



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE BAURU

Mestrado em Engenharia Mecânica

Roberta Oliveira Lança

**DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DO
POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS
GERADOS EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

BAURU -SP
Março - 2008



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE ENGENHARIA

CAMPUS DE BAURU

Mestrado em Engenharia Mecânica

Roberta Oliveira Lança

**DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DO
POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS
GERADOS EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Dissertação apresentada à UNESP –
Universidade Estadual Paulista, Faculdade
de Engenharia, Campus de Bauru para
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Mecânica

Orientador:

Prof. Dr. Celso Luiz da Silva

BAURU – SP

Março 2008

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu querido marido Fabio, aos meus pais Roberto e Edna e aos meus irmãos Alison e Silvia.

E agora, também ao meu bebê

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Celso Luiz da Silva, meu orientador, que sempre apoiou a continuidade do trabalho.

A coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Aos funcionários da Pós-Graduação da FEB

Sumário

Dedicatória	II
Agradecimentos	III
Sumário	IV
Lista de Tabelas	VII
Lista de Figuras	VIII
Abreviaturas	IX
Resumo	1
Abstract	2
1. Introdução	3
2. Objetivos	5
2.1 Objetivo Geral	5
2.2 Objetivos Específicos	5
3. Revisão Bibliográfica	6
3.1 A questão ambiental global	6
3.2 Energia x Meio Ambiente	9
3.3 Gestão Ambiental	12
3.4 Energia no Brasil	17
3.4.1 Considerações Gerais	17
3.4.2 Recuperação/Reciclagem energética	19
3.5 Resíduos	21
3.5.1 Definição e Classificação	21

3.5.2 Resíduos Sólidos Industriais	23
3.5.3 A Situação do Resíduo Industrial	24
3.5.4 Gestão do Resíduo Sólido Industrial	26
3.6 Formas de Tratamento de Resíduos	27
3.6.1 Tratamento Físico	29
3.6.2 Tratamento Químico	31
3.6.3 Tratamento Biológico	33
3.6.4 Tratamento Térmico	35
3.7 Processo da Incineração e sua História	38
3.7.1 Evolução da incineração no mundo	38
3.7.2 A incineração no Brasil	41
3.7.3 O processo da incineração	42
3.8 Co-incineração/Co-processamento	49
3.9 Depuração de gases e tratamento dos efluentes líquidos	52
3.10 Características dos resíduos para a incineração	54
3.11 Uso da energia na indústria e as perdas associadas ao descarte de resíduo	57
3.11.1 Uso da Energia	57
3.11.2 Energia associada ao resíduo sólido industrial	58
3.12 Equipamentos de Incineração	59
3.12.1 Incineradores de Grelha	59
3.12.2 Incineradores de Forno	60
3.12.2.1 <i>Injeção líquida</i>	60
3.12.2.2 <i>Forno rotativo</i>	62
3.12.2.3 <i>Forno de múltiplos estágios</i>	64
3.12.2.4 <i>Leito fluidizado</i>	65

4. Materiais e Métodos	69
4.1 Materiais	69
4.2 Métodos	69
5. Resultados e análises	76
6. Conclusões	97
Referências Bibliográficas	99
Anexo A	105
Apêndice A	108

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 – Plantas incineradoras do mundo e suas capacidades	20
Tabela 3.2 – Incineração nos países desenvolvidos	21
Tabela 3.3 – Características de alguns dos principais incineradores instalados no Brasil	43
Tabela 4.1 – Fatores de conversão energética para resíduo	72
Tabela 4.2 – Classificação energética do resíduo sólido destinado ao estudo quantitativo	73
Tabela 4.3 – Fluxograma proposto para a metodologia para a avaliação do potencial energético associado ao resíduo sólido industrial	75
Tabela 5.1 – Resíduos gerados na indústria alimentícia em questão	76
Tabela 5.2 – Resíduos Sólidos Perigosos (classe I) gerados na indústria alimentícia e técnicas de tratamento mais adequadas	91
Tabela 5.3 – Resíduos Classe I e custo de tratamento	92
Tabela 5.4 – Energia associada ao resíduo da empresa estudada	94

Lista de Figuras

Figura 3.1 - Modelo do Sistema da gestão ambiental para a Norma 14.001	14
Figura 3.2 – Incinerador da Essencis	51
Figura 3.3 – Carregamento dos Resíduos	51
Figura 3.4 – Controle da queima dos incineradores	51
Figura 3.5 – Comparação das formas de tratamento de resíduos industriais nos anos de 1999 e 2003 no Brasil	52
Figura 3.6 – Sistema de Incineração	56
Figura 3.7 – Incinerador de injeção líquida	61
Figura 3.8 – Incinerador de forno rotativo	63
Figura 3.9 – Incinerador de câmaras fixas	65
Figura 3.10 – Incinerador de leito fluidizado	66
Figura 5.1 – Porcentagem de resíduos não-perigosos	81
Figura 5.2 – Porcentagem de resíduos perigosos	85

Abreviaturas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEMPRE - Compromisso Empresarial para a Reciclagem
CIESP – Centro das Indústrias do Estado de São Paulo
COT – Carbono Orgânico Total
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO – Demanda Química de Oxigênio
EPA – Environment Protect Agency -USA
ETE – Estação de Tratamento de Efluentes
GIRS – Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
HSWA - Hazardous and Solid Waste Act
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MEC – metil etil cetona
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MME – Ministério de Minas e Energia
PCB – Polifenilas Bicloradas
PCI – Poder Calorífico Inferior
RSU – Resíduo Sólido Urbano

DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS GERADOS EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Resumo

Neste trabalho realizou-se o levantamento de informações dos resíduos gerados em uma indústria alimentícia, suas formas e custo de tratamento, e o potencial energético que esses resíduos representam. O diagnóstico de todos os resíduos gerados por cada área desta indústria foi feito através do levantamento de aspectos e impactos ambientais, ferramenta esta utilizada por empresas que apresentam um sistema de gestão ambiental.

Constatou-se que 97,6% dos resíduos produzidos nesta indústria do segmento alimentício é classificado como não perigoso podendo ter formas de tratamento como aterro sanitário, compostagem e reciclagem. Para resíduos perigosos, 2,4%, foram verificadas outras formas de tratamento, tecnicamente adequadas, que garantissem o mínimo impacto ao meio ambiente como a reciclagem e a incineração.

No entanto, sendo perigosos ou não, e em função dos seus sistemas de tratamento pode-se estimar o potencial energético dos resíduos.

Palavras-chave: resíduos industriais, potencial energético, incineração

Food Industrial Waste diagnostic and assessment of energy potential

Abstract

This research had diagnostic the quantity of waste that is produced in a candy industry, the kind and costs for treatments, and the energy potential insert. First, it was done the research of the waste that it is produced in which area by the aspects and impacts document. After, a study about the kinds of treatment was done to indicate the better one.

As a result, non-hazardous waste were the mainly products (97,6%) that a food industry can produce and the treatments can be landfill, composting and recycle. For the hazardous waste (2,4%) other kinds of treatments were evaluated to sure the minimum impact to the environment as recycle and thermal treatment.

Althout, being hazardous or non-hazardous, it can be estimate the waste potential energy by the kind of the treatment.

Key Words: industrial waste, energy potential, thermal treatment

1. Introdução

Nos dias de hoje, a sociedade tem feito exigências muito fortes com relação à qualidade dos produtos que estão no mercado. Por sua vez, as indústrias estão buscando não só aprimorar o produto que fornecem, mas, também, suas formas de gerenciar a produção enfocando em padrões éticos e ambientais para serem uma fonte adicional de competitividade.

Várias são as técnicas que estão em desenvolvimento para minimizar os impactos ambientais. Estas técnicas envolvem tanto novos equipamentos como também o desenvolvimento de sistemas de gestões mais eficientes. A somatória desses dois elementos é o que acaba por garantir o tratamento adequado dos resíduos e a minimização do uso de recursos naturais. De certa forma as indústrias passaram a ser pró-ativas neste conceito, já que antigamente a única preocupação era cumprir minimamente as legislações, e passaram a trabalhar com metas ambientais de redução do consumo de água, energia e resíduos.

Os resíduos industriais, objeto deste estudo, através das gestões ambientais, fazem parte do ciclo da reciclagem, reutilização ou redução para atender ao novo desafio do milênio que é o Desenvolvimento Sustentável. Quando uma destas três formas não é mais possível, o tratamento por meio físico, químico, biológico e térmico são de fundamental importância. E esta rotina se aplica a diversidade de resíduos que a indústria pode produzir. A opção por um tipo ou outro de tratamento vai depender muito de cada segmento da indústria e das formas de tratamento oferecidas na região. Um exemplo disso é Manaus, com um grande parque industrial, e que, no entanto, apresenta poucas empresas para o tratamento de resíduos prevalecendo a forma térmica como opção mais viável.

Dentre as tecnologias de tratamento disponíveis, a térmica, que visa à destruição completa de um material reduzindo seu volume e o provável impacto que poderia ocorrer se disposto em condições inseguras, tem um crescimento promissor face o aproveitamento de energia que pode ocorrer durante a queima. A incineração pode ser ambientalmente correta e aliada na proteção do meio ambiente já que é um processo complementar ao aterramento e aos programas de reciclagem, desde que as plantas sejam operadas por equipes qualificadas e treinadas, e sejam monitoradas pelos agentes ambientais.

Por outro lado, a gestão ambiental nas indústrias prevê que a demanda por energia para a sua produção está aumentando e tal recurso está cada vez mais escasso. Assim, novas formas de energia terão que ser utilizadas. E por que não utilizar resíduos como novos materiais para geração de energia já que sua destruição é necessária em função dos riscos ambientais?

Portanto, a fim de verificar o que as grandes indústrias da região de Bauru têm feito em relação ao tratamento dado aos seus resíduos e à necessidade de demanda por energia, foi selecionada uma de macro porte, no ramo alimentício, para se fazer um estudo de caso aplicando, também, parte de uma metodologia para saber se os resíduos gerados ao longo de um ano nesta indústria o tornam potenciais fontes de geração de energia.

2. Objetivos

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho busca avaliar o potencial energético teórico associado ao resíduo sólido industrial gerado em uma indústria alimentícia da região de Bauru.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- diagnosticar, quantificar e classificar os resíduos gerados na indústria estudada;
- levantar informações sobre as formas de tratamento existente para tais resíduos e o custo para tratamento;
- dentre as tecnologias de tratamento fazer a análise daquela que mais se aplica a cada tipo de resíduo considerando seu impacto ambiental;
- verificar o potencial energético com as tecnologias de tratamento adotando parcialmente o procedimento proposto por Batista (2004).

3.Revisão Bibliográfica

3.1 A QUESTÃO AMBIENTAL GLOBAL

O desafio do desenvolvimento, no século passado, esteve diretamente associado à revisão da própria concepção de desenvolvimento, atrelada à idéia de progresso representada por crescimento econômico e industrialização, às custas do uso intensivo de energia, da exaustão dos recursos naturais e poluição ambiental (ALTVATER, 1995).

A contradição entre desenvolvimento tecnológico industrial e proteção ao meio ambiente tornou-se mais clara nas últimas décadas. O surgimento de movimentos ambientalistas e estudos científicos em conferências destinados a discutir e buscar soluções para a crescente degradação ambiental no planeta evidenciaram o tamanho do problema, que passou a ser tema constante em discussões governamentais e não governamentais em todo o mundo (BRÜSEKE, 1996).

O desenvolvimento tecnológico possibilita novos padrões de consumo e comportamento que têm implicado em impacto ambiental crescente. Por outro lado, grande parcela da população mundial, ainda, não tem suas necessidades básicas atendidas. A elevação do padrão mundial de consumo, para os níveis praticados, atualmente, no mundo desenvolvido, revela-se improvável devido à capacidade limitada de suporte dos recursos do planeta (ALTVATER, 1995).

Os impactos do consumo da sociedade são grandes responsáveis pela deterioração ambiental, seja no processo de extração de matéria prima, seja no

processo produtivo propriamente dito ou, mesmo, no consumo e descarte dos produtos (SMA, 1997).

Segundo Schindler e Salati (2007), os efeitos ambientais, econômicos e sociais das mudanças climáticas, de acordo com todos os modelos desenvolvidos até a presente data, serão no mínimo severos, podendo alcançar proporções catastróficas antes do final do presente século. A humanidade começa a ter consciência desse perigo iminente e se mobiliza cada vez mais fortemente para enfrentar os problemas dele decorrentes. A solução deverá surgir através de diferentes iniciativas que conduzam a uma matriz energética mais limpa, legislações mais severas com relação à conservação dos ecossistemas naturais, maior racionalidade e eficiência nos sistemas de transporte, etc.

Ainda citam que o último relatório do IPCC (International Panel on Climate Change), divulgado em fevereiro de 2007, evidenciou que as mudanças climáticas decorrentes de atividades humanas já estão ocorrendo em uma escala global e que as previsões para o século XXI são preocupantes. Em decorrência da concentração dos gases de efeito estufa, a temperatura média da atmosfera aumentou em 0,74°C (1906 – 2005) e o nível dos oceanos em 30 cm. Foram ainda observados incrementos nas temperaturas das águas oceânicas até 3.000m de profundidade, acarretando aumento na evaporação, sendo hoje a umidade relativa do ar acima das observadas historicamente. Esse aumento da temperatura e da umidade explica as tendências observadas em fenômenos mais dinâmicos da atmosfera, que resultam na ampliação da frequência e da intensidade de eventos extremos, como furacões, tempestades, ondas de calor, secas, etc. As causas dessas alterações do equilíbrio dinâmico milenar do planeta estão ligadas principalmente a duas atividades humanas: o uso de combustíveis fósseis (carvão mineral e petróleo) e o

desmatamento. As condições climáticas futuras dependerão do comportamento da humanidade frente ao uso desses recursos.

Tendo em vista que a redução do crescimento geral da economia e da população é impossível a curto prazo, dificilmente se poderá alterar de forma rápida e contundente a fonte de energia baseada nos combustíveis fósseis. Assim, a tendência até o fim do século XXI é que existam ampliações nas mudanças climáticas globais, atingindo a temperatura média do planeta valores de até 6,4°C em relação à média observada atualmente e o nível do oceano subindo até 59 cm no mesmo período (SCHINDLER e SALATI, 2007),.

Por fim, concluem que dentre as atividades humanas que podem contribuir para o controle dessas variações climáticas, estão as seguintes:

- Uso de energias alternativas, como solar, eólica, nuclear e bio-combustíveis;
- Melhoria na eficiência do uso de energia;
- Seqüestro de carbono nas atividades de manejo florestal e no reflorestamento .

Na Agenda 21(ONU, 1992), documento resultante da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio-92, foram propostas, aos diversos países do mundo, medidas para garantia do desenvolvimento sustentável no século XXI, visando à melhoria da qualidade de vida para as atuais e futuras gerações. Trata-se de transformações de caráter científico, tecnológico, cultural e de valores, estimulando à adoção de parâmetros sustentáveis de produção e consumo. É destacado, ainda, nos capítulos 19, 20, 21 e 22, a necessidade do manejo ambientalmente saudável de substâncias químicas tóxicas, resíduo perigoso, resíduo sólido e resíduo radioativo, respectivamente. Nestes capítulos, é proposto, como meta, a redução, ao mínimo, do uso e produção deste material,

através de programas de prevenção da poluição, uso de tecnologias limpas, entre outras medidas. No caso do resíduo sólido, é recomendada a seguinte hierarquia de objetivos: redução ao mínimo da geração de resíduo; aumento ao máximo da reutilização e reciclagem ambientalmente saudáveis; promoção do depósito e tratamento ambientalmente saudáveis de resíduo; e , ampliação do alcance dos serviços que se ocupam de resíduo.

3.2 ENERGIA X MEIO AMBIENTE

As transformações industriais, ocorridas no século XIX, deram início à produção de grandes quantidades de energia e de bens de consumo, alternando o equilíbrio dos ciclos naturais de decomposição e reciclagem da matéria orgânica devido à maior quantidade de resíduo gerado e, especialmente, à qualidade deste, com o surgimento do resíduo sintético e o orgânico de difícil decomposição (GANDOLLA e DUGNANI, 1990; TRONCONI et al , 1991).

O sistema tecnológico contemporâneo, movido à custa de grandes aportes energéticos, apresenta limites à sua manutenção: o primeiro, vincula-se ao uso predominante de energia obtida de recursos não renováveis, os combustíveis fósseis, responsáveis pela liberação de CO na atmosfera e gases de enxofre, nitrogênio, entre outros poluentes. O segundo, refere-se à produção de resíduo, resultante da produção industrial, em níveis superiores à capacidade de suporte dos ecossistemas, com o conseqüente comprometimento da vida no planeta (TRONCONI et al, 1991).

A deterioração ambiental decorrente das atividades industriais, da geração e uso da energia, e a disposição inadequada de resíduo urbano (líquido e sólido)

afetam não só a saúde, como de um modo geral, à qualidade de vida da população. São manifestações locais de um fenômeno global representado pelo avanço da industrialização e dos problemas sócio-ambientais em escala planetária (FERREIRA, 1998).

Os problemas ambientais relacionados ao uso da energia obtida dos combustíveis fósseis envolvem impactos ambientais regionais e globais ocasionados pela emissão de gases precursores do fenômeno da acidificação (NO_x e SO_x , principalmente) e de gases responsáveis pelo efeito estufa (GOLDEMBERG, 2002; CETESB, 2002). De acordo com Goldemberg (2002), as emissões antropogênicas de gases do efeito estufa, em sua maior parte, provenientes da produção e uso de energia, estão alterando a atmosfera de tal modo a, possivelmente, ocorrer uma influência visível no clima global.

Existem, atualmente, no mundo, dois bilhões de pessoas sem acesso aos serviços de energia e, no final do século 21, haverá mais quatro bilhões de habitantes no planeta (NAKICENOVIC, 2002). De acordo com Silvia e Bermann (2002), a relação histórica entre o consumo de energia e o desenvolvimento das sociedades mostra que quanto mais acentuado é este processo, maior a quantidade de energia consumida. Apesar das iniciativas de eficiência energética, a validade desta relação projeta um futuro sombrio para a humanidade, uma vez que estas iniciativas, ainda, não são suficientes para reduzir o consumo mundial de energia e o processo de desenvolvimento é contínuo, conseqüentemente, se a oferta de energia for proporcionada por sistemas altamente poluidores, como os atuais padrões de produção e consumo de energia, baseados em combustíveis fósseis, haverá um inevitável aumento dos problemas ambientais no planeta.

Uma sociedade sustentável implica em grandes mudanças sociais, econômicas e culturais em relação à atual, que se traduzem em: melhor distribuição de renda, disseminação da educação e informação, maior participação social, novos processos de produção, adequação dos padrões de consumo globais à capacidade de suporte do planeta, entre outros. Diversos caminhos têm sido buscados para alcançá-la, o que é bom que aconteça, mesmo que nem todos se mostrem eficazes, pois a política da sustentabilidade é a política genérica da mudança social e política, não a de uma ou outra teoria (MARINHO, 2001).

Nakicenovic (2002) observa que o crescimento em pesquisa e desenvolvimento para novas tecnologias energéticas são pré-requisitos para o alcance de cenários sustentáveis nos sistemas energéticos no século 21. Em geral, mudanças políticas e comportamentais significativas serão necessárias nas próximas décadas para alcançar caminhos mais sustentáveis para o desenvolvimento.

Segundo Silva e Bermann (2002), para minimização dos impactos negativos dos padrões de produção e consumo de energia sobre o ambiente, três estratégias de ação estão sendo implementadas no mundo inteiro: inibição, mitigação e reestruturação. As estratégias de inibição buscam restringir o consumo de fontes energéticas mais poluidoras. Como exemplo, mencionam-se as multas e os impostos verdes, as legislações ambientais e os cortes de subsídios da energia. As estratégias de mitigação objetivam minimizar ou evitar os impactos ambientais provocados pela produção e consumo de energia. As estratégias de reestruturação visam a modificar as estruturas dos sistemas energético e produtivo, bem como os hábitos da sociedade, através, por exemplo, da substituição de fontes energéticas, da produção de materiais menos intensivos no uso de energia, da utilização de

tecnologias mais eficientes e da reestruturação do sistema de transporte. Estes autores concluem, ressaltando, que o êxito das políticas de redução dos impactos ambientais decorrentes dos padrões energéticos, em muitos casos, significa a adoção da complementaridade das estratégias mencionadas.

3.3 GESTÃO AMBIENTAL

Brollo e Silva (2001) refere-se à gestão ambiental como a administração integrada de uma reunião ou ambiente, com critérios de equilíbrio, promovendo o desenvolvimento e bem estar harmonioso dos seres humanos, através da melhoria da qualidade de vida e manutenção da disponibilidade dos recursos naturais, sem esgotar e/ou deteriorar os recursos renováveis e sem destruir os não-renováveis.

Para Bruns (2003), a gestão ambiental visa a ordenar as atividades humanas para que estas originem o menor impacto possível sobre o meio. Esta organização vai desde a escolha das melhores técnicas até o cumprimento da legislação e a alocação correta de recursos humanos e financeiros.

Organizações de todos os tipos estão cada vez mais preocupadas em atingir e demonstrar um desempenho ambiental correto, controlando o impacto de suas atividades, produtos e serviços no meio ambiente levando em consideração sua política e seus objetivos ambientais. Esse comportamento se insere no contexto de uma legislação cada vez mais exigente, do desenvolvimento de políticas econômicas, de outras medidas destinadas a estimular a proteção ao meio ambiente e de uma crescente preocupação das partes interessadas em relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável (VERITAS, 2001).

Muitas organizações têm efetuado “análises” ou “auditorias” ambientais a fim de avaliar seu desempenho ambiental. No entanto, por si só, tais “análises” e “auditorias” podem não ser suficientes para proporcionar à uma organização a garantia de que seu desempenho não apenas atende, mas continuará a atender, aos requisitos legais e as de sua própria política. Para que sejam eficazes, é necessário que esses procedimentos sejam conduzidos dentro de um sistema de gestão estruturado e integrado ao conjunto das atividades de gestão (QSP, 2005).

Segundo QSP - Centro de Qualidade, Segurança e Produtividade para o Brasil e América Latina (2005) a Norma NBR ISO 14.001/2004 especifica os requisitos para que um sistema de gestão ambiental capacite uma organização a desenvolver e implantar uma política e objetivos que levem em consideração requisitos legais e informações sobre aspectos ambientais significativos. Pretende-se que se aplique a todos os tipos e portes de organizações e para adequar-se a diferentes condições geográficas, culturais e sociais. A base desta abordagem está representada na Figura 3.1.

O sucesso do sistema depende do comprometimento de todos os níveis e funções, especialmente da alta administração. Um sistema deste tipo permite a uma organização desenvolver uma política ambiental, estabelecer objetivos e processos para atingir os comprometerimentos da política, agir, conforme necessário, para melhorar seu desempenho e demonstrar a conformidade do sistema com os requisitos da Norma. A finalidade da NBR 14.001/04 é equilibrar a proteção ambiental e a prevenção de poluição com as necessidades socioeconômicas.

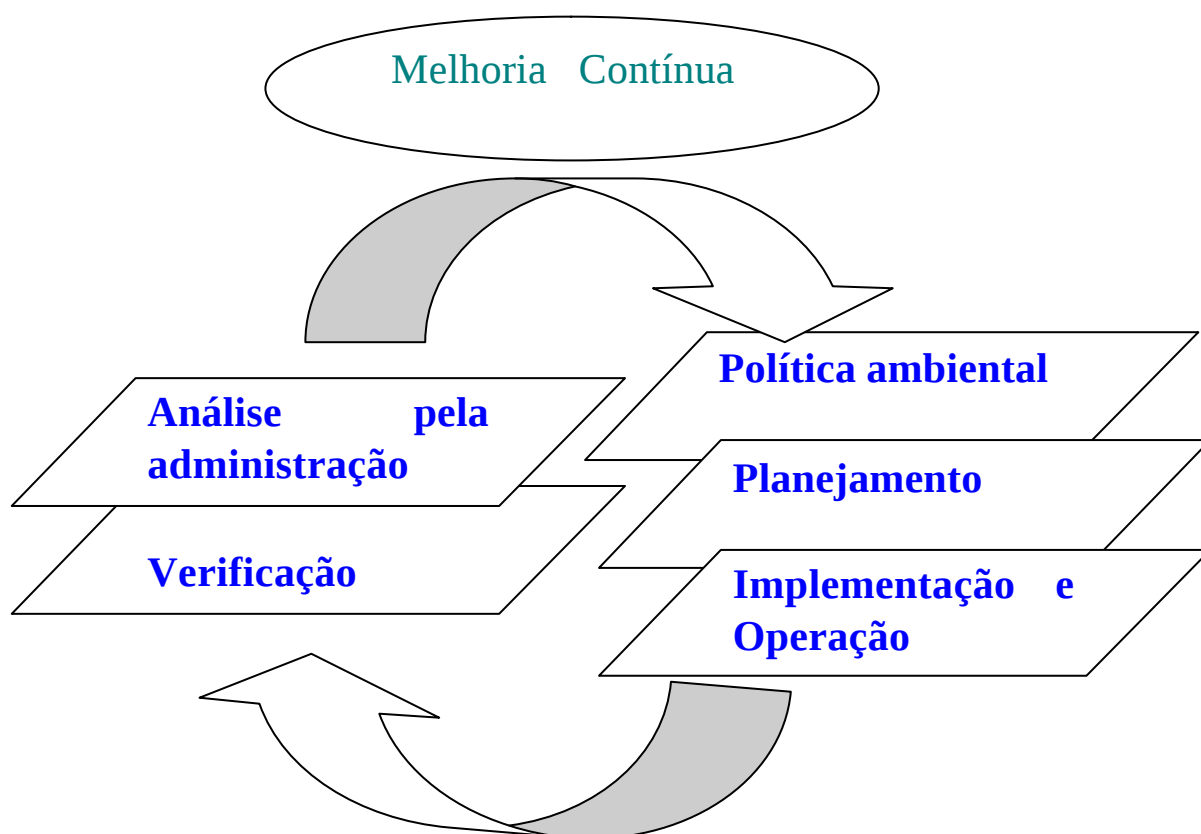


Figura 3.1: Modelo do Sistema da gestão ambiental para a Norma 14.001

Ainda por QSP (2005) a Norma é baseada na metodologia conhecida como Plan-Do-Check-Act (PDCA)/(Planejar-Executar-Verificar-Agir). O PDCA pode ser descrito brevemente da seguinte forma:

- Planejar: estabelecer os objetivos e processos necessários para atingir os resultados em concordância com a política ambiental da organização;
- Executar: implantar processos;
- Verificar: Monitorar e medir os processos em conformidade com a política ambiental, objetivos, metas, requisitos legais e outros resultados;
- Agir: agir para continuamente melhorar o desempenho dos sistemas de gestão ambiental.

Existe uma importante distinção entre a NBR 14.001/04, que descreve os requisitos para certificação/registro e/ou auto declaração do sistema de gestão ambiental de uma organização, e uma diretriz não-certificável destinada a prover orientação genérica a uma organização que visa implementar ou aprimorar um sistema de gestão ambiental. A gestão ambiental abrange uma vasta gama de questões, inclusive aquelas com implicações estratégicas e competitivas. A demonstração de um processo bem-sucedido de implementação da NBR 14.001/04 pode ser utilizada por uma organização para assegurar às partes interessadas que ela possui um sistema de gestão ambiental apropriado em funcionamento (VERITAS, 2001).

A NBR ISO 14.001 não estabelece requisitos absolutos para o desempenho ambiental além do comprometimento, expresso na política, de atender à legislação e regulamentos aplicáveis e com a melhoria contínua. Assim, duas organizações que desenvolvam atividades similares, mas que apresentem níveis diferentes de desempenho ambiental, podem, ambas, atender aos seus requisitos (VERITAS, 2001).

A adoção e implementação, de forma sistemática, de um conjunto de técnicas de gestão ambiental pode contribuir para a obtenção de resultados ótimos para todas as partes interessadas. Para atingir os objetivos ambientais, convém que um sistema de gestão ambiental estimule as organizações a considerarem a implementação da melhor tecnologia disponível, quando apropriado e economicamente exequível. Além disso, é recomendado que a relação custo/benefício de tal tecnologia seja integralmente levada em consideração (QSP, 2005)

A ISO 14.001/2004 especifica os quesitos relativos a um sistema de gestão ambiental, permitindo a uma organização formular uma política e objetivos que levem em conta os requisitos legais e as informações referentes aos impactos ambientais significativos. Ela se aplica aos aspectos ambientais que possam ser controlados pela organização e sobre os quais presume-se que ela tenha influência. Em si, ela não prescreve critérios específicos de desempenho ambiental (QSP, 2005).

Ainda QSP (2005) cita que a subseção 4.3.1 da ISO 14.001 visa prover um processo que permita uma organização identificar os aspectos ambientais significativos, recomendando-se que sejam tratados prioritariamente pelo sistema de gestão ambiental da organização.

Pelo mesmo autor é recomendado que uma organização identifique os aspectos ambientais dentro do escopo de seu sistema de gestão ambiental, levando-se em consideração as entradas e saídas (tanto intencionais quanto não-intencionais) associadas às suas atividades, produtos e serviços relevantes presentes, passados, planejados ou de novos desenvolvimentos, ou associadas a atividades, produtos e serviços novos ou modificados. Recomenda-se que este processo considere as condições operacionais normais e anormais, condições de para da e partida, assim como situações de emergência razoavelmente previsíveis.

Muito embora não exista uma abordagem única para se identificar aspectos ambientais, a abordagem poderia, por exemplo, considerar: emissões atmosféricas, lançamentos em corpos d'água, lançamentos no solo, uso de matérias-primas e recursos naturais, uso de energia, energia emitida, por exemplo, calor, radiação, vibração, resíduos e subprodutos (QSP, 2005).

Adicionalmente aos aspectos ambientais que pode controlar diretamente, a organização deve também considerar aspectos que possa influenciar, como por exemplo aqueles associados a bens e serviços por ela utilizados e produtos e serviços que ela forneça (projeto e desenvolvimento, processos de fabricação, embalagem e transporte, gerenciamento do resíduo, extração e distribuição de matérias-primas e recursos naturais). Porém, em todas as circunstâncias, é a organização que determina o grau de controle, bem como os aspectos que ela possa influenciar (QSP, 2005).

Mudanças no meio ambiente, prejudiciais ou benéficas, que resultem total ou parcialmente dos aspectos ambientais, são chamadas de impactos ambientais. A relação entre aspectos e impactos ambientais é uma relação de causa e efeito.

QSP (2005) finaliza que uma vez que a organização pode ter muitos aspectos ambientais e impactos associados, é recomendado que ela estabeleça critérios e um método para determinar aqueles impactos que serão considerados significativos. Não há um método único para que os aspectos ambientais significativos sejam determinados. Contudo, recomenda-se que o método utilizado forneça resultados coerentes e inclua o estabelecimento e a aplicação dos critérios de avaliação, tais como aqueles relativos às questões ambientais, questões legais e às preocupações das partes interessadas internas e externas.

3.4 ENERGIA NO BRASIL

3.4.1 Considerações Gerais

Segundo dados da ANEEL apresentados no site Ambientebrasil o Brasil possui no total 1.429 usinas, onde 1.076 estão em operação, gerando 76.136.364

kW de potência, 110 usinas em construção para gerar 13.115.580 KW e outras 243 com sua construção prevista (entre 1998/2001) com geração 26.880.306 KW.

Lora (2000) cita que o Brasil tem um consumo de energia per capita aproximadamente igual à média mundial. Como particularidade do setor energético brasileiro pode-se indicar a alta porcentagem correspondente ao consumo de fontes renováveis, que chega a ser de 59%. A biomassa e os combustíveis obtidos a partir dela (carvão vegetal e álcool) representam 18% do consumo total de energia.

Ainda segundo Lora (2000) as reservas de combustíveis de boa qualidade no Brasil não são grandes. Desta forma, as reservas de petróleo são avaliadas como suficientes para 22 anos. Por outro lado, Campbell e Laherrere (1998) também afirmam que durante a próxima década o fornecimento de petróleo não será suficiente para satisfazer a demanda. Estas conclusões são resultados de uma análise criteriosa de diferentes dados sobre reservas atuais de petróleo e diferentes países e regiões do mundo.

Para o Brasil os maiores potenciais correspondem à energia hidráulica e ao carvão mineral. Porém as duas fontes apresentam restrições ambientais fortes. O potencial hidrelétrico do País, aproveitado somente 23%, tem sua maior capacidade na região amazônica, onde a inundação de enormes áreas para a construção dos reservatórios das hidrelétricas poderia trazer como resultado uma catástrofe ambiental e conseqüências imprevisíveis. Por outro lado, o carvão brasileiro, caracterizado por altos teores de enxofre e cinzas, precisaria do amadurecimento das “tecnologias limpas” para seu aproveitamento energético em grande escala (LORA, 2000).

O consumo de combustíveis fósseis responde pela maior parte da poluição ambiental. As fontes renováveis de energia (solar, eólica, geotérmica, biomassa,

etc) caracterizam-se por impactos ambientais muito menores, que o uso de combustíveis fósseis. O desenvolvimento tecnológico nos últimos 20 anos tem provocado uma redução sensível no custo de energia final obtida a partir destas fontes. Em alguns casos o kWh de eletricidade já apresenta preços competitivos. Assim, as fontes renováveis de energia podem chegar a ser, num futuro próximo, uma oportunidade de negócios no setor energético (LORA, 2000).

3.4.2 Recuperação/Reciclagem Energética

Segundo Menezes (2000) não há efetivamente, hoje, no Brasil, projetos representativos para geração de energia através de resíduos urbanos. Em vários países encontram-se termelétricas movidas a carvão e lixo em fornos contíguos e com os ciclos de vapor integrados na geração de energia elétrica. No Brasil deveria-se já estar considerando a implantação de termelétricas à gás e lixo e, desta forma buscar equacionar ambos os problemas: de energia e do tratamento ambientalmente correto dos resíduos, para atender as exigências do meio ambiente.

Ainda, segundo Menezes (2000), em números aproximados pode-se afirmar que 1 tonelada de RSU equivale a 200 kg de carvão ou 250 kg de combustível, 30 t de água quente ou ainda 500 kWh de energia elétrica. O calor recuperado pela incineração pode representar cerca de 6 a 7 % da energia consumida pela população que gera o RSU, e a energia recuperada em um sistema de tratamento de RSU tem sido utilizada para:

- Gerar água quente para o próprio processo e distribuição a hospitais, piscinas municipais e sistemas de calefação;
- Gerar vapor para uso industrial;
- Gerar energia elétrica para uso na planta e distribuição local;

- Gerar frio convertido a partir do vapor, para uso em sistemas de condicionamento de ar para indústrias, shopping centers, aeroportos, etc.

A tecnologia atualmente disponível de projeto de incineradores pode prever a geração de até 0,95 kWh/t processada, sendo que a grande maioria dos sistemas instalados gera de 0,4 a 0,95 kWh/t de capacidade. Naturalmente esta geração dependerá fortemente do poder calorífico do RSU processado (Menezes, 2000).

A título de exemplo, Menezes (2000) apresentou uma listagem com algumas plantas e suas capacidades instaladas e geração de energia que pode ser vista na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Plantas incineradoras no mundo e suas capacidades

Localização	Capacidade de tratamento t/dia	Produção de energia bruta MW
Tsurumi, Japan	600	12
Tomida, Nagoya, Japan	450	6
Dickerson, Maryland, USA	1.800	63
Alexandria, Virginia, USA	975	22
Isvag, Antuérpia, Bélgica	440	14
Savannah, USA	690	12
Izmit, Turquia	96	4
UIOM Emmenspitz, Suíça	720	10
Wells, Áustria	190	7

Fonte: Menezes, 2000

A experiência atual indicaria que a geração de energia elétrica se torna rentável em instalações com capacidades de processamento acima de 250 t/dia. Abaixo desta capacidade a energia é normalmente aproveitada apenas para uso da própria planta (Menezes, 2000).

No Brasil, até o momento, conforme já exposto anteriormente, as aplicações da incineração se restringem ao processamento de resíduos perigosos e de alto risco, industriais, hospitalares e aeroportuários, e pouco tem sido efetivamente realizado no que se refere à reciclagem da energia contida (Menezes, 2000).

Ainda, segundo Menezes (2000) a Tabela 3.2, mostra o elevado percentual de resíduos sólidos urbanos que têm sido processados por incineração nos países desenvolvidos, bem como a recuperação de energia.

Tabela 3.2: Incineração nos países desenvolvidos

País	População (milhões)	Geração de lixo(milh.t/a)	No. de incineradores	% incinerado	Recuperação de energia
Suíça	7	2,9	29	80	80 %
Japão	123	44,5	1893	72	Principais
Dinamarca	5	2,6	32	65	100%
Suécia	9	2,7	21	59	100%
França	56	18,5	100	41	68% da capac.
Holanda	15	7,1	9	39	50% das usinas
Alemanha	61	40,5	51	30	
Itália	58	15,6	51	17	30% da capac.
USA	248	180,0	168	19	75 % das usinas
Espanha	38	11,8	21	15	24 % das usinas
Reino Unido	57	35,0	7	5	25 % da capac.

Fonte: Lima, 1994; BNDES, 1997.

3.5 RESÍDUOS

3.5.1. Definição e Classificação

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) pela Norma 10.004/2004 define Resíduos Sólidos aqueles nos estados sólido e semi-sólido, que resultem de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial,

agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível.

Segundo Silva (1998) os resíduos sólidos podem apresentar um número variável de classificações mas em relação à origem podem ser divididos nas seguintes categorias: doméstico, comercial, institucional, construção e demolição, serviços municipais, estações de tratamento, industrial e agrícola.

Segundo a ABNT (2004), os resíduos sólidos são classificados pela NBR 10.004 como Resíduos Classe I ou Resíduos Classe II-A e II-B. Os Resíduos Classe I são resíduos perigosos que em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para o aumento da mortalidade ou incidência de doenças, e que apresentam riscos ao meio ambiente, quando manejados ou dispostos de forma inadequada. Já os resíduos classe II-B, inertes, são aqueles que quando submetidos ao ensaio de solubilização (NBR 10.006 “Solubilização de Resíduos”) não apresentam quaisquer de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, conforme a Listagem no. 8 da NBR 10.004, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor. Os resíduos classe II-A são aqueles que não se enquadram na Classe I ou na Classe II-B e geralmente incluem os resíduos combustíveis, biodegradáveis e solúveis em água.

Também de acordo com a ABNT os resíduos são classificados em função de suas propriedades físico-químicas ou infectocontagiosas e através da identificação dos contaminantes presentes em sua massa.

A NBR 10.004/2004 apresenta ainda listagens para facilitar a classificação dos resíduos sólidos conforme Anexo A.

3.5.2. Resíduos Sólidos Industriais

De acordo com IPT/CEMPRE (2000), o resíduo industrial tem origem nas atividades de diversos ramos da indústria: metalúrgica, química, petroquímica, papelaria, alimentícia, entre outras e possui composição bastante variada, podendo ser representado por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibras, borracha, metal, escórias, vidros, cerâmica, entre outros. Nesta categoria, inclui-se a grande maioria do resíduo considerado tóxico. Segundo MMA (Ministério do Meio Ambiente, 2003), as indústrias, tradicionalmente, responsáveis pela maior produção de resíduo perigoso são as metalúrgicas, químicas, de equipamentos eletro-eletrônicos, as fundições e a indústria de couro e borracha.

Segundo Lora (2000) a classificação dos resíduos sólidos industriais é realizada com três objetivos básicos:

- caracterização: conhecer propriedades ou características dos resíduos que possam causar algum dano ao homem ou ao meio ambiente;
- disposição: permitir a tomada de decisões técnicas e econômicas em todas as fases do tratamento de resíduos sólidos;
- mobilização: concentrar esforço da sociedade no controle dos resíduos cuja liberação para o meio ambiente seja problemática, de tal modo a permitir a tomada

de decisões técnicas e econômicas em todas as fases do trato do resíduo, visando sua disposição.

3.5.3 A Situação do Resíduo Industrial

Quanto ao resíduo industrial, BIO (2002) destaca que a situação é bastante precária, uma vez que, 88,4% dos municípios pesquisados não controlam este resíduo. Acrescenta que, do resíduo industrial coletado pela municipalidade, a maior parte é disposta juntamente com o resíduo doméstico.

Schneider, et al (2000) afirmam que, no caso brasileiro, há uma carência de estudos sistemáticos sobre o tema. Acrescentam que os inventários de resíduos industriais realizados no Brasil iniciaram em 1988 e não foram divulgados em âmbito nacional, não sendo possível estimar a quantidade e as fontes geradoras. Schneider et al (2000) ressaltam que a diversidade e o porte do parque industrial brasileiro permitem afirmar que, em termos ambientais, a quantidade e a qualidade do resíduo gerado assumem importância considerável no processo de degradação do meio ambiente.

Quanto ao resíduo industrial perigoso, Carlos (2002) enfatiza que a prática tradicional de se enterrar o resíduo em um canto do terreno da própria empresa, sem o controle necessário, vem disseminando, no território, autênticas bombas de efeito retardado, uma vez que, a contaminação resultante do lançamento indiscriminado de resíduo, às vezes, só se faz sentir após muitos anos, levando ao total comprometimento da área em um quadro irreversível.

De acordo com Signus (2003), citando dados da ABETRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais, os principais centros geradores de resíduo industrial são: no Estado de

São Paulo, Região Metropolitana de São Paulo, Baixada Santista, Campinas, Sorocaba e Vale do Paraíba; no Rio de Janeiro, Região Metropolitana e Vale do Paraíba carioca; na Bahia, a geração está concentrada no Pólo Industrial de Camaçari; em Minas Gerais, na região Metropolitana e no sul do Estado; no Paraná, por exemplo, a região Metropolitana de Curitiba responde pela maior parte da geração de resíduo; e, no Rio Grande do sul, a Região Metropolitana de Porto Alegre concentra a maior geração de resíduo.

No Estado de São Paulo, unidade da Federação com maior concentração industrial, o quadro ambiental da última década reflete o modelo de desenvolvimento adotado na região e as deficiências das políticas públicas na área ambiental. Verifica-se o uso intensivo dos recursos naturais, a concentração urbana e a degradação ambiental. As atividades urbano-industriais no Estado têm gerado escassez de água, acúmulo de resíduo sólido no ambiente, poluição do ar, esgoto descartado “in natura”, entre outros (HOGAN et al, 2000). Quanto à atividade industrial, Hogan et al (2000) avaliam que o parque industrial do Estado, em decorrência da velocidade com que foi implantado e da utilização que faz de processos tecnológicos com grande capacidade de transformação, além de explorar irracionalmente os recursos naturais, consome altas quantidades de matérias-primas e energia, produzindo enormes volumes de rejeitos, sem levar em conta sua disposição adequada.

No Estado de São Paulo, são gerados, anualmente, 535 mil toneladas de resíduos Classe I, perigoso, e 25 milhões de toneladas de resíduo Classe II, de acordo com o levantamento realizado em 1996 (UNILIVRE, 2003 e VENTURA e BRANDÃO, 2002). Unilivre (2003) observa que a principal atividade industrial geradora de resíduo perigoso é a química, que gera 177 mil ton/ano,

correspondendo a, aproximadamente, 33% do total de resíduo Classe I gerado no Estado.

De acordo com MMA (2003), comentando dados do ano de 1995/1996 para a Região Metropolitana de São Paulo, do total de 2,5 milhões de toneladas de resíduo industrial gerado por ano, 188 mil toneladas são consideradas tóxicas (classe I), das quais 44% são depositadas de forma inadequada e o restante é estocado ou recebe algum tratamento. O tratamento mais comum é a incineração. Cerca de 20 mil toneladas são queimadas, anualmente, em uma das 13 instalações existentes. A maior parte do resíduo industrial, no entanto, é resíduo classe II. Destes, 56% é tratado ou estocado. A outra parte é depositada em aterros e lixões sendo que 866 mil toneladas por ano (84%) são depositadas em locais inadequados. A principal forma de destinação de resíduo sólido industrial continua sendo o depósito em lixões municipais (14%) e lixões particulares (20%). O resíduo, ainda, é estocado em lagoas (12%), vendido a terceiros (17%) ou processado ou reciclado externamente (17%).

3.5.4 Gestão de resíduo sólido industrial

Segundo Lima (1998), a gestão de resíduo sólido constitui um conjunto de atividades de caráter político estratégico, econômico, organizacional, técnico e administrativo, com o objetivo de propiciar a adoção de ações sistêmicas, integradas e articuladas do diferentes agentes sociais, de modo a encaminhar soluções para os problemas de geração, tratamento e disposição final do resíduo.

De acordo com Teixeira (2000), após a Rio-92, oficializou-se a política de busca de minimização do resíduo sólido e, conseqüentemente, a utilização do conceito de gerenciamento integrado. Assim, o manejo sustentável de resíduo

pressupõe a busca da minimização, seguida pela organização da coleta, transporte, tratamento e/ou destino final do que, de fato, não possa ser reutilizado ou reciclado.

De acordo com Brollo e Silva (2001), atualmente, são diretrizes prioritárias de políticas de resíduos: evitar ou nos casos em que não for possível, diminuir a produção de resíduos, reutilizar, ou quando não for possível, reciclar resíduos; utilizar a energia contida nos resíduos; tornar inertes os resíduos antes da disposição final.

3.6 FORMAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Define-se por tratamento de resíduos sólidos qualquer processo que altere as características, composição ou propriedades do resíduo, de maneira a tornar menos impactante sua disposição final no solo ou simplesmente sua destruição (LORA, 2000)

Segundo Lora (2000), os métodos de tratamento podem envolver uma ou mais das seguintes formas de processamento:

- convertendo os constituintes agressivos em formas menos perigosas ou insolúveis;
- destruindo quimicamente os produtos indesejáveis;
- separando da massa de resíduos os constituintes perigosos, com a conseqüente redução do volume a ser disposto;
- alterando a estrutura química de determinados produtos, tornando mais fácil sua assimilação pelo meio ambiente.

Brasil (2004) cita que o tratamento de resíduos pode ocorrer de diversas formas, de acordo com sua composição, que determina o método mais adequado para a sua neutralização e/ou reaproveitamento, através da reciclagem ou reprocessamento. Lora (2000) cita que são conhecidos mais de trinta processos de tratamento de resíduos industriais que podem ser agrupados em três grandes classes:

- processos de tratamento físicos;
- processos de tratamento químicos;
- processos de tratamento biológicos;

Ainda segundo Lora (2000), destacam-se nesses processos , a incineração (tratamento químico), por constituir-se num processo de destruição e único recomendado para muitos resíduos; o encapsulamento (tratamento físico), muito útil para a disposição de resíduos em aterros e o *landfarming* (tratamento biológico) que, devido às condições climáticas e características geográficas do Brasil, tornam esse método viável para a degradação de borras oleosas de fundo de tanques de armazenamento de derivados de petróleo.

No entanto, para Rocca et al (1993), a minimização deve ser o grande alvo no gerenciamento de resíduos e se baseia na adoção de técnicas que possibilitem a redução do volume e/ou toxicidade dos resíduos, conseqüentemente, da sua carga poluidora. Para estes autores destaca-se como objetivo da minimização de resíduos a prevenção da geração de resíduos perigosos e a utilização de alternativas de disposição que não incluam a destinação do solo.

Ainda segundo este autor as práticas de minimização de resíduos têm-se mostrado economicamente vantajosas já que oferecem uma possibilidade de

redução dos custos de destinação associada à alteração das características qualitativas e quantitativas dos resíduos e obtenção de receita pela comercialização dos produtos obtidos no tratamento e/ou separação dos resíduos.

Para Brasil (2004), os tratamentos mais usuais são os químicos e os físicos, dentre outros, que serão detalhados a seguir:

3.6.1 Tratamento físico

a) Separação líquido-sólido: o tratamento visa, através de processos físicos, como a decantação, filtração, fitorretenção, etc, separar o sólido do líquido concentrando os materiais assim obtidos, tanto orgânicos quanto inorgânicos, para tratamento adequado a cada material (BRASIL, 2004).

b) Encapsulamento: Consiste no envolvimento de resíduos por materiais inertes. São técnicas que, uma vez garantida a viabilidade do invólucro, oferecem segurança muito grande contra a lixiviação dos poluentes encapsulados. Quando se trata de resíduos perigosos, é ainda usual o acondicionamento do material encapsulado em tambores, antes de sua disposição em aterros. O material mais empregado para o encapsulamento é o polietileno, sendo também empregados o betume e o asfalto (LORA, 2000). Por Brasil (2004) é o tratamento que visa diminuir a área superficial através da qual possa ocorrer a transferência ou perda de poluentes, limitar a solubilidade ou desintoxicar quaisquer elementos perigosos contidos nos resíduos.

c) Peneiramento: remoção de partículas grandes de águas servidas. As peneiras podem ser rotativa, vibratória ou estacionária e é aplicada na remoção de sólidos em águas servidas (BRASIL, 2004).

d) Flotação: consiste na introdução de finas bolhas de ar em uma solução aquosa contendo sólidos suspensos. As partículas se fixam nas bolhas de ar e flutam. Este processo destina-se a separar sólidos de uma suspensão aquosa e a isolar as partículas de determinado material sólido presente em um resíduo. É normalmente usado para remover hidróxidos metálicos e carbonatos. Para melhorar a eficiência do processo, é necessário aumentar a concentração dos sólidos (BRASIL, 2004)

e) Centrifugação: processo que consiste na separação de sólidos e líquidos em um vaso rotativo. Os sólidos aderem às paredes do vaso. Utilizado em desaguamento de lamas provenientes de precipitação (BRASIL, 2004).

f) Osmose Reversa: processo de tratamento de água que remove a maioria dos componentes orgânicos e até 99% de todos os íons. Também elimina praticamente os vírus, bactérias e colóides. O seu funcionamento consiste, basicamente, em permear a água por uma membrana no sentido contrário ao da pressão osmótica. Para tanto é necessário fornecer uma pressão suficiente para superar a pressão osmótica e as forças de resistência da membrana e do equipamento. Ao contrário da filtração convencional, em que os “contaminantes” são retidos dentro ou na superfície do filtro, na osmose reversa o soluto e os sólidos são eliminados pelo fluxo transversal do rejeito (BRASIL, 2004).

g) Eletrodiálise: é um processo que permite a recuperação de um metal de uma solução. Consiste na passagem de corrente elétrica pela água em uma câmara que contém duas membranas plásticas especiais. O metal é geralmente recuperado em uma forma diretamente reutilizável e esta técnica tem um grande potencial na recuperação dos metais básicos, mesmo com baixa produção, desde que estejam disponíveis equipamentos adequados e de alta eficiência econômica (BRASIL, 2004).

3.6.2 Tratamento químico

Por tratamento químico pode-se ter os seguintes métodos (BRASIL, 2004):

a) Neutralização: tem por objetivo adequar o pH de um resíduo aos padrões legais vigentes de emissão, torná-lo menos agressivo e corrosivo ao meio ambiente ou torná-lo passível de outros processos de tratamento. A alteração do pH é conseguida com a adição controlada de reagentes apropriados, ácidos ou básicos. Os agentes ácidos mais comumente utilizados são ácido sulfúrico, clorídrico e nítrico e os alcalinos incluem soda cáustica, hidróxido de cálcio e carbonatos (BRASIL, 2004).

b) Precipitação: é um processo no qual ocorre a formação de partículas sólidas decorrentes de uma alteração na estrutura química de um composto presente em uma solução. Consiste na remoção do contaminante dissolvido em solução por alteração do pH, reação química ou alteração da temperatura. Pode ser aplicado em conjunto com um processo de remoção de sólidos, tais como sedimentação, centrifugação, flotação ou filtração.

c) Troca iônica: consiste na passagem de um efluente através de um leito de resina cujo objetivo é a troca de certos contaminantes iônicos presentes no efluente por íons menos agressivos presentes na resina. O contaminante é então fixado na resina e o efluente original fica descontaminado, muitas vezes, em um nível tal que pode ser disposto diretamente nas redes de esgoto. A resina poderá ser, eventualmente, regenerada, liberando assim contaminantes em um volume de líquido muitas vezes menor que o volume do efluente original (BRASIL, 2004).

d) Solidificação: consiste na combinação de resíduos com aglomerantes e produtos químicos, envolvendo reações químicas e operações físicas, para gerar uma massa sólida de resíduo tratado, para evitar a percolação de componentes tóxicos, contribuindo assim para a melhoria de sua integridade estrutural, facilidade de manuseio e transporte. É aplicado na mistura de lamas e cinzas com concreto. Busca-se eliminar ou restringir a capacidade de solubilização desses contaminantes, reduzindo a toxicidade do resíduo e tornando-o inócuo ou menos deletério ao meio ambiente. As principais técnicas de solidificação dos resíduos perigosos são: solidificação com cimento, com outros materiais pozolânicos, com materiais termoplásticos, com polímeros orgânicos, auto solidificação com resíduos e vitrificação ou incorporação em materiais cerâmicos (LORA, 2000).

e) Decloração: consiste na remoção de cloro de compostos altamente clorados (PCBs). Utilizado na remoção de PCB de óleo de transformadores (BRASIL, 2004).

f) Inertização: mediante uso de aditivos, a inertização modifica as características físico-químicas dos resíduos, transformando resíduos sólidos ou pastosos, com alto poder calorífico em material seco, com baixo poder calorífico. Como alternativa para

o tratamento de resíduos, a inertização altera características e possibilita a disposição final em aterros, a utilização como matéria-prima em fornos de cimento e o emprego como absorvente em casos de derramamento (BRASIL, 2004).

g) Oxidação: neste processo o oxigênio se combina quimicamente com outra substância. De maneira mais abrangente é toda reação na qual ocorre a transferência de elétrons. A oxidação e a redução ocorrem simultaneamente e o agente oxidante é aquele que ganha elétrons. Os processos de combustão, incineração e oxidação catalítica são processos térmicos de oxidação onde é utilizado o oxigênio (BRASIL, 2004).

h) Redução: ao contrário da oxidação, a redução permite uma diminuição na valência de um elemento. Um exemplo desse processo é a alteração da valência do cromo, que passa de hexavalente, solúvel e tóxico, para trivalente que é insolúvel e de baixa toxicidade. À semelhança do que é feito com o cromo, outros metais pesados como o chumbo e o cádmio também podem ser reduzidos para uma forma menos tóxica. Os processos de oxidação e redução geralmente são precedidos ou sucedidos por precipitação e neutralização, onde os metais pesados se concentram na forma de um lodo (BRASIL, 2004).

3.6.3 Tratamento biológico

Por tratamento biológico Lora (2000) define os seguintes métodos:

a) Landfarming: é a denominação adotada pela EPA (Environment Protect Agency) para um método de tratamento onde o substrato orgânico de um resíduo é

degradado biologicamente na camada superior do solo, e os íons metálicos liberados nessa degradação ou presentes nos resíduos, são incorporados nessa mesma camada de forma a não haver contaminação das águas do lençol freático. Trata-se de um sistema de tratamento no solo de resíduos perigosos orgânicos utilizando-se a dinâmica dos processos físicos, químicos e biológicos do solo que promovem a degradação, transformação e imobilização do resíduo. Ao contrário de outras formas de disposição de resíduos em solos, o sistema landfarming não requer barreiras físicas, como mantas impermeabilizantes para isolar os constituintes perigosos. Isto é possível, pois o solo funciona como um atenuador dos processos de migração e lixiviação dos constituintes perigosos.

b) compostagem: processo que envolve transformações extremamente complexas de natureza bioquímica, promovidas por microorganismos que têm na matéria orgânica *in natura* sua fonte de energia, nutrientes minerais e carbono. Por essa razão uma pilha de composto não é apenas um monte de lixo orgânico empilhado ou acondicionado em um compartimento. É um modo de fornecer as condições adequadas aos microorganismos para que esses degradem a matéria orgânica e disponibilizem nutrientes para as plantas. Dito de maneira científica, o composto é o resultado da degradação biológica da matéria orgânica, em presença de oxigênio do ar, sob condições controladas pelo homem. Os produtos do processo de decomposição são: gás carbônico, calor, água e a matéria orgânica "compostada". O composto possui nutrientes minerais tais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre que são assimilados em maior quantidade pelas raízes além de ferro, zinco, cobre, manganês, boro e outros que são absorvidos em quantidades menores e, por isto, denominados de micronutrientes. Quanto mais diversificados os

materiais com os quais o composto é feito, maior será a variedade de nutrientes que poderá suprir. Os nutrientes do composto, ao contrário do que ocorre com os adubos sintéticos, são liberados lentamente, realizando a tão desejada "adubação de disponibilidade controlada". Em outras, palavras, fornecer composto às plantas é permitir que elas retirem os nutrientes de que precisam de acordo com as suas necessidades ao longo de um tempo maior do que teriam para aproveitar um adubo sintético e altamente solúvel, que é arrastado pelas águas das chuvas. Outra importante contribuição do composto é que ele melhora a "saúde" do solo. A matéria orgânica compostada se liga às partículas (areia, limo e argila), formando pequenos grânulos que ajudam na retenção e drenagem da água e melhoram a aeração. Além disso, a presença de matéria orgânica no solo aumenta o número de minhocas, insetos e microorganismos desejáveis, o que reduz a incidência de doenças de plantas. (PLANETAORGÂNICO, 2007)

3.6.4 Tratamento Térmico

Silva (1998) cita que apesar destas três grandes classificações pode-se dizer que existe uma outra forma de tratar resíduos que é a forma térmica, muitas vezes incluída como uma forma química de tratamento.

Por tratamento térmico pode ser entendido todas as formas de conversão de um resíduo sólido ou líquido usando a fonte de calor (SILVA, 1998).

Tem-se como exemplos de tratamento térmico as seguintes técnicas:

a) Pirólise

A Pirólise é o método de tratamento térmico a alta temperatura, pirolítico com oxidação controlada, que é um dos processos utilizados para resíduos perigosos

mais difundidos até hoje. Na câmara primária os resíduos introduzidos são revolvidos e deslocados ao longo da área de combustão. O revolvimento expõe maior área do material combustível ao contato da radiação térmica no interior do forno num processo de pirólise contínua sob condições de ar controlado. Na segunda seção a combustão se desenvolve por mais tempo devido à progressiva redução do volume de resíduo processado bem como por se reduzir propositalmente a velocidade de deslocamento e a intensidade de revolvimento. Na terceira e última seção, quando a velocidade de deslocamento é a menor de todas, a intensidade é baixa e ocorre a conclusão da pirólise da matéria orgânica contida no seu interior (BRASIL, 2004).

b) Incineração

Segundo Lima (1991) pode-se dizer que: “Incineração é um processo de redução do peso, volume e das características de periculosidade dos resíduos, com a conseqüente eliminação da matéria orgânica e características de patogenicidade, através da combustão controlada”. Este conceito pode ser ampliado nos dias de hoje como também um processo de reciclagem da energia liberada na queima dos materiais, visando a produção de energia elétrica e de vapor. A redução de volume é geralmente superior a 90% e em peso superior a 75%. Para a garantia do meio ambiente a combustão tem que ser continuamente controlada, levando-se em conta que o combustível pode ser desconhecido, isto porque varia ao longo do tempo em composição, umidade, peso específico e poder calorífico. Por isso, os sistemas modernos de incineração de resíduos são dotados de sistemas computadorizados de controle contínuo das variáveis de combustão, bem como, nas demais etapas de depuração de gases e geração de energia quando esta existe.

Menezes (2000), cita que devido ao uso de equipamentos já obsoletos ou à operação e manutenção inadequadas, o processo de incineração, no Brasil, ganhou o conceito de poluidor, nocivo à saúde e prejudicial ao meio ambiente. Esta imagem, tão criticada, tem influenciado negativamente nas avaliações tomadas e decisões que envolvem o tratamento e a disposição de resíduos sólidos, líquidos e pastosos, resultando muitas das vezes em posicionamentos que excluem a utilização da incineração em qualquer nível ou estágio de avaliação. Entretanto, sob vários aspectos a incineração constitui o processo mais adequado para a solução ambientalmente segura de problemas de disposição final de resíduos.

Ainda, segundo Menezes (2000), no Brasil o conceito dos processos de tratamento térmico se cristalizou nas mentes de muitas pessoas desta forma negativa. Entretanto em países desenvolvidos como Alemanha, Japão e Suíça, este conceito foi revertido e muitas plantas foram construídas, principalmente para a geração de energia. Nestes últimos anos a maioria das instalações de tratamento de gases, das principais plantas naqueles países, foi substituída e hoje atendem integralmente às mais exigentes normas de proteção ambiental e a operação destas tem sido muitas vezes, acompanhada de perto pela comunidade local.

Em países como o Brasil, onde a tecnologia atual tem sido pouco discutida e várias plantas existentes ainda não foram integralmente atualizadas tecnologicamente, a imagem de poluição perdura, o que tem provocado a quase exclusão este processo, de imensa importância, nas propostas de sistemas de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (GIRS) e reciclagem de energia (MENEZES, 2000).

É reconhecido hoje, por muitos técnicos que quanto mais se recicla mais a incineração se torna a solução apropriada para os resíduos restantes (ATKINS,

1993), o que torna o tratamento por incineração um aliado da reciclagem em um programa integrado.

3.7 PROCESSO DA INCINERAÇÃO E SUA HISTÓRIA

3.7.1 Evolução da incineração no mundo

Para Sogabe (1999), purificação com fogo é conceito antigo. Suas aplicações estão registradas nos primeiros capítulos da história. A palavra em hebreu para inferno, *Gehenna*, é derivada de uma frase antiga, *ge-ben Hinnom*, ou o vale do filho de Hinnom, uma área de Jerusalém onde o entulho da cidade era queimado e era o local que servia para sacrifícios. Esse autor ainda cita que na idade média, uma inovação foi o “vagão de fogo”, o primeiro incinerador móvel. Era um vagão retangular de madeira protegido internamente por uma camada de argila. O vagão puxado por cavalos andava pelas ruas e os moradores jogavam seus rejeitos dentro da fogueira móvel.

A incineração como é conhecida hoje, começou a cerca de 100 anos, quando o primeiro “destruidor” de lixo doméstico municipal foi instalado em Nottingham, Inglaterra. Ainda segundo Sogabe (1999), o uso da incineração nos Estados Unidos cresceu rapidamente a partir da primeira instalação na Governor’s Island, em Nova York, para mais de 200 unidades em 1921. A maioria destas unidades eram alimentadas por batelada e mal operadas, tendo algumas delas recuperadores de calor para a geração de vapor. Até os anos 50, os incineradores e seus característicos odores e fumaças eram aceitos como um mal necessário e a operação destes era geralmente conduzida da forma mais econômica possível. Contudo, com o fato da fumaça da chaminé deixar de ser um símbolo de

prosperidade e o surgimento das regulamentações de poluição do ar, os sistemas de incineração melhoraram sensivelmente. Estas melhorias incluíram a alimentação contínua, o aperfeiçoamento do controle de combustão, o uso de câmaras múltiplas de combustão, os projetos para recuperação de energia e a instalação de sistemas de controle de poluição do ar.

Segundo Menezes (1999) pode-se dividir a evolução do processo de incineração em 4 estágios:

a) Entre os anos de 1950 –1965:

Anteriormente a 1950 as plantas existentes eram demasiadamente incipientes caracterizando-se como um primeiro estágio de evolução aquelas instaladas de 1950 a 1965. Nesta fase, a função única era ainda a de reduzir o volume o lixo. Os gases eram descarregados diretamente na atmosfera sem tratamento algum. Apareceram aí as primeiras torres de água de refrigeração instaladas sobre a câmara de combustão. A concentração de poeira atingia níveis de $1000\text{mg}/\text{Nm}^3$ (os sistemas modernos atuais atingem até $3\text{ mg}/\text{Nm}^3$). As principais plantas desta geração foram as de Lousanne (1959), Berna (1954), Bruxelas (1957) -Von Roll.

b) Entre os anos de 1965 – 1975

Nesta época aparecem os primeiros sistemas de proteção do meio ambiente, que reduziram as emissões a $100\text{mg}/\text{Nm}^3$. Aparecem também os incineradores com câmara dupla, cujo objetivo era melhorar a eficiência de queima. Surgem os primeiros interesses em recuperação de calor para a geração de energia e as plantas de grande capacidade.

c) Anos de 1975 – 1990

A fase de 1975 a 1990 é caracterizada, no mundo desenvolvido, pelo aumento da performance energética e desenvolvimento das normas de proteção ambiental. O público começa a estar mais atento aos problemas de poluição. Aparece a introdução dos sistemas complexos de lavagem de gases para reduzir as emissões de gases ácidos, com a neutralização de HCl, SO_x, HF e metais pesados. As caldeiras são muito melhoradas e há a melhoria nos processos de combustão dos orgânicos. A automação passa a ser centralizada. Multiplicam-se os centros de tratamento com cogeração de energia.

d) De 1990 – atual

Ampliam-se as pressões dos movimentos verdes. O tratamento de gases é sofisticado ainda mais, perseguindo a meta de Emissão Zero. Avançam os sistemas para a remoção de outros poluentes como NO_x, dioxinas e furanos. Se dá o aparecimento das tecnologias avançadas de tratamento para a produção de resíduos finais inertes, que podem ser reciclados ou dispostos sem nenhum problema para o meio ambiente, tal como o uso do plasma térmico. Vários processos estão se sofisticando atualmente no pré-tratamento do lixo, anterior à incineração, para aumentar a sua homogeneização, baixar a umidade e melhorar o poder calorífico, de tal forma a transformá-lo em um combustível de qualidade para a máxima geração de energia. Sofisticam-se também os processos de combustão com o aumento dos sistemas de turbilhonamento, secagem, ignição e controle da combustão.

3.7.2 A incineração no Brasil

Menezes et al (2000) cita que o primeiro incinerador municipal no Brasil foi instalado em 1896 em Manaus para processar 60 t por dia de lixo doméstico, tendo sido desativado somente em 1958 por problemas de manutenção. Um equipamento similar foi instalado em Belém e desativado em 1978 pelos mesmos motivos. Em 1913 foi instalado em São Paulo, no Araçá, um incinerador com a capacidade de 40 t/dia (CALDERONI, 1999), tendo sido desativado em 1948 e demolido em 1953. Em 1949 foi instalado em Pinheiros, SP, um incinerador para 200 t/dia, que foi desativado em 1990. Dois outros foram também instalados em São Paulo, ambos com capacidade de 300 t/dia. Em 1959 foi instalado o incinerador de Ponte Pequena e em 1968 o da Vergueiro (PMSP/Secretaria do Verde, 1993). Estes equipamentos encontram-se paralisados no momento. Todas estas instalações contaram com tecnologias de gerações hoje ultrapassadas, não tendo a capacidade de atender as exigências das leis ambientais atuais.

Em 1994 foi lançado um mega-projeto, também em São Paulo, para a construção de dois novos incineradores de grande capacidade, cada um com 2.500 t/dia, conforme Demajorovic (1994).

Faz parte também da história da incineração, a proliferação de incineradores residenciais prediais, ocorrida no Rio de Janeiro, a partir de 1950, com o surgimento da construção de prédios de vários andares. Estes incineradores foram banidos em 1969/70 porque eram, em realidade, verdadeiras “caixas de queimar sem controle”. (Menezes, 1999)

A partir de 1970 foi iniciada a fase de implantação de incineradores especificamente desenvolvidos para o tratamento de resíduos especiais, como: aeroportuários, hospitalares, industriais e outros perigosos. Nesta fase, entre

outros, foram instalados os incineradores das indústrias químicas Ciba, Basf, Hoescht (atual Clariant), Bayer, Cetrel, Cinal e da Kompac no aeroportos internacionais de Guarulhos e no do Rio de Janeiro, no Banco Central, e em várias Prefeituras, como a de Brasília, além do mais recente Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos, instalado em Fortaleza, que acaba de ter os testes de emissão de gases aprovados segundo as normas ABNT e Cetesb (Menezes, 1999).

Alguns destes incineradores estão listados na Tabela 3.3 com suas características principais.

3.7.3 O processo da incineração

Segundo Rocca et al (1993), a incineração, portanto, que é considerada por alguns como forma de disposição final, é um método de tratamento que se utiliza da decomposição térmica via oxidação, com o objetivo de tornar um resíduo menos volumoso, menos tóxico ou atóxico, ou ainda eliminá-lo, em alguns casos.

Segundo o autor o desenvolvimento do processo de incineração teve início há muitos anos, com o enfoque voltado à queima de resíduos domiciliares e patogênicos. Hoje, a aplicação deste processo no tratamento de resíduos perigosos passou a receber uma atenção maior, tendo em vista os problemas ambientais ocasionados pela disposição inadequada no solo de materiais tóxicos não degradáveis, altamente persistentes, e até mesmo daqueles não passíveis de disposição no solo (ROCCA et al ,1993).

De maneira geral, as unidades de incineração variam desde instalações pequenas, projetadas e dimensionadas para um resíduo específico, e operadas pelos próprios geradores, até grandes instalações de propósitos múltiplos, para incinerar resíduos de diferentes fontes. No caso de materiais tóxicos e perigosos,

estas instalações requerem equipamentos adicionais de controle de poluição do ar, com conseqüente demanda de maiores investimentos (ROCCA et al ,1993).

Tabela 3.3:Características de alguns dos principais incineradores instalados no Brasil

Planta	Projeto / Tecnologia	Tipo	Capac. t/ano	Resíduos processados	Tratamento dos gases	Controle de emissões	Efluentes e cinzas
BASF Guaratinguetá – SP	Inter-Uhde	Rotativo	2.700	R.S.L.P., exceção de ascaréis	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O ₂ , CO e SO _x .	Cinzas: em aterro terceirizado
BAYER Belfort Roxo – RJ	Inter-Uhde	Rotativo	3.200	R.S.L.P. incluindo PCBs.	Lavadores ácido e alcalino, separador de gotículas	Contínuo: O ₂ CO.	Cinzas: aterro ind.próprio. Líquidos: ETE
CETREL Camaçari – Bahia ISO 14.001	Sulzer	Rotativo	10.000	Resíduos líquidos organoclorados	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O ₂ , CO ₂ e NO _x	Cinzas: depositadas em aterro próprio.
CETREL Camaçari – Bahia ISO 14.001	Andersen 2000	Rotativo	4.500	Resíduos sólidos Classe I	Coletor de pó tipo ciclone, lavadores ácido e alcalino	Contínuo: CO, O ₂ , CO ₂ , NO _x , SO ₂ , opacidade	Cinzas: depositadas em aterro próprio.
CIBA Taboão da Serra – SP	Inter-Uhde	Rotativo	3200	Res. ind. org. e inorg. Exc. ascarel e radioativos.	Lavadores ácido e alcalino, demister e ciclone	Contínuo: NO _x , SO _x , O ₂ , CO, temp., vazão, MP	Aterro próprio para 10.000 m ³ de cinzas e escórias.
CINAL Marechal Deodoro – AL	CBC / Nittetu Chemical Engineering (Japão)	Câmara horizontal c/leito recíprocante	11.500	R.S.L.P. incl. PCBs e organoclorados	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: CO, CO ₂ , O ₂ , NO _x , SO _x , MP	Aterro próprio
CLARIANT Suzano – SP ISO 14.001	Inter-Uhde	Rotativo	2.700	Resíduos sólidos e pastosos	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: CO, CO ₂ , O ₂ , NO _x , SO _x , MP	Cinzas e escórias: aterro industrial em Resende (RJ) e ETE 300 m ³ /h
ELI LILLY Cosmópolis – SP	Inter-Uhde	Rotativo	10.400	Resíduos sólidos, líquidos e pastosos.	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O ₂ , CO, CO ₂	Aterro próprio classe I
KOMPAC Fortaleza – Ceará	Kompac	Câmara horizontal c/leito recíprocante	10.950	Resíduos de serviços de Saúde e Industriais	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: CO ₂ , CO, O ₂ Periódico: SO _x , NO _x , HCl, HF, Cl ₂	Efl. líquidos não descartados. Cinzas e escórias: aterro industrial
RHODIA (Cubatão – SP)	Rhone-Poulanc	Rotativo	18.000	R.S.L.P., incluindo. organoclorados	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O ₂ , CO, CO ₂ e NO _x	Aterro industrial classe I
SILCON Paulínea – SP	Hoval	Leito fixo, pirolítico	3.600	Resíduos de serviços de Saúde	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O ₂ , CO, CO ₂ e NO _x	Aterro industrial classe I

Fonte: Cerqueira e Alves, 1999

Ainda segundo Rocca et al (1993), dentre os tipos de resíduos que apresentam maior potencial, no que diz respeito à adequabilidade ao processo de incineração, incluem-se:

- resíduos orgânicos constituídos basicamente de carbono, hidrogênio e/ou oxigênio;
- resíduos que contem carbono, hidrogênio, cloro com teor inferior a 30% em peso e/ou oxigênio;
- e resíduos que apresentam seu poder calorífico inferior (PCI) maior que 4.700kcal/kg (não necessitando de combustível auxiliar para queima).

As características dos resíduos e seu comportamento durante a combustão determinam como devem ser misturados, estocados e introduzidos na zona de queima. Alguns líquidos, com baixo ponto de fulgor, serão facilmente destruídos enquanto outros, incapazes de manter a combustão, deverão ser introduzidos através de uma corrente de gás quente ou aspergidos diretamente sobre a chama. Neste caso pode ocorrer um fenômeno químico chamado craqueamento, no qual novas e indesejáveis substâncias podem ser formadas. Por exemplo, se o resíduo contiver certos compostos orgânicos de cloro, há o risco da formação de fosgênio (COCl_2) que é um gás venenoso. Para evitar este tipo de problema, é necessário manter-se a temperatura de combustão na faixa de 1.200 °C a 1.400 °C e o tempo de detenção entre 0,2 a 0,5 segundos ou em alguns casos , de até 2 segundos (ROCCA et al ,1993).

A incineração de resíduos contendo enxofre, flúor, cloro, bromo e iodo resulta num efluente gasoso em cuja composição são encontrados estes poluentes. A forma mais comum de eliminá-los é fazer com que as fases de combustão passem

através de uma torre onde são lavados em contracorrente. O efluente líquido resultante da operação é recolhido na parte inferior da torre e, após ser neutralizado, pode ser lançado na rede de esgotos (ROCCA et al ,1993).

Segundo Rocca et al (1993), em resumo, a incineração é, provavelmente, a melhor solução para o tratamento de resíduos altamente persistentes, tóxicos e muito inflamáveis. Estão incluídos aqui solventes e óleos não passíveis de recuperação, defensivos agrícolas halogenados e vários produtos farmacêuticos.

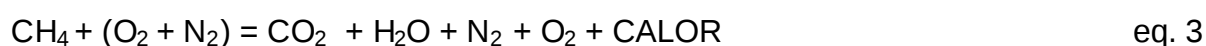
Os sistemas de incineração estão desenhados para destruir unicamente os componentes orgânicos dos resíduos; no entanto, não são o componente exclusivo dos resíduos perigosos e estes contem tanto compostos orgânicos combustíveis como compostos inorgânicos não combustíveis (LA GREGA, 1996).

Os resíduos perigosos podem encontrar-se em qualquer forma física: líquido, sólido e às vezes numa forma intermediária. Os sistemas comerciais de incineração de resíduos perigosos têm que tratar todos os tipos de resíduos. No entanto, muitos incineradores de resíduos perigosos só estão relacionados com o tratamento de resíduos líquidos. A teoria e o equipamento desenhado para cada tipo de resíduo é similar, porém não é igual, e ao menos é preciso combinar dentro de um único sistema (LA GREGA, 1996).

Uma boa combustão representa uma boa oxidação dos componentes orgânicos: carbono e hidrogênio. Estes componentes devem reagir com o oxigênio do ar para produzir estequiometricamente dióxido de carbono e água. Infelizmente o ar também contém 79% de nitrogênio, que é inerte e entra no processo de combustão. Em um sistema completamente homogêneo (um reator bem agitado) que requer tempo e turbulência, a oxidação completa do carbono e do hidrogênio ocorrerá a uma temperatura determinada. Por isto, os três Ts (tempo, turbulência e

temperatura) da combustão afetam a reação. Se diminuir um destes fatores os outros deverão ser aumentados para conseguir o mesmo grau de combustão completa. Por esta razão, muito poucas reações de combustão são completadas a temperatura mínima teórica, ou com a quantidade teórica de ar exatamente necessária para proporcionar quantidades estequiométricas de oxigênio para o carbono e hidrogênio do combustível. Quando melhora a turbulência (agitação) do reator (queimador/incinerador) e aumenta o tempo dado para a reação, diminui-se a quantidade de ar em excesso (oxigênio) para a reação (LA GREGA, 1996).

Segundo La Grega (1996) a combustão pode ser baseada em três parâmetros: temperatura, tempo e turbulência. A diminuição de algum desses parâmetros requer uma compensação através do aumento dos outros dois. Este autor cita as reações típicas do processo de combustão que são:



A combustão de resíduos perigosos não é muito diferente da combustão convencional, exceto quando os resíduos podem conter muitos compostos orgânicos diferentes. Cada composto orgânico e cada resíduo tem um poder calorífico mensurável, que pode ser determinado experimentalmente com uma bomba calorimétrica. No entanto, os poderes caloríficos dos resíduos químicos e mesclas mais habituais são encontrados na bibliografia (LA GREGA, 1996).

Para La Grega (1996), quando os resíduos orgânicos se queimam com uma quantidade estequiométrica de ar, os produtos da combustão completa não

deveriam incluir nada de oxigênio. Isto é conhecido com o nome de combustão perfeita, a qual não é possível nos queimadores ou incineradores comerciais. A combustão perfeita é encontrada entre a combustão com ar em excesso e a deficiência de ar (pirólise). Os incineradores têm que utilizar sempre ar em excesso para conseguir a combustão, no entanto, podem realizar em duas etapas onde na primeira operam em pirólise e na segunda com excesso de ar. O ar em excesso também é usado em incineradores para controlar a temperatura, já que é capaz de absorver o calor da reação de combustão.

Os resíduos orgânicos podem ter poderes caloríficos suficientes para manter a combustão. Nesses sistemas, o combustível auxiliar só é necessário para a ignição do resíduo. Em muitas aplicações da incineração de resíduos perigosos, o poder calorífico do resíduo é baixo e por isso devem utilizar combustíveis convencionais para elevar o resíduo a uma temperatura onde pode ser produzida a oxidação rápida da fração orgânica (LA GREGA, 1996).

Para proporcionar calor auxiliar em um sistema de incineração pode ser utilizado qualquer combustível que se encontre disponível comercialmente, como o gás natural, GLP, óleo combustível leve ou pesado, ou possivelmente um resíduo combustível tal como uma mescla de dissolventes usados. Existem centenas de mesclas de resíduos de hidrocarbonetos que tem poder calorífico suficiente para serem considerados combustíveis. Entre estes se encontram, principalmente, as mesclas de solventes utilizados na limpeza de processos (acetona, tolueno) (LA GREGA, 1996).

A combustão de hidrocarbonetos produz CO_2 , vapor de água e possivelmente alguma coisa de CO . A combustão de resíduos que contem enxofre produz SO_2 e possivelmente SO_3 . Os resíduos halogenados (cloro, fluor, bromo) produzem na

reação de combustão o correspondente ácido halogenado gasoso: HCl, HF e HBr. Cada ácido halogenado gasoso se forma em função das condições de equilíbrio que existem no momento da reação de combustão (LA GREGA, 1996).

Ainda, segundo La Grega (1996), os compostos de nitrogênio como combustíveis apresentam uma complicação, já que são capazes de formar diferentes óxidos de nitrogênio durante a combustão, especialmente quando existe excesso de oxigênio. O NO e NO₂ são os óxidos de maior preocupação. Estes dois compostos também se formam a partir de combustíveis que não contêm nitrogênio mediante um processo chamado de fixação de nitrogênio. O nitrogênio do ar utilizado na combustão se fixa na forma de um óxido de nitrogênio durante o processo. O nitrogênio unido ao combustível se transforma mais facilmente em óxidos de nitrogênio (NO_x) que os formados por fixação.

Para La Grega (1996), a maioria dos materiais inorgânicos se classifica pelo ponto de vista químico como metais e entram no processo de combustão como um componente de um resíduo. Estes não podem destruir-se e sim se oxidar. Geralmente, estes metais estariam no processo de combustão em forma dos óxidos correspondentes. Se um metal entra no processo como um sal metálico com ponto de ebulição inferior a temperatura de incineração poderá evaporizar-se e não oxidar-se e, portanto, está presente no gás de combustão. A maioria dos compostos metálicos permanecerá nas cinzas do incinerador, porém a volatidade de certos metais como o arsênio, antimônio, cádmio e mercúrio podem causar problemas no gás de combustão. Os resíduos com alto conteúdo em metais não são bons candidatos para a incineração, a não ser que os metais do gás de combustão pudessem reduzir-se a níveis aceitáveis para a sua descarga na atmosfera, mediante um apropriado equipamento de controle da qualidade do ar.

La Grega (1996) conclui que em um sistema de incineração devem ser consideradas as propriedades físicas, químicas e térmicas do resíduo. Qualquer instalação que receba resíduos perigosos necessita de um completo laboratório de análise. A maioria dos operadores requer uma amostra do resíduo antes de dar o custo de tratamento ao gerador. Geralmente as seguintes características são analisadas em um resíduo: composição química, calor de combustão, viscosidade, corrosividade, reatividade, potencial de polimerização, conteúdo de cinza e temperatura de fusão da cinza.

3.8 CO-INCINERAÇÃO/ CO-PROCESSAMENTO

Não seria justo falar do tema incineração sem ao menos mencionar a co-incineração de resíduos perigosos em fornos de fabricação de clínquer, também denominada usualmente de co-processamento. Este processo apesar de se enquadrar parcialmente na conceituação inicial de incineração, tem um tratamento em separado por ser considerado como um subprocesso dos processos de produção de cimento. Vários técnicos tendem a não considerar o co-processamento como um processo de incineração. Neste processo os resíduos entram em substituição a parte do combustível (economia de energia) ou a parte da matéria prima (MENEZES, 2000).

Para que os resíduos sejam introduzidos nos fornos de clínquer estes têm que sofrer pré-tratamentos específicos que garantam que as características dos resíduos se mantêm constantes e não vão produzir efeitos nocivos ao cimento produzido ou ao meio ambiente. No Brasil existem empresas que se dedicam a

este tipo de serviço, e fazem o elo de ligação entre o gerador de resíduos e a cimenteira (MENEZES, 2000).

Menezes (2000) cita que alguns tipos de resíduos podem ser queimados em fornos industriais ou em caldeiras, onde é possível garantir a temperatura e o tempo de permanência necessário para a destruição. O mais comum é a incineração ou o co-processamento em fornos de cimento que deve ser realizada somente quando esteja operando em condições normais, ou seja:

- temperatura dos gases na entrada do forno maior que 800 °C;
- temperatura do forno na saída maior que 1.000 °C;
- alimentação nominal do forno;
- depressão dos ventiladores de tiragem induzida do forno de 500 a 700 mm.c.a;
- o filtro eletrostático em operação normal;
- os sistemas de alimentação do combustível do ar operando normalmente

Tanto devido aos grandes problemas de controle das emissões dos fornos de cimento, quanto em decorrência da manutenção das características técnicas do cimento produzido, surgem sérias limitações em relação aos resíduos aceitos para serem co-processados. Muitos resíduos não têm sido aprovados para serem tratados por este processo, dentre eles: dioxinas, organoclorados, PCB's, explosivos, radioativos, hospitalares, agrotóxicos, pesticidas, resíduos com altos teores de cloro, enxofre e metais pesados, e lixo urbano (MARINEIDE, 1999).

O uso do co-processamento vem crescendo no Brasil (MARINEIDE, 1999), entretanto, alerta-se para o fato de que as restrições impostas para os limites de emissões gasosas ainda são muito questionáveis, já que neste aspecto os limites

impostos à incineração acabam por serem bem mais rígidos. Em cimenteiras, como o volume de gases é imensamente grande, e quaisquer limites medidos em termos de conteúdo percentual, muitas vezes acabará por se tornar imperceptível para os instrumentos de controle (alta diluição), porém o que realmente importa para o meio ambiente é a quantidade efetivamente jogada na atmosfera, medida em quilos por hora.

As figuras 3.2, 3.3 e 3.4 ilustram processos utilizados em cimenteiras para o co-processamento com o reaproveitamento de energia na queima de resíduos perigosos.



Figura 3.2: Incinerador da Essencis, (Fonte: site da Essencis)



Figura 3.3: Carregamento dos Resíduos , (Fonte: site da Essencis)



Figura 3.4: Controle da queima dos incineradores , (Fonte: site da Essencis)

A figura 3.5 ilustra uma comparação dos tipos de tratamento realizados entre 1999 e 2003 o que mostra que vem aumentando a opção pelo co-processamento.

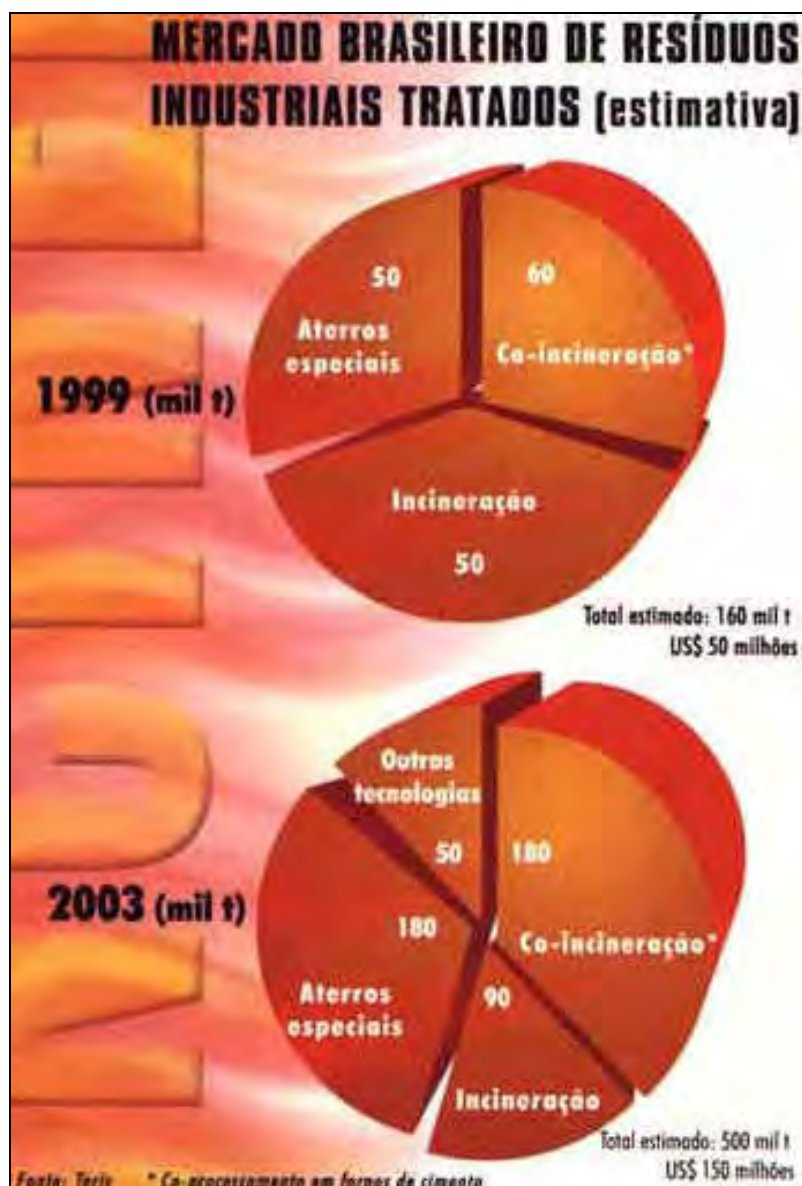


Figura 3.5: Comparação das formas de tratamento de resíduos industriais nos anos de 1999 e 2003 no Brasil, (Fonte: Teris, 2000)

3.9 DEPURAÇÃO DE GASES e TRATAMENTO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS

Por fim, não se pode deixar de lembrar que um processo de incineração não pode existir sem estar interconectado a um sistema tecnologicamente avançado de

depuração de gases e de tratamento e recirculação dos líquidos de processo. Os gases efluentes de um incinerador carregam grandes quantidades de substâncias em concentrações muito acima dos limites das emissões legalmente permitidas e necessitam de tratamento físico/químico para remover e neutralizar poluentes provenientes do processo térmico (MENEZES, 2000).

Hoje já existem no Brasil empresas com sólido know-how, capacitadas para projetar e instalar sistemas de 4ª geração, de forma a garantir que as emissões para a atmosfera ou corpo líquido sejam feitas bem abaixo do níveis de exigência da leis ambientais brasileiras. Entretanto, de forma abrangente, estes sistemas estão normalmente baseados em um sistema quencher, lavagem ácida de halogêneos, lavagem alcalina e remoção final com lavador de aerossóis (G. MORÁVIA, SANCHES, 2000) ou filtros de manga.

Na lavagem ácida, é feita a retenção inicial do material particulado inerte e a neutralização dos ácidos, com tecnologias específicas para remoção do mercúrio Hg(O), HCl, HF e óxidos, metais pesados classe I, II e III, além de controle das Dioxinas e Furanos . A lavagem alcalina neutraliza os poluentes ácidos e contribui para retenção de outros poluentes com reação em ambiente com pH alto. A conclusão da remoção da parte muito fina de particulado (menor de 0,7 μ m) é feita em lavador de aerossóis ou em filtros de manga (MENEZES, 2000).

Os efluentes líquidos são tratados e reciclados, incluindo processos proprietários de neutralização de efluentes ácidos, regeneração de soda, sedimentação e dessalinização. Atualmente estão disponíveis filtros catalisadores, desenhados para a retenção de dioxinas e furanos (MENEZES, 2000).

3.10 CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS PARA A INCINERAÇÃO

Segundo Rocca et al (1993), a verificação da possibilidade de se incinerar um resíduo, bem como das condições operacionais para sua destruição, é feita com base em uma caracterização efetiva desse resíduo. Desta caracterização resulta a definição do tipo de incinerador e de sistema de controle de poluição do ar a serem utilizados. As informações necessárias para a caracterização dos resíduos são:

- a) Sobre o processo industrial: matérias-primas empregadas e produtos fabricados, fluxograma do processamento industrial indicando os pontos de geração de resíduos.
- b) Sobre o resíduo: quantidade, estado físico, poder calorífico, viscosidade (para os líquidos), densidade, viscosidade e porcentagem de sólidos (para as lamas), densidade (para os gases), corrosividade, composição química (particularmente os teores de constituintes orgânicos tóxicos constantes da listagem no. 4 da NBR 10.004) e composição elementar (C,H,O,N,S,P, Cl, F, I, Br, metais e cinzas)

Ainda segundo Rocca et al (1993) o processo de incineração deve ser visto como um conjunto de 4 sistemas, os quais têm como função:

- preparação do resíduo para a queima;
- combustão do resíduo;
- tratamento de gases de saída;
- tratamento de efluentes líquidos e acondicionamento e disposição dos resíduos sólidos gerados no processo de queima e nos equipamentos de controle de poluição do ar.

A Figura 3.6 apresenta o esquema de um sistema completo de incineração, com os seus componentes, cuja combinação apropriada depende das propriedades físicas e químicas do resíduo a ser incinerado. Tendo em vista a razoável complexidade desta figura, cabe um maior detalhamento sobre a mesma. Primeiramente, há necessidade do preparo do resíduo, ou seja, dependendo das suas características poderá haver uma moagem e um peneiramento para fazer da mistura a mais homogênea possível. Esses resíduos serão alimentados no incinerador através de pistões ou garras em função das altas temperaturas, permanecendo ali até a sua queima final tornando-se cinzas. Para que o trabalho esteja completo o incinerador é provido de equipamentos que fazem o controle de suas emissões para que não prejudiquem o ar. Assim, poderá haver na saída para a chaminé ciclones, lavadores de gases ou ventiladores que garantirão que os gases emitidos estarão dentro dos padrões de emissão. Também poderão ocorrer rejeitos líquidos ou sólidos que deverão sofrer o tratamento mais adequado conforme o tipo (ROCCA et al, 1993)

Dos sistemas apresentados, o mais importante é o de combustão, onde através da oxidação térmica ocorre a detoxificação dos resíduos. O oxidante é o ar atmosférico e o processo de combustão é controlado por meio de três variáveis principais que são a temperatura, a turbulência e o tempo de residência. A temperatura representa a quantidade de energia fornecida ao resíduo para que ocorra quebra e recombinação de moléculas existentes. A turbulência indica o grau de mistura do resíduo com o oxigênio. O tempo de residência é o tempo no qual as substâncias permanecem na temperatura adequada, tempo este disponível para que as reações de oxidação aconteçam (ROCCA et al, 1993).

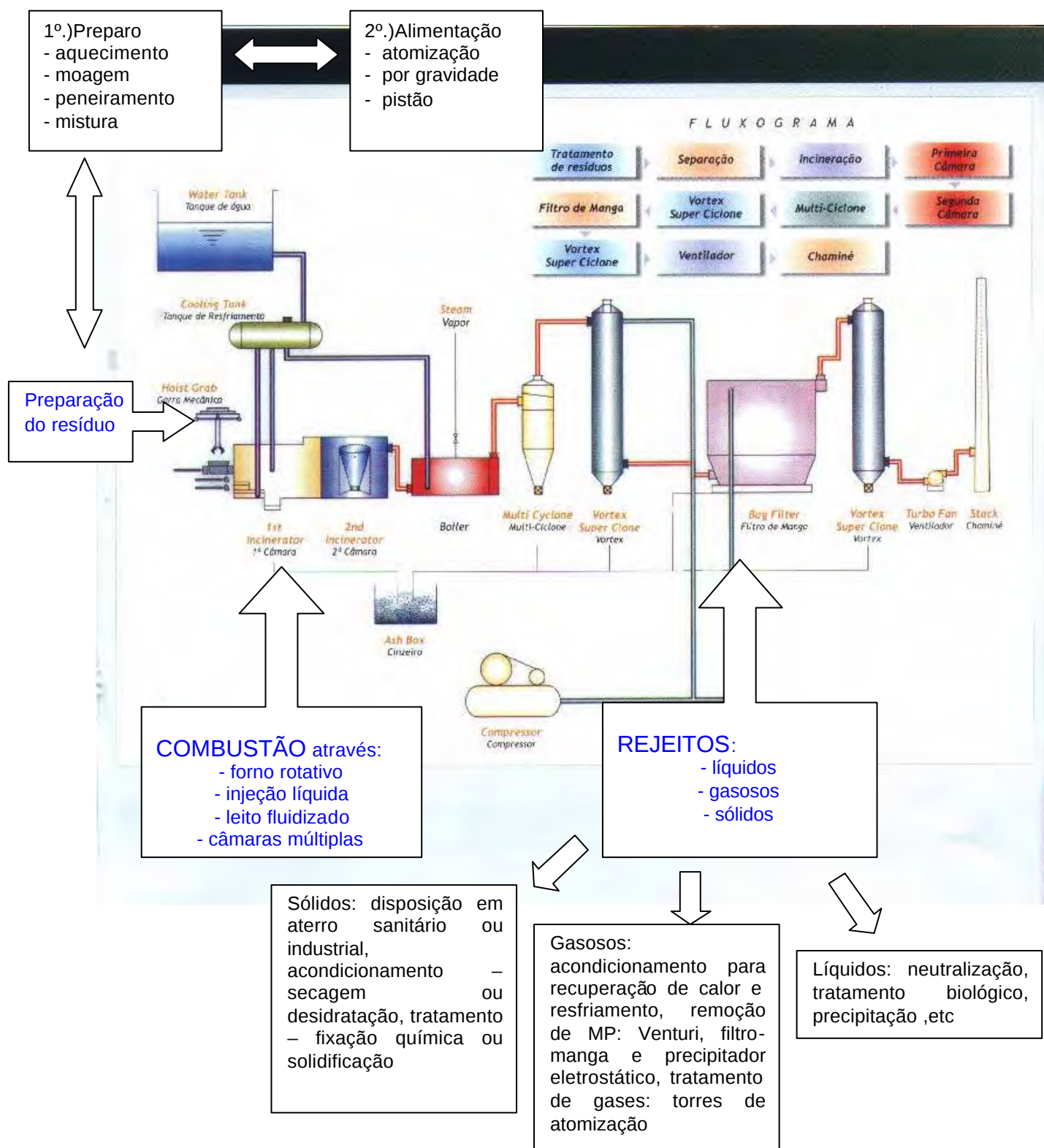


Figura 3.6: Sistema da incineração

3.11 USO DA ENERGIA NA INDÚSTRIA E AS PERDAS ASSOCIADAS AO DESCARTE DE RESÍDUO

3.11.1 Uso da energia

A indústria é responsável por uma substancial parcela do consumo global de energia. Nos Estados Unidos, por exemplo, o consumo industrial é da ordem de 30% do consumo total do país (PENEDA e FRAZÃO, GRAEDEL e ALLENBY apud MARINHO, 2001). No caso do Brasil, de acordo com o MME (Ministério de Minas e Energia, 2004), o consumo industrial de energia, em 2002, esteve em torno de 37 % do consumo total no país.

A busca do uso eficiente de energia ou conservação de energia tornou-se significativa nas duas últimas décadas, quando ocorreram alterações relevantes nos critérios de planejamento do setor energético. A ênfase dada à expansão de oferta de energia é substituída pela busca do uso mais eficiente, refletindo, em termos gerais, a escassez de recursos financeiros e a inclusão crescente das externalidades ambientais no processo de planejamento (TOLMASQUIM et al, 1998)

De acordo com Tolmasquim et al (1998), eficiência energética equivale a gastar menos energia para se obter um mesmo resultado final ou gastar a mesma energia para obter maior rendimento e um melhor resultado final, gerando alguns benefícios tais como: redução do peso da energia sobre os custos totais de produção, mitigação dos impactos ambientais decorrentes do processo produtivo, redução ou adiamento de investimentos para a expansão da oferta de energia, entre outros.

A redução do consumo de energia na indústria pode apresentar resultados significativos, através do desenvolvimento de sistemas de conservação e aproveitamento energético, como os sistemas integrados de calor e potência,

utilização de equipamentos mais eficientes, inclusive lâmpadas e aparelhos de ar condicionado, aquecimento ou ventilação, geração de energia a partir de resíduo, quando possível, e melhor manutenção do sistema, orientada para a eficiência energética (PENEDA e FRAZÃO, GRAEDEL e ALLENBY apud MARINHO, 2001).

A adoção de técnicas de manejo de resíduo sólido industrial que privilegiem a minimização, com o reuso e/ou reciclagem interna ou externa do resíduo, apresenta benefícios energéticos e ambientais. Do ponto de vista energético, observa-se redução no consumo. Quanto aos ambientais, observa-se a diminuição da carga poluidora lançada no ambiente, aumento da vida útil das unidades de tratamento e destinação final e a redução dos impactos ambientais decorrentes da produção e uso de energia (ROCCA et al, 1993)

A possibilidade de reinserção de resíduo sólido industrial no processo produtivo, através do reuso/reciclagem, interna ou externa, constitui-se numa forma indireta de aproveitamento energético evitando o consumo de energia. Desta forma viabiliza-se produção com menor quantidade de energia, em comparação à normalmente consumida (LORA, 2000).

3.11.2 Energia associada ao resíduo sólido

A produção de energia, a partir de resíduo, constitui-se uma forma direta de aproveitamento energético (Oliveira, 2000). De acord, o com Magagni apud Santos (1995), em qualquer processo de reciclagem é fundamental que o balanço energético seja positivo, portanto, a energia consumida pela reciclagem deverá ser inferior à quantidade de energia reciclada.

São apresentados no Capítulo 4 (Tabela 4.1) os fatores de conversão energética estimados para alguns materiais.

Segundo Batista (2004) também foi realizado um estudo da energia associada ao resíduo sólido industrial, segundo o seu potencial de aproveitamento energético, , onde estimou-se a composição aproximada de cada resíduo conforme é apresentado na Tabela 4.2 do Capítulo 4.

3.12 EQUIPAMENTOS DE INCINERAÇÃO

Segundo Sogabe (1999), quando os resíduos sólidos vão ser queimados, a combustão pode se dar em suspensão, em uma grelha ou em um forno sólido. Ao longo dos anos tem-se desenhado diversos tipos de incineradores para queimar resíduos sólidos. Os sistemas em suspensão em um tamanho de alimentação relativamente uniforme. Os sistemas tipo grelha são adequados para resíduos grandes e irregulares que podem manter-se em uma grelha móvel ou estacionária, que permite que o ar de combustão atravesse a grelha passando pelo resíduo. Os incineradores de forno incluem o tipo de duas câmaras; o forno rotativo e o forno múltiplo. Nos Estados Unidos predominam incineradores de forno rotativo (75%) seguidos por incineradores de dupla câmara (15%) e por fim combinados de leito fluidizado e fornos múltiplos (10%). Todos esses sistemas também podem queimar resíduos líquidos perigosos.

3.12.1 Incineradores de grelha

Os incineradores de grelhas estacionárias queimam resíduo em grelhas metálicas que permitem circulação do ar por baixo, por cima e pelo resíduo. Geralmente não são apropriadas para resíduos perigosos, porque as temperaturas que são alcançadas na câmara primária podem destruir as grelhas. Evidentemente,

este tipo de incinerador depende do resíduo manter-se sobre a grelha e não caia no poço de cinzas antes de se queimar. A utilização mais comum para a maioria de incineradores de grelha é para queimar resíduos celulósicos(madeira e papel) (CERINO, 2000).

Ainda, segundo Cerino (2000), os incineradores de grelha móvel ou de cintas também são utilizados para resíduos municipais, porém raramente para resíduos de processo.

3.12.2 Incineradores de forno

Lora (2000) cita que a maioria dos resíduos perigosos são queimados em sistemas com fornos de diferentes tipos. Uma classificação geralmente aceita dos incineradores é:

- de injeção líquida
- de forno rotativo
- incineradoras de múltiplos fornos
- de leito fluidizado

3.12.2.1 Injeção líquida

Este tipo de incinerador é aplicável a líquidos que podem ser transportados por bombeamento. Geralmente, tem uma forma cilíndrica, recoberto no interior por material refratário e pode ser vertical ou horizontal. Na Figura 3.7 pode ser observado um exemplo de incinerador de injeção líquida na horizontal. O incinerador vertical se destina a resíduos com elevado conteúdo de sais inorgânicos e com cinzas de baixa temperatura de fusão (LORA, 2000).

O parâmetro crítico para lograr uma alta eficiência de destruição do resíduo é a eficiência de nebulização. Os bocais de nebulização têm sido projetados para produzir gotículas com 1 mm de diâmetro médio, em comparação com os 10-50 mm obtidos em queimadores convencionais (LORA, 2000).

Lora (2000) ainda cita que a capacidade típica dos incineradores de injeção é de 8,8 MW, o excesso de ar varia de 5 a 30% e a emissão volumétrica de calor entre 0,21-0,31 MW/m³. Para resíduos industriais perigosos com compostos inorgânicos (incluindo sais metálicos com baixo ponto de fusão: 760-870°C), utilizam-se reatores imersos de resfriamento rápido.

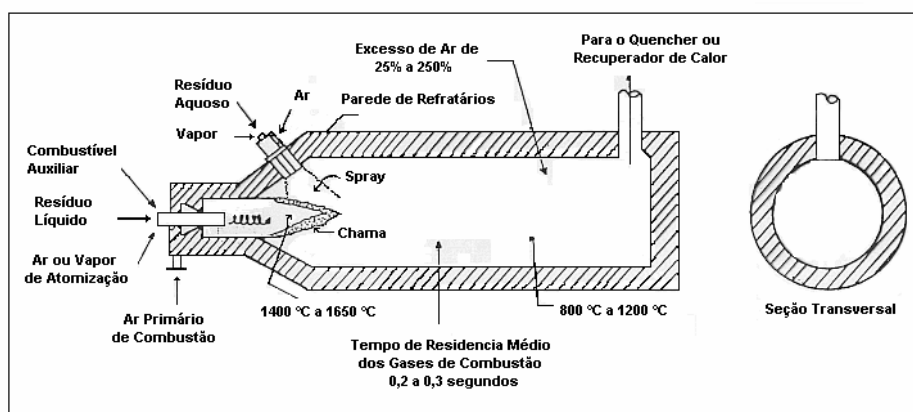


Figura 3.7: Incinerador de Injeção Líquida, (Fonte: Sogabe, 1993)

Neste tipo de incinerador o resíduo é queimado diretamente numa câmara de combustão. O fator que determina a localização do ponto de injeção é o poder calorífico do resíduo. São geralmente câmaras revestidas com produtos refratários (de fluxo horizontal ou vertical), geralmente de seção transversal cilíndrica e equipadas com um queimador primário. Quando vão incinerar materiais com baixo poder calorífico, como resíduos orgânicos diluídos em água, são requeridas câmaras

de combustão secundária ou “boquillas de Injeção”. Os incineradores de líquido funcionam com faixas de temperatura entre 1000 e 1700 °C. O tempo de retenção dos produtos de combustão no incinerador pode variar de milésimos de segundos a 2,5 segundos. Uma parte crítica do sistema são as “boquillas atomizadora” do queimador que converte o resíduo líquido em gotículas. (SOGABE, 1993)

3.12.2.2 Forno rotativo

O forno rotativo, conforme Figura 3.8, consiste em um cilindro refratário alinhado que tem lugares de fixação e rotaciona suavemente sobre seu eixo horizontal. O forno tem um declive de 1 a 2 graus do extremo da alimentação até o extremo de retirada das cinzas, de forma que o resíduo se move horizontal e radialmente através do cilindro (CERINO, 2000).

Ainda segundo Cerino (2000) os gases de combustão do forno passam para uma câmara de combustão secundária e se aquecem até uma temperatura superior para completar sua destruição.

Os resíduos sólidos têm sua fração volátil convertida em gases no forno rotativo, os quais são queimados em uma câmara secundária. Nesta câmara pode ser efetuada a injeção de resíