | --- | --- |
| Zinco | Zn | < 0,02 | 5,0 | --- | --- | --- | --- |
| Ferro | Fe | 2,5 * | 0,3 | --- | --- | --- | --- |
| Cianetos | CN | < 0,001 | 0,1 | --- | --- | < 0,1 | 1000 |
| Cloretos | Cl | 5,0 | 250,0 | --- | --- | --- | --- |
| Dureza | CaCO ₃ | 8,2 | 500,0 | --- | --- | --- | --- |
| Fenóis | C ₆ H ₅ OH | < 0,001 | 0,001 | --- | --- | 0,77 | 10 |
| Fluoretos | F | 3,0 * | 1,5 | 0,4 | 150,0 | --- | --- |
| Nitratos | NO ₃ | 2,0 | 10,0 | --- | --- | --- | --- |
| Sulfatos | SO ₄ | 60,0 | 400,0 | --- | --- | --- | --- |
| Tensoativos | LAS | 0,45 * | 0,2 | --- | --- | --- | --- |

VMP = valores máximos permitidos para enquadramento do resíduo no padrão Classe III / * valores fora dos limites

As emissões atmosféricas, formadas basicamente por vapores ácidos e material particulado, sofrem uma lavagem em contra-corrente com uma solução aquosa de soda cáustica, mantida em pH 12. Após a neutralização dos vapores e a retenção dos materiais particulados os vapores são lançados na atmosfera. Os efluentes do lavador de gases são igualmente enviados para tratamento na ETE.

5.1.3 DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSO DE ESMALTAÇÃO

A FIGURA 22 mostra o fluxograma com as operações realizadas durante o processo de esmaltação. As principais emissões do processo de esmaltação estão relacionadas com o lançamento de efluentes líquidos que, após tratamento para remoção do esmalte, eram lançados na rede coletora de esgoto municipal. A remoção do esmalte, no antigo sistema de tratamento, era feita manualmente, após processo de simples sedimentação nas canaletas distribuídas ao redor da área de esmaltação. Após passagem pelas cabines de pintura eletrostática e de reforço, todas as peças apresentando defeito são removidas, lavadas com água para remoção da camada de esmalte e, novamente, retornam ao processo de pintura.

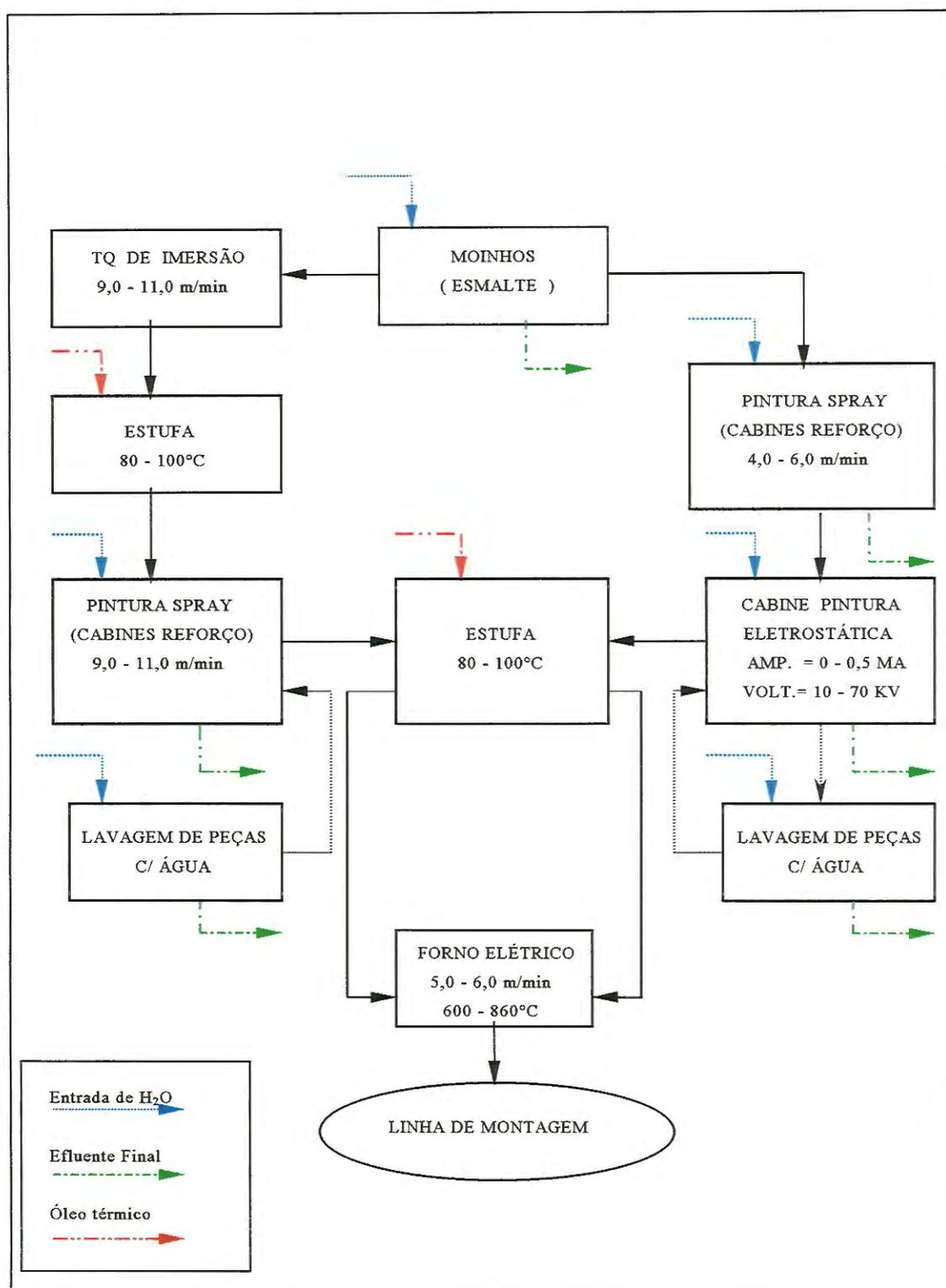


FIGURA 22 – Fluxograma do processo de esmaltação

A TABELA 14 apresenta dados relativos ao efluente líquido gerado no processo de esmaltação e enviado para tratamento no sistema de sedimentação. A presença de metais, tais como, bário, manganês, níquel e zinco, torna obrigatório o tratamento prévio desses efluentes antes do seu lançamento na rede coletora de esgoto municipal. O tratamento dos efluentes líquidos realizado no antigo sistema de tratamento consistia da simples separação do esmalte através da sedimentação nas diversas câmaras de decantação existentes.

TABELA 14 – Composição típica do efluente do processo de esmaltação

| Parâmetros | Concentração (mg/l) | VMP (mg/l) |
|-------------|------------------------|---------------|
| Bário | 4,0 | 5,0 |
| Cádmio | 0,025 | 0,2 |
| Chumbo | 0,050 | 0,5 |
| Cromo Total | 0,03 | 5,0 |
| Fenóis | 0,003 | 0,5 |
| Manganês | 1,3 * | 1,0 |
| Níquel | 1,35 | 2,0 |
| Zinco | 5,5 * | 5,0 |
| PH | 6,3 | 5,0-9,0 |

VMP = valor máximo permitido para lançamento de efluentes líquidos em Rio Classe II – Decreto 8678/76, art. 18 / * valores fora dos limites

A TABELA 15, na sequência, apresenta os resultados de análise realizada com o objetivo de caracterizar o esmalte (“massa”), reutilizado no processo, e empregado no preparo do fundente. Na formulação do fundente,

durante o processo de moagem, é feita uma complementação com a incorporação de “fritas” (óxidos metálicos) e água, de modo a balancear a composição do esmalte e obter um produto com características e desempenho que possibilitem a reciclagem do mesmo no processo de esmaltação.

TABELA 15 – Caracterização do esmalte gerado no processo de esmaltação

| Parâmetros | Unidade | Solubilizado | | Lixiviado | | Massa Bruta | |
|-------------|-------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------------|
| | | mg/l | Resultado | VMP mg/l | Resultado | VMP mg/l | Resultado mg/kg |
| Alumínio | Al | < 0,2 | 0,2 | --- | --- | --- | --- |
| Arsênio | As | < 0,05 | 0,05 | < 0,05 | 5,0 | < 1,0 | 1000 |
| Bário | Ba | < 0,5 | 1,0 | --- | 100,0 | --- | --- |
| Cádmio | Cd | < 0,005 | 0,005 | < 0,05 | 0,5 | --- | --- |
| Chumbo | Pb | < 0,05 | 0,05 | < 0,05 | 5,0 | 55 | 1000 |
| Cobre | Cu | 0,70 | 1,0 | --- | --- | --- | --- |
| Cromo Total | Cr | 0,1 * | 0,05 | < 0,05 | 5,0 | --- | --- |
| Cromo Hex. | Cr | --- | --- | --- | --- | < 0,1 | 100 |
| Manganês | Mn | 5,7 * | 0,1 | --- | --- | --- | --- |
| Mercúrio | Hg | < 0,001 | 0,001 | < 0,01 | 0,1 | < 0,1 | 100 |
| Prata | Ag | < 0,01 | 0,05 | < 0,01 | 5,0 | --- | --- |
| Selênio | Se | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 | 1,0 | < 1,0 | 100 |
| Sódio | Na | 248 * | 200,0 | --- | --- | --- | --- |
| Zinco | Zn | 0,51 | 5,0 | --- | --- | --- | --- |
| Ferro | Fe | 3,9 * | 0,3 | --- | --- | --- | --- |
| Cianetos | CN | < 0,1 | 0,1 | --- | --- | < 0,5 | 1000 |
| Cloretos | Cl | 1,3 | 250,0 | --- | --- | --- | --- |
| Dureza | CaCO ₃ | 80,0 | 500,0 | --- | --- | --- | --- |
| Fluoretos | F | < 0,10 | 1,5 | < 0,10 | 150,0 | --- | --- |
| Nitratos | N | 0,8 | 10,0 | --- | --- | --- | --- |
| Sulfatos | SO ₄ | 115 | 400,0 | --- | --- | --- | --- |

VMP = Valores máximos permitidos para enquadramento do resíduo no padrão Classe III / * valores fora dos limites

Após a elaboração do inventário de resíduos da empresa, apresentado na TABELA 6, e da interpretação de todas as informações disponíveis, bem como a análise de todas as fases que compõe o processo de tratamento de superfícies metálicas, foi possível introduzir medidas visando aumentar a eficiência dos processos e, simultaneamente, alcançar um melhor desempenho ambiental. São listadas, a seguir, as medidas e ações implementadas através do Programa de Gerenciamento Ambiental proposto com o objetivo de compatibilizar as operações levadas a efeito no processo produtivo com a preservação do meio ambiente:

1. Implantação de um sistema unificado para tratamento dos efluentes industriais;
2. Minimização do consumo de água industrial por meio de reciclagem dos efluentes industriais gerados no processo industrial e na descarga de sanitários;
3. Minimização do consumo de água de abastecimento;
4. Minimização da geração de efluentes líquidos nos processos de decapagem, fosfatização e esmaltação;
5. Redução da geração de lama de fosfato e lama da ETE;
6. Recuperação do banho de fosfato contido na lama de fosfato;
7. Aumento da vida útil dos banhos de desengraxe alcalino dos processos de fosfatização e decapagem ácida.

5.2 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL

Afim de facilitar um melhor entendimento das mudanças introduzidas com a implantação das alterações citadas acima apresenta-se, na sequência, uma discussão detalhada das medidas realizadas e os benefícios delas decorrentes.

5.2.1 PLANO DE ECONOMIA DE ÁGUA-MINIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA INDUSTRIAL E DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

De acordo com discussão apresentada anteriormente e com o objetivo de racionalizar o uso de água na empresa, reduzindo os níveis de consumo verificados anteriormente, foram implementadas algumas medidas do “Plano de Economia de Água da Empresa”. Dentre as medidas realizadas como parte integrante do plano de economia citado destacam-se as seguintes:

- (a) realização de uma série de palestras com todos os funcionários da empresa com o objetivo de desenvolver uma maior consciência ambiental, alertando para a importância do uso racional da água e da necessidade do envolvimento de todos na implantação e manutenção do programa;
- (b) instalação de hidrômetros na tubulação de recalque de água industrial, proveniente da lagoa, e na tubulação de água do poço artesiano, afim de estabelecer dados atualizados e consistentes sobre o consumo de água da empresa;
- (c) interligação dos tanques utilizados para enxaguadura com água das peças no processo de decapagem ácida;
- (d) instalação de um compressor para insuflação de ar nos tanques com água, para separação do óleo protetivo removido das chapas metálicas na fase de desengraxe alcalino do processo de decapagem ácida;

- (e) instalação de um filtro-prensa para recuperação do banho de fosfato no processo de fosfatização;
- (f) ampliação e modernização do sistema de tratamento de efluentes líquidos com o dimensionamento e a construção de um Sistema Unificado para tratamento dos efluentes industriais.

A implantação das medidas relacionadas no item anterior possibilitou uma redução de 29% no consumo total de água da empresa. O volume total de água consumida baixou de 11.064 m³/mês, valor médio registrado ao longo do ano de 1997, para 7.906 m³/mês, média registrada no ano de 1999.

Nas TABELAS 16, 17 e 18 estão apresentados os dados do consumo de mensal de água registrado durante os anos de 1997, 1998 e 1999. Ao se comparar os dados relativos aos volumes de água de abastecimento, verificados no período compreendido entre os anos de 1997 e 1999, é possível observar uma redução de 38% do consumo de água. O consumo médio mensal de água de abastecimento, anteriormente de 5.190 m³, foi reduzido para 3.210 m³. Esse resultado está intimamente relacionado com a racionalização do consumo de água industrial. Conforme mencionado anteriormente, em função do elevado consumo de água industrial, era necessário uma suplementação dessa demanda com água de abastecimento proveniente da rede de distribuição de água municipal – SANASA. A economia de água industrial obtida com a interligação dos tanques utilizados para enxaguadura das peças no processo de decapagem ácida, além do reuso parcial de água, obtido com a construção da Estação Unificada de Tratamento de Efluentes, tornou desnecessária a suplementação com água de abastecimento.

O consumo médio mensal de água industrial, somatória do volume de água proveniente do poço artesiano e de água captada na lagoa e tratada na ETA, foi reduzido dos 5.874m³ (4.493m³ + 1.381m³), medidos no ano de 1997, para 4.689m³ (4.689m³ + 0m³) medidos durante o ano de 1999. Tal

resultado representa uma redução de 29% do volume total de água industrial consumido anteriormente pela empresa. As FIGURA 23, 24 e 25 mostram a evolução do consumo de água na empresa durante os anos de 1997, 1998 e 1999.

TABELA 16 - Dados do consumo de água de abastecimento e de água industrial durante o ano de 1997

| m ³ | JANEIRO | FEVEREIRO | MARÇO | ABRIL | MAIO | JUNHO | JULHO | AGOSTO | SETEMBRO | OUTUBRO | NOVEMBRO | DEZEMBRO | MÉDIA |
|----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| SANASA | 8213 | 1785 | 5669 | 5008 | 4337 | 5153 | 4329 | 3993 | 6337 | 6591 | 5870 | 4997 | 5190 |
| POÇO | 5374 | 3148 | 4950 | 4785 | 2721 | 3039 | 4704 | 4540 | 5479 | 9431 | 4820 | 920 | 4493 |
| LAGOA | 3200 | 365 | 697 | 697 | 1611 | 1188 | 0 | 0 | 0 | 708 | 3285 | 4822 | 1381 |
| TOTAL | 16787 | 5298 | 11316 | 10490 | 8669 | 9380 | 9033 | 8533 | 11816 | 16730 | 13975 | 10739 | 11064 |

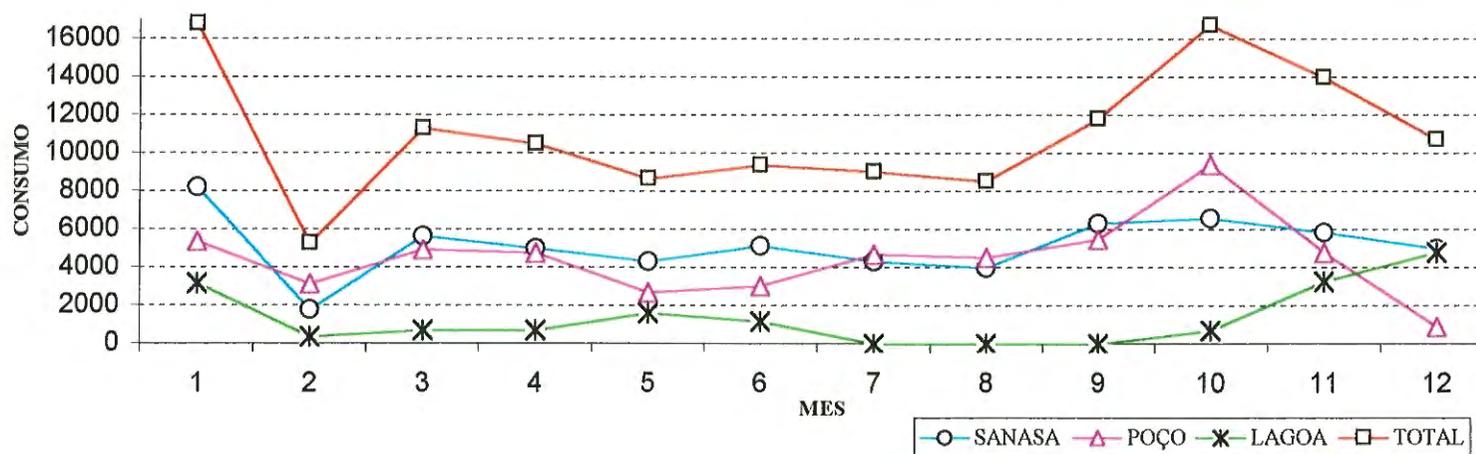


FIGURA 23 - Evolução do consumo de água durante o ano de 1997

TABELA 17 - Dados do consumo de água de abastecimento e de água industrial durante o ano de 1998

| m^3 | JANEIRO | FEVEREIRO | MARÇO | ABRIL | MAIO | JUNHO | JULHO | AGOSTO | SETEMBRO | OUTUBRO | NOVEMBRO | DEZEMBRO | MÉDIA |
|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | | | | | | (*) | | | | |
| SANASA | 4492 | 1527 | 4940 | 3774 | 3258 | 3199 | 3125 | 2404 | 0 | 3289 | 4659 | 3688 | 3487 |
| POÇO | 4860 | 3880 | 6056 | 3974 | 4306 | 4585 | 5015 | 3211 | 0 | 2268 | 4888 | 5000 | 4368 |
| LAGOA | 960 | 1601 | 0 | 386 | 864 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 963 |
| TOTAL | 10312 | 7008 | 10996 | 8134 | 8428 | 7784 | 8140 | 5615 | 0 | 5557 | 9547 | 8688 | 8808 |

(*) Paralisação da produção para atividades de manutenção

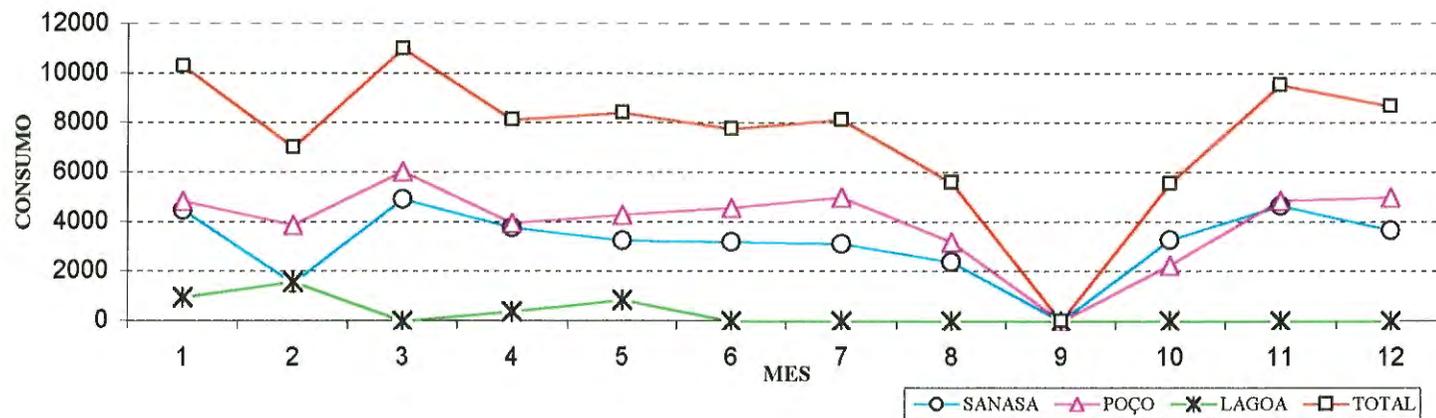


FIGURA 24 - Evolução do consumo de água durante o ano de 1998

TABELA 18 - Dados do consumo de água de abastecimento e de água industrial durante o ano de 1999

| m ³ | JANEIRO | FEVEREIRO | MARÇO | ABRIL | MAIO | JUNHO | JULHO | AGOSTO | SETEMBRO | OUTUBRO | NOVEMBRO | DEZEMBRO | MÉDIA |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|---------|----------|----------|-------------|
| SANASA | 3537 | 1813 | 4538 | 4044 | 3424 | 2746 | 2495 | 3085 | | | | | 3210 |
| POÇO | 4731 | 2624 | 5272 | 4267 | 5141 | 5173 | 4521 | 5779 | | | | | 4689 |
| LAGOA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | 0 |
| TOTAL | 8268 | 4437 | 9810 | 8311 | 8565 | 7919 | 7016 | 8864 | | | | | 7899 |

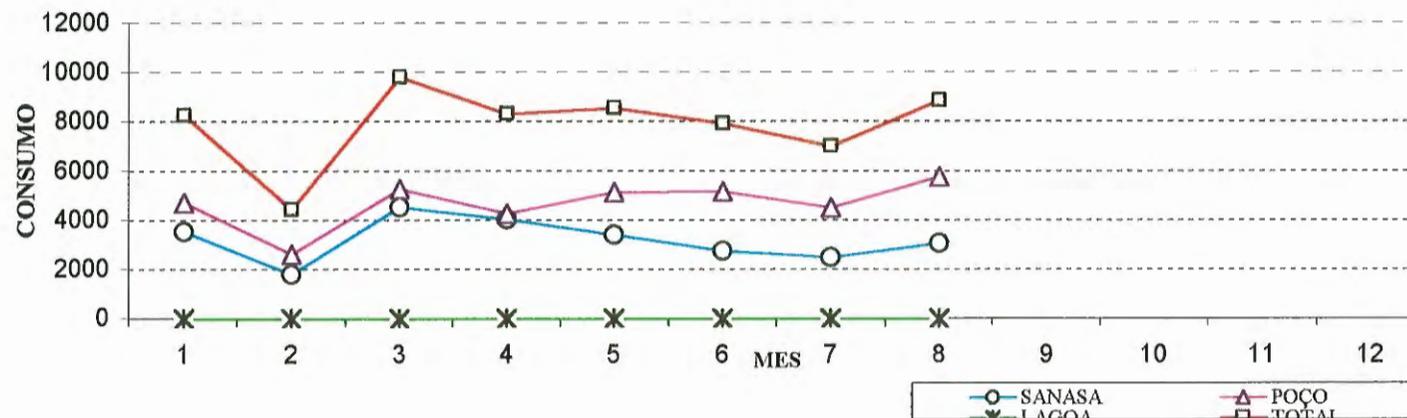


FIGURA 25 - Evolução do consumo de água durante o ano de 1999

A FIGURA 26 apresenta uma vista parcial da estação unificada de tratamento de efluentes mostrando o tanque utilizado para o ajuste de pH dos efluentes líquidos industriais. O ajuste do pH é feito com adição de uma solução diluída de ácido sulfúrico, através de válvulas solenóides controladas automaticamente. Observa-se, no detalhe, a qualidade do efluente final gerado nessa nova estação após teste de sedimentação de uma hora em cone Imhoff e o gabinete do sistema automático de controle de pH.

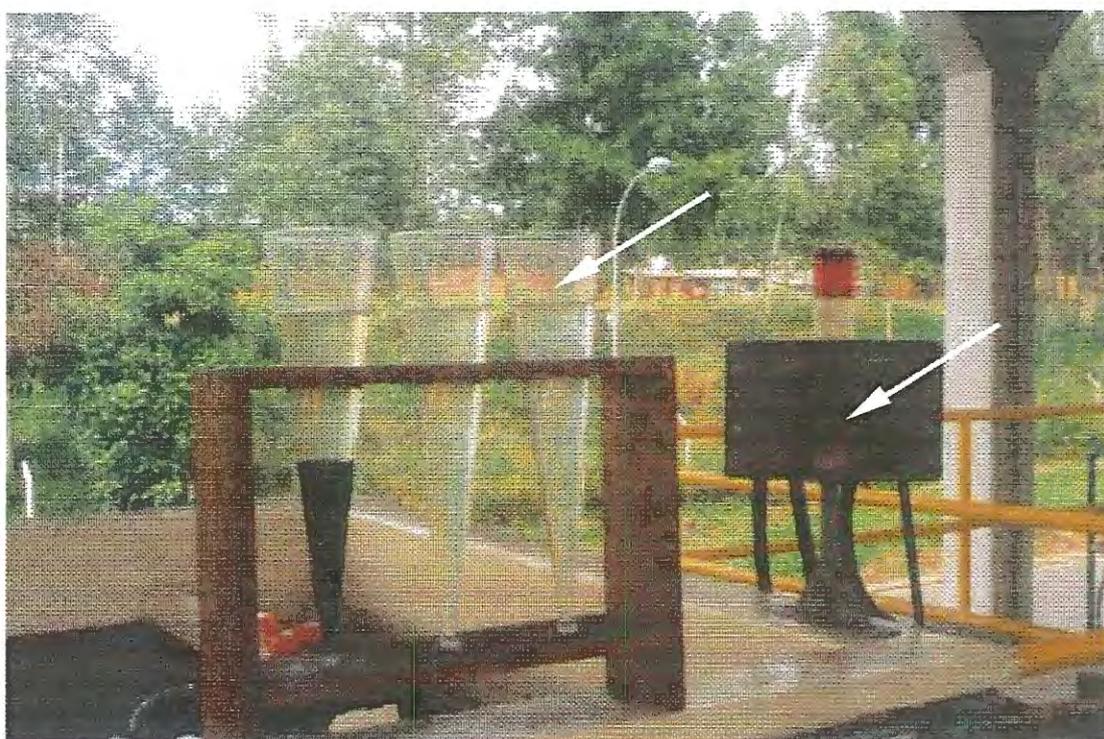


FIGURA 26 – Vista parcial da estação unificada de tratamento de efluentes líquidos industriais – detalhe do efluente final tratado e do sistema automático de controle de pH

Para um melhor entendimento do processo utilizado, a FIGURA 27 apresenta um fluxograma mostrando as operações e os equipamentos utilizados para tratamento dos efluentes na Estação Unificada.

Na Estação Unificada de Tratamento os efluentes líquidos provenientes dos processos de decapagem ácida e fosfatização, tratados anteriormente em regime de batelada, recebem tratamento em regime contínuo. Conforme ilustra a FIGURA 28, após equalização no tanque de 5.000 litros, os efluentes são bombeados para a Estação Unificada através de bombas do tipo pneumática, acionadas por ar comprimido. Após agitação feita por ar comprimido, os efluentes recebem a adição de policloreto de alumínio como agente coagulante. Nesta fase do processo o controle de pH é feito automaticamente com adição de soluções diluídas de ácido sulfúrico e soda cáustica. Após o processo de coagulação é feita adição de polieletrólito para reduzir o tempo de sedimentação e prevenir arraste de flocos na saída dos decantadores. Nos três decantadores intermediários a lama acumulada é bombeada para o decantador final. Uma vez durante cada turno de operação a lama é bombeada para o filtro-prensa sendo que os efluentes do filtro retornam para o tanque de equalização. A torta gerada no filtro é, então, descarregada manualmente por gravidade em tambores de 200 litros e armazenada no pátio de resíduos ao lado da ETE.

No final do tratamento o ajuste do pH é feito com adição de ácido sulfúrico diluído, através de um sistema automático de dosagem. Os efluentes líquidos tratados seguem por gravidade, para armazenamento e posterior reuso para um dos tanques de 5.000 litros, utilizado anteriormente para equalização dos efluentes industriais e, agora, transformado em reservatório de água.

Na antiga ETE o tratamento dos efluentes industriais da decapagem e fosfatização era feito com adição manual de soda cáustica e agitação por um

período de, aproximadamente, 2 horas. Da mesma forma, o ajuste do pH era feito manualmente utilizando papel indicador. Devido ao emprego desse processo de tratamento manual por batelada a qualidade do efluente final variava enormemente. Interrompida a agitação, a lama acumulada no fundo do tanque de equalização era bombeada para os leitos de secagem. Para facilitar a sedimentação da lama o fundo do tanque de equalização foi construído em forma piramidal. A lama, após secagem nos leitos de areia era removida manualmente, com auxílio de uma pá, para tambores de 200 litros.

Os efluentes líquidos gerados na unidade de esmaltação e o esmalte, anteriormente acumulado nas canaletas e removido manualmente com uso de pás, são bombeados através de um sistema automático e tratados na Estação Unificada. O tratamento, após ajuste automático do pH, é feito através da adição de policloreto de alumínio para coagulação do esmalte presente. Para o controle do pH são utilizadas soluções de aluminato de sódio e o próprio policloreto de alumínio. O esmalte ou, mais propriamente, a massa acumulada nos decantadores é, então, bombeada para os moinhos onde, após ajuste da formulação, retorna para o processo de esmaltação. Os efluentes da esmaltação tratados na Estação Unificada são reutilizados apenas na unidade de esmaltação, para reposição de água de processo e na descarga de sanitários.

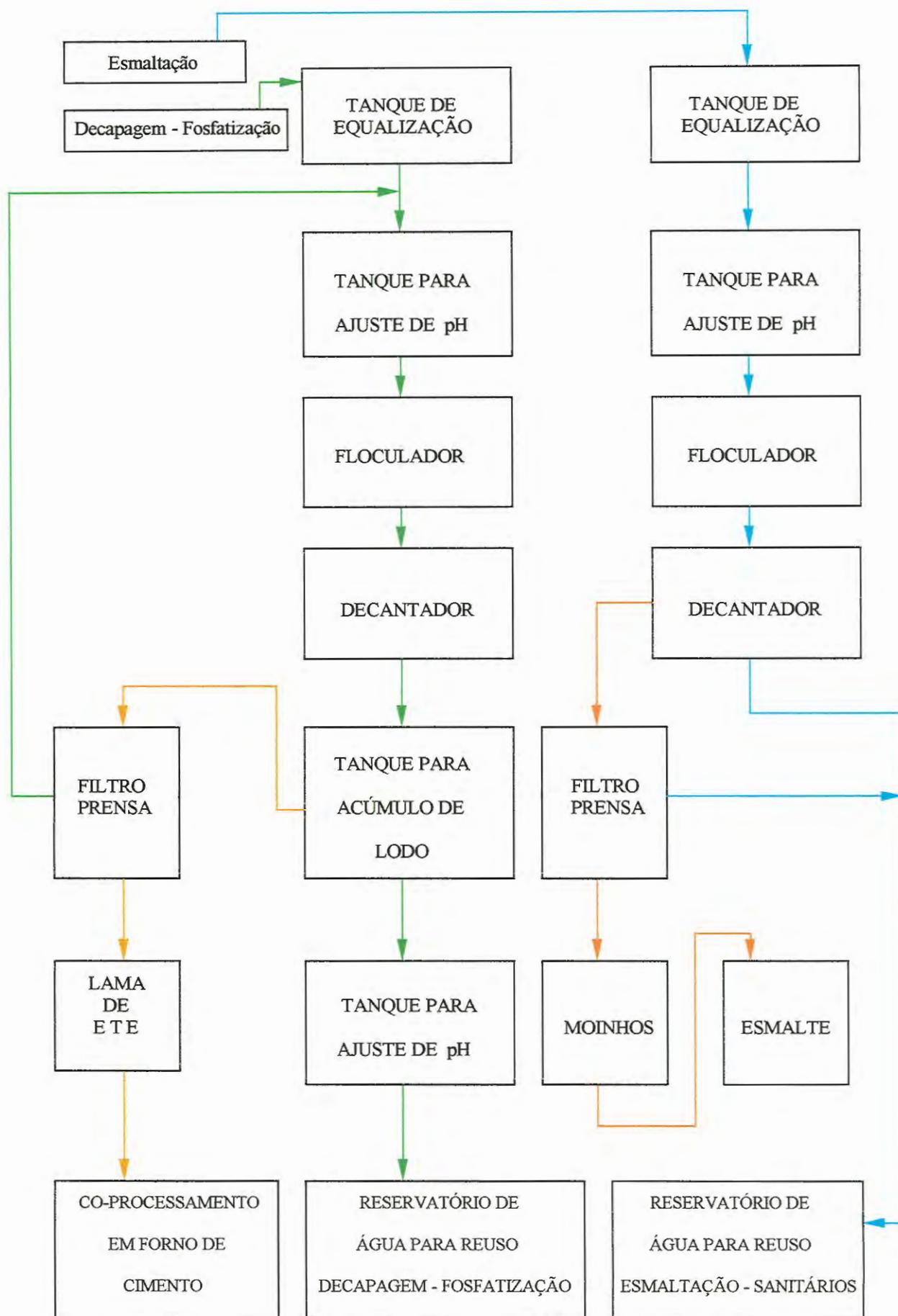


FIGURA 27 – Fluxograma da Estação Unificada de Efluentes Líquidos Industriais



FIGURA 28 – Detalhe do sistema utilizado para o bombeamento dos efluentes líquidos para a Estação Unificada de Tratamento

A FIGURA 29 mostra o lançamento dos efluentes gerados na decapagem e fosfatização nos antigos leitos de secagem, após tratamento na estação unificada. Transformados em reservatórios de água os leitos de secagem permitem o armazenamento de água para reuso posterior. É

importante salientar que os efluentes líquidos industriais gerados nos processos de fosfatização e decapagem, bem como aqueles gerados no processo de esmaltação eram, após tratamento nas respectivas ETE, lançados na rede de esgoto municipal sem qualquer aproveitamento.

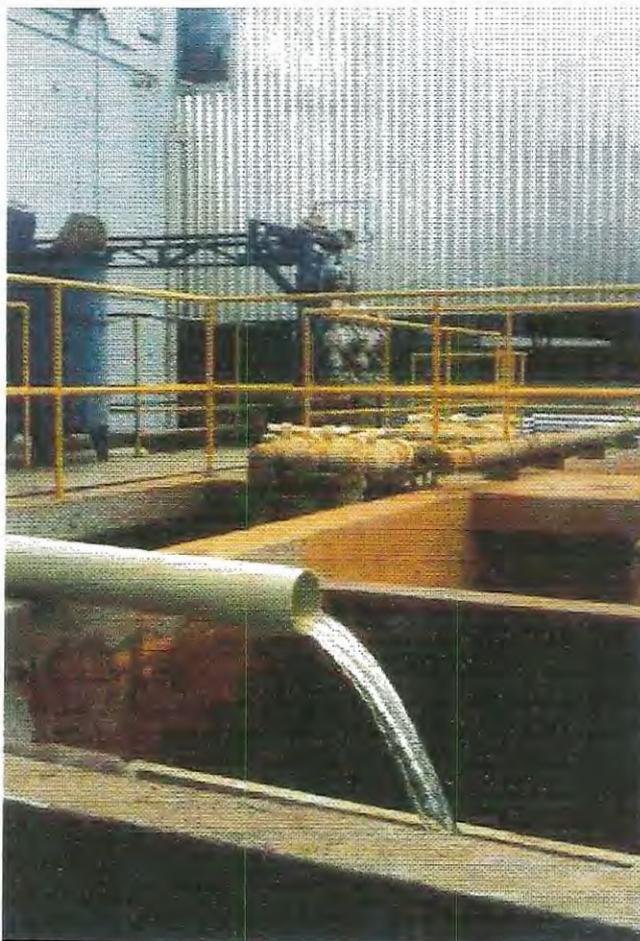


FIGURA 29 – Reaproveitamento dos efluentes líquidos da decapagem e fosfatização após tratamento na Estação Unificada

A FIGURA 30, por sua vez, mostra a configuração do novo sistema de tratamento e distribuição de água da empresa como resultado da introdução das medidas discutidas anteriormente. Na nova configuração é possível verificar a utilização do poço profundo como fonte apenas de água de industrial; o reuso dos efluentes líquidos da esmaltação, após tratamento na nova ETE, no próprio processo de esmaltação e sanitários e o reuso dos efluentes líquidos da decapagem ácida e fosfatização no processo industrial da empresa.

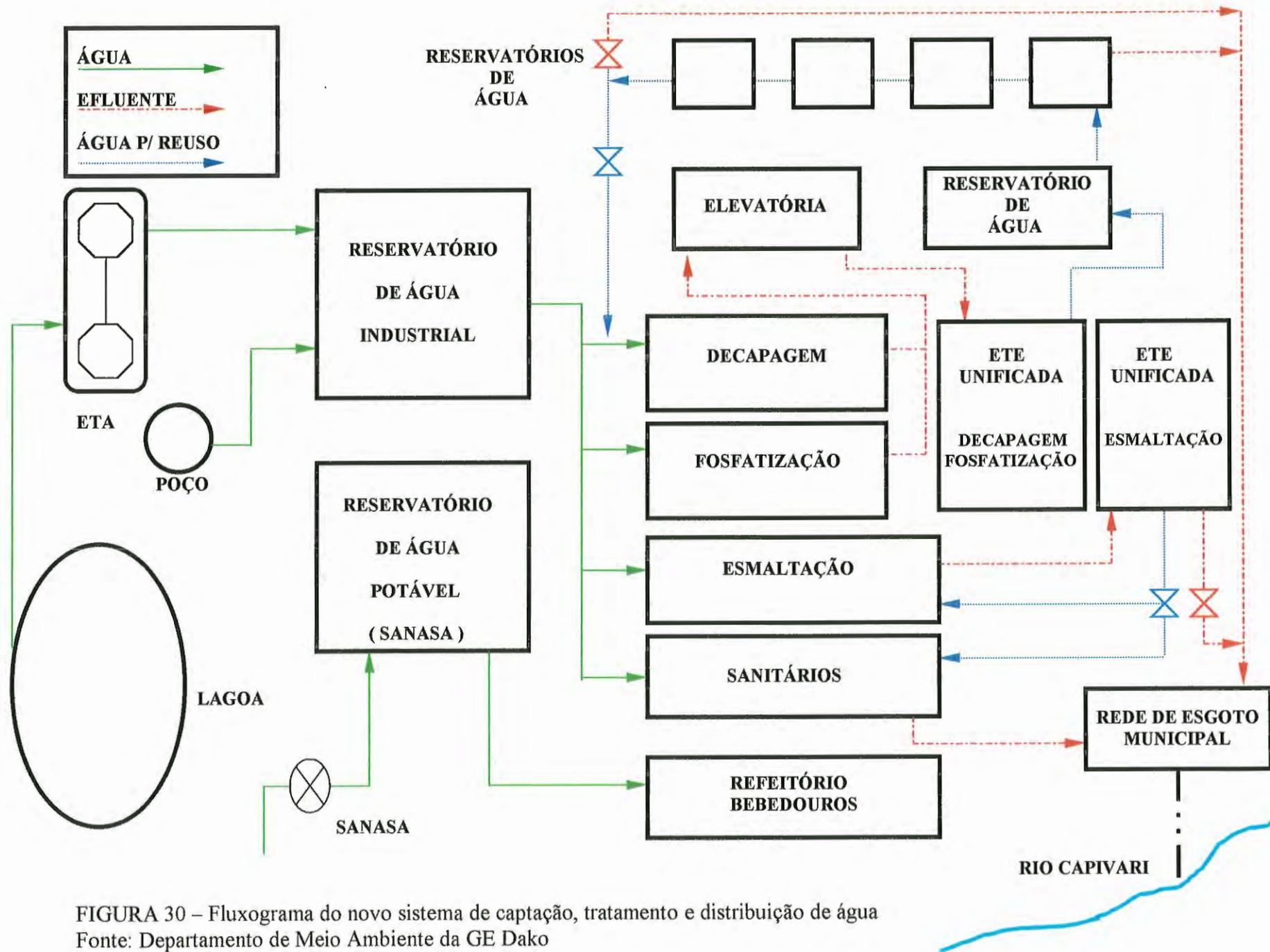


FIGURA 30 – Fluxograma do novo sistema de captação, tratamento e distribuição de água
 Fonte: Departamento de Meio Ambiente da GE Dako

5.2.2 REDUÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A geração de menor quantidade de resíduos sólidos, especificamente, lamas de Fosfato e ETE, foi conseguida como resultado da adoção das medidas a seguir descritas. A primeira, conforme já apresentado, é decorrente da utilização de menor quantidade de água no tratamento de superfícies metálicas. A utilização de menor volume de água resultou na geração de menor volume de efluentes líquidos e, por conseguinte, na geração de menor quantidade de lama, tanto no processo de fosfatização como no processo de decapagem ácida. Outra importante medida adotada foi a substituição dos antigos leitos de secagem utilizados para desidratação da lama gerada na ETE, bem como do filtro rotativo utilizado para a recuperação e separação da lama do banho de fosfato, por dois filtros-prensa. A reduzida eficiência de remoção de água, proporcionada pelos leitos de secagem e filtro rotativo, era responsável pela presença de elevado teor de umidade nessas duas lamas. A análise de amostras coletadas após passagem pelo filtro rotativo e após desidratação parcial nos leitos de secagem revelou a presença de umidade atingindo níveis de até 80%. Assim sendo, o tratamento adotado para os resíduos, ou seja, o co-processamento em forno de cimento, processo mais propriamente denominado de “cliquerização”, elevava em muito, tanto o custo do transporte quanto o custo do próprio tratamento adotado em função dos grandes volumes gerados.

A utilização dos filtros-prensa possibilitou, tanto nos processos de fosfatização como decapagem ácida, uma redução de 20% do volume dos resíduos sólidos gerados. A obtenção de uma torta com teor de umidade de, aproximadamente 40%, além de ocupar menos espaço no pátio de armazenagem, proporcionou uma redução nos gastos com o co-processamento destes resíduos em forno de cimento. A melhor eficiência do filtro-prensa possibilitou, também, recuperar grande parte do banho de fosfato que era descartado, juntamente com a lama, em virtude da reduzida eficiência do filtro

rotativo. A FIGURA 31 apresenta uma vista geral da estação unificada de tratamento de efluentes mostrando, em primeiro plano, detalhe do filtro-prensa utilizado para secagem do esmalte após processo de sedimentação nos decantadores.

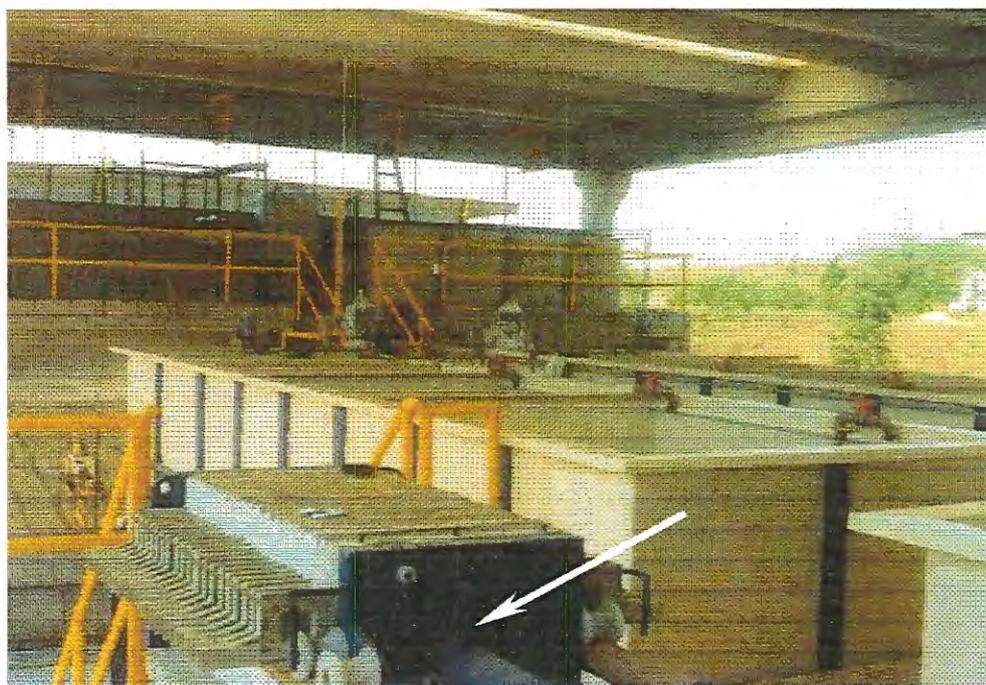


FIGURA 31 – Vista geral da estação unificada de tratamento de efluentes líquidos (detalhe do filtro-prensa)

Finalmente, é importante mencionar o fato de que, o aumento da vida útil dos banhos de desengraxe alcalino utilizados nos processos de decapagem ácida e fosfatização, através do aumento da frequência do número de análises para controle analítico desses banhos, possibilitou igualmente, além da menor

geração de efluentes líquidos, a geração de menor quantidade de resíduos sólidos. A introdução de um controle analítico para avaliação mais frequente da concentração e qualidade dos banhos desengraxantes na decapagem foi feita em substituição da avaliação simplesmente visual realizada anteriormente. Como resultado dessa alteração, foi possível aumentar a duração dos banhos de 7 para 15 dias realizando, quando necessário, apenas o reforço das soluções com a reposição do agente desengraxante.

5.2.3 INVESTIMENTOS REALIZADOS E BENEFÍCIOS OBTIDOS

Na TABELA 19 estão resumidos os investimentos realizados na construção da estação unificada para tratamento dos efluentes líquidos gerados nos processos de fosfatização, decapagem ácida e esmaltação. A TABELA 19 mostra a economia de recursos, projetada por um período de um ano, como resultado da geração de menor volume de efluentes industriais, reciclagem da água industrial tratada e da redução do consumo de água de abastecimento público fornecida pela SANASA. O cálculo da economia de recursos indicada na TABELA 19 foi feito levando-se em consideração a redução do volume de água industrial consumido entre os anos de 1997 e a média de consumo projetada para o ano de 1999, com base no valor de R\$ 10,66/m³ referente a tarifa de água (R\$ 5,33) e de esgoto (R\$ 5,33).

Consultando as TABELAS 16 e 18 tem-se:

Volume total de água consumido em 1997 = 132.770 m³

Volume total de água consumido em 1999 = 94.872 m³ (7.906m³ x 12 meses)

Onde: (132.770 - 94.872) m³ x R\$ 10,66 = R\$ 403.992,68

TABELA 19 – Investimento realizado e redução do consumo de água com a construção da estação unificada de tratamento de efluentes

| Projeto | Investimento realizado (R\$) | Benefício: economia prevista (R\$/ano)* |
|---|------------------------------|---|
| Estação Unificada para tratamento de efluentes líquidos industriais | 360.000,00 | 403.992,68 |

*economia prevista estimada com base no valor da tarifa de água (R\$ 5,33) e esgoto (R\$ 5,33) – Total = R\$10,66/m³ para o lançamento de efluentes industriais na rede coletora de esgoto municipal.

*Cotação do Dólar em 07/1997 – R\$ 1,00 = US\$ 1,08

Ao se observar os dados apresentados na TABELA 20, comparando o reduzido nível de investimento necessário para a interligação dos banhos para enxaguadura das peças no processo de decapagem ácida, com a economia mensal de recursos obtida com a redução do consumo de água, fica evidenciada a importância da inclusão da temática ambiental no planejamento estratégico das empresas. O cálculo do valor economizado foi feito levando em consideração uma rotina de operação de 24 horas/dia durante 30 dias ao mês.

Dessa forma tem-se:

Redução do volume de água = 6,0 m³/h

Valor da tarifa para lançamento de efluentes na rede de esgoto = R\$ 5,33

Onde: 6,0 m³/h x 24h x 30 dias x R\$ 5,33 = R\$ 23.025,60

TABELA 20 – Benefícios da interligação dos tanques para enxaguadura com águas das peças no processo de decapagem ácida

| Consumo de água industrial antes da interligação dos Tanques (m ³ /h) | Consumo de água industrial após interligação dos Tanques (m ³ /h) |
|--|--|
| 8,0 | 2,0 |
| Investimento realizado (R\$) | Economia mensal obtida * (R\$) |
| 18.000,00 | 23.025,60 |

*economia baseada nos valores em R\$/m³ cobrados para o lançamento de efluentes industriais na rede coletora de esgoto municipal (R\$ 10,66).

* Cotação do Dólar em 07/1997 – R\$ 1,00 = US\$ 1,08

A TABELA 21 mostra a economia de recursos, estimada ao longo do ano, com a instalação de dois filtros - prensa como resultado da implantação das medidas integrantes do plano de gerenciamento ambiental citado anteriormente. O cálculo da economia anual de recursos, prevista com a redução do volume de resíduos na nova ETE após a instalação dos filtros - prensa, é baseado na quantidade mensal de resíduos gerados e no custo de R\$ 0,53/kg cobrados para o co-processamento desses resíduos em forno de cimento.

Ou seja,

Quantidade de resíduos gerada anteriormente = 82.560 kg

Quantidade de resíduos gerada na nova ETE = 66.050 kg

Onde: $(82.560 - 66.050) \text{ kg/mês} \times 12 \times \text{R\$ } 0,53 = \text{R\$ } 105.003,60$

TABELA 21 – Economia de recursos decorrentes da geração de menor quantidade de lama de ETE

| Equipamento | Investimento (R\$) | Quantidade de resíduos gerada nos leitos de secagem (kg/mês) ¹ | Quantidade de resíduos gerada nos filtros-prensa (kg/mês) ² | Economia mínima prevista (R\$/ano) ³ |
|-----------------|--------------------|---|--|---|
| Filtro – prensa | 32.500,00 | 82.560 | 66.050 | 105.003,60 |

1. teor de umidade média = 80%
2. teor de umidade média = 40%
3. economia prevista com base no valor de R\$ 0,53/kg relativo ao custo com o co-processamento dos resíduos sólidos em forno de cimento

* Cotação do Dólar em 07/1997 – R\$ 1,00 = US\$ 1,08



6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Da observação e análise dos resultados obtidos com a implantação do apresentado neste trabalho, pode-se concluir que:

1. A elaboração de um inventário completo de resíduos e a identificação de todas as fontes de poluição da empresa foram fundamentais na identificação e definição dos principais objetivos do programa;
2. A realização de programas de treinamento e conscientização ambiental foram instrumentos eficazes para a transmissão de informação e sensibilização de todos os funcionários envolvidos, contribuindo para alcançar os objetivos propostos;
3. Foi possível reduzir sensivelmente a emissão de poluentes e melhorar o desempenho ambiental da empresa promovendo, desde simples mudanças nos procedimentos até pequenas alterações no processo;
4. O monitoramento constante de todas as operações realizadas durante os processos de tratamento de superfícies metálicas, bem como o levantamento de dados e informações qualitativas e quantitativas, possibilitou um melhor conhecimento das variáveis envolvidas, permitindo um adequado gerenciamento do processo produtivo;
5. A diminuição do consumo de água e a geração de menor quantidade de resíduos possibilitaram a economia de recursos anteriormente gastos com a captação e o tratamento de um volume maior de água e com o co-processamento dos resíduos em forno de cimento.

A principal restrição dos diversos setores industriais quanto a implantação de programas de gerenciamento ambiental está relacionada com as dificuldades de se medir os resultados e benefícios decorrentes desses programas. O custo ambiental, muitas vezes subjetivo e de difícil quantificação, certamente existe. Com a realização do presente trabalho objetivou-se demonstrar que, além de ser possível melhorar o desempenho

ambiental de uma empresa minimizando eventuais impactos ao meio ambiente, é igualmente possível, simultaneamente, reduzir os custos de produção. É fácil comprovar que processos ambientalmente seguros não são importantes apenas do ponto de vista de preservar a imagem da empresa e de seus produtos mas, igualmente importante, tornam-na mais competitiva ao reduzir os custos de produção.

É recomendável que, no tratamento de superfícies metálicas por processos de fosfatização, sejam desenvolvidos e empregados agentes fosfatizantes que possuam uma melhor relação entre a lama de fosfato gerada e a área superficial tratada, expressa em g/m^2 . Da mesma forma a identificação e o emprego de processos alternativos de filtração dos banhos fosfatizantes também pode oferecer, como vantagens, o reuso desses mesmos banhos, a minimização da geração de efluentes líquidos, a menor geração de lama de fosfato, bem como, uma maior economia de água.

Nos processos de decapagem ácida é necessário identificar, desenvolver, reduzir ou substituir o uso de agentes desengraxantes e decapantes com o objetivo de minimizar possíveis impactos ambientais relacionados com a emissão de efluentes líquidos ácidos e lamas contaminadas com metais e óleos minerais.

Uma recomendação importante está relacionada com a necessidade da utilização de chapas metálicas de melhor qualidade e/ou da utilização de pastas de estampagem isentas de metais e fenóis, potencialmente tóxicos. Essas modificações surgem como uma alternativa importante tornando possível diminuir o número de banhos no processo de decapagem, minimizar a quantidade e reduzir a toxicidade potencial da lama gerada nesse processo.

Um programa de monitoramento analítico bem elaborado e executado de maneira racional é outro importante instrumento para assegurar a eficiência

do processo de tratamento de superfícies, fornecendo as condições necessárias para se obter o máximo de rendimento com um mínimo de resíduos.

Os custos associados com o consumo de água, em função da cobrança pelo uso previsto em lei, tendem a aumentar obrigando as empresas a investir em novas tecnologias isentas de água, alterar processos ou implantar programas visando o uso racional desse importante recurso natural.

Finalmente, o custo ambiental, até então negligenciado pelas empresas, passa a se constituir um item de fundamental importância na elaboração da planilha de custos e no estabelecimento do preço final de um produto. Desse modo, o estabelecimento de uma política ambiental, adequada à realidade da empresa, e a implantação de programas de gerenciamento ambiental passam a ser instrumentos de competitividade, minimizando ou eliminando eventuais impactos ao meio ambiente e reduzindo, simultaneamente, os custos de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, JOSÉ AUGUSTO PINTO DE. (1996). Rumo à certificação verde. Revista ABNT, nº 0, p.16-18, jan/fev.
2. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (1990). Water Quality and Treatment - A Handbook of Community Water Supplies. 4th.ed. MacGraw Hill, Inc.
3. ALMEIDA, ANTONIO MAGALHÃES DE. (1996). A Aplicação da Pintura Eletrostática a Pó no Brasil Cresce Rapidamente. Tratamento de Superfície-ABTS, ano XVII, nº 79, p.20-24, set/out.
4. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1987). NBR 10004 - Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro. set.
5. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1987). NBR 10005 - Lixiviação de Resíduos. Rio de Janeiro. set.
6. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1987). NBR 10006 - Solubilização de Resíduos. Rio de Janeiro. set.
7. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1987). NBR 10007 - Amostragem de Resíduos. Rio de Janeiro. set.
8. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1996). NBR ISO 14001 - Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro.

9. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1987). NBR 9898 - Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores - Procedimento. Rio de Janeiro. jun.
10. ALVES, FRANCISCO. (1997). Situação de resíduos industriais preocupa. SANEAMENTO AMBIENTAL, ano VII, nº 46, p32, jul/ago.
11. CABRAL, BERNARDO. (1997). Direito Administrativo - Tema: Água. Caderno Legislativo nº 001/97. Brasília, Secretaria Especial Editoração e Publicações.
12. CANOSSA, JORGE; SALOMÃO, TERESA. (1996). A Certificação de Sistemas de Gestão do Ambiente ISO 14000. Revista ABNT, nº 2, p.24-26,out/nov/dez.
13. CARRARA, SILVIA M.C. DE MOURA. Estudos de viabilidade do reuso de efluentes líquidos gerados em processos de galvanoplastia por tratamento físico-químico. São Carlos, 1997, 117p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
14. CARVALHO, ALEXANDRE BRUNO MORENO DE; FROSINI , LUIS HENRIQUE; FRAZÃO, ROGÉRIO. (1996). Sistema ISO de Gestão Ambiental. Controle da Qualidade, nº 45, p.30-46, fev.
15. COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ (CBH-PCJ). (1996). Implantação, Resultados e Perspectivas. Campinas, Arte Brasil.

16. DIAGNÓSTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS NAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ - Sumário Executivo. (1996). Jaakko Pöyry Engenharia Ltda.
17. GAZETA MERCANTIL. (1996). Gestão Ambiental. Compromisso da Empresa. São Paulo, abr/mai. Suplemento.
18. GUIDETTI, GIANLUIGI; VERCESI, GILBERTO.(1997). Platorização - A Fosfatização do terceiro milênio. São Paulo. Tecnologia de Fosfatização Orgânica para superfícies metálicas antes da pintura. PAIKOR-European Chemical Company, 30 p, jan.
19. GUTBERLET, JUTTA. (1996). Produção Industrial e Política Ambiental - Experiências de São Paulo e Minas Gerais. Centro de Estudos Konrad-Adenauer-Stiftung, São Paulo, Pesquisas, nº 7.
20. JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA LTDA. (1995). Diagnóstico de Resíduos Sólidos Industriais nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – Sumário Executivo.
21. LINDGREN, GARY F. (1989). Managing Industrial Hazardous Waste-A Practical Handbook. Lewis Publishers, Inc.187p.
22. LOTHAR, KAUL.(1994).Nova Tecnologia de Processos de Fosfatização, Parte II. Tratamento de Superfície-ABTS, ano XV, nº 64, p. 20-21, mar/abr.
23. MARTIN, K.; BASTOCK, T. W. (1994). Waste Minimization-A Chemist's Approach. The Royal Society of Chemistry.

24. MATOS, STELVIA VIGOLVINO. Proposta de minimização de resíduos sólidos industriais: estudo de caso com areia de fundição. São Carlos, 1997. 107 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
25. OTTMAN, JACQUELYN A. (1994). Marketing Verde-Desafios e Oportunidades para a Nova Era do Marketing. Makron Books. São Paulo.
26. PARRAVICINI, PITRO L. (1997). Fosfatização Orgânica na Preparação de Superfícies Metálicas. Tratamento de Superfície-ABTS, ano XVIII, nº 82, p.23-35, mar/abr.
27. PAULA Jr., DURVAL RODRIGUES DE. (1995). Impacto Ambiental da Agroindústria: Tecnologias para o Controle de Resíduos. Análise Ambiental: estratégias e ações. ISBS 85-7182-051-1. Congresso de Análise Ambiental. UNESP. Rio Claro, T.A. Queiroz - Ed. Ltda., p.248-254.
28. PEREIRA, RICARDO DE LIMA. (1996). Alternativas da indústria para tratar seus resíduos. Saneamento Ambiental, nº 40, p.22-27, jul/ago.
29. PROCESS DESIGN MANUAL FOR LAND APPLICATION OF MUNICIPAL SLUDGE. (1983). US. Environmental Protection Agency. Cincinnati, OH. EPA 625/1-83-016.
30. REIS, CRISTIANE M. D. F. DE SOUSA. A ecogestão na indústria de celulose e papel e sua relação com o órgão de controle ambiental do Estado de São Paulo. São Carlos, 1997. 142p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

31. REIS, MAURÍCIO J.L. (1996). ISO 14000:Gerenciamento Ambiental-Um Novo Desafio para a sua Competitividade. Rio de Janeiro, Qualitymark Editora.
32. ROCCA, ALFREDO CARLOS C.; et al. (1993). Resíduos Sólidos Industriais. 2ª ed. São Paulo, CETESB.
33. SILVEIRA, GERALDO TADEU R. (1996). Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos Industriais. Saneamento Ambiental, n.40, p.30-35, jul/ago.
34. SCHALCH, VALDIR; WELLINGTON, CYRO DE ALMEIDA LEITE; GOMES, LUCIANA PAULO. (1990). Curso sobre Gerenciamento de Resíduos Sólidos. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL-ABES. Goiânia - GO, jun.
35. VALLE, CYRO EYER DO. (1995). Qualidade Ambiental - O Desafio de ser Competitivo Protegendo o Meio Ambiente. São Paulo, Pioneira.
36. VANCA, PAULO MICHAEL. (1996). Rumo à certificação verde. Revista ABNT-ISO 14000, nº 2, ano 1, out/nov/dez, p.27-30.
37. ZUGMAM, JACOB. (1997). Plano de Economia de Água no Tratamento de Efluentes. Tratamento de Superfície. Associação Brasileira de Tratamento de Superfície. ano XVIII, nº 85, p. 42-49.
38. ZULAUF, WERNER E. (1994). Brasil Ambiental: síndromes e potencialidades. Centro de Estudos Konrd Adenauer-Stiftung, São Paulo, nº 3.

39. WASTE OPPORTUNITY ASSESSMENT MANUAL. (1988). EPA/625/7-88/003. Ohio, USA, jul.

40. PRACTICAL WASTE MANAGEMENT. (1983). Holmes, John R. A Wiley-Interscience Publication. New York.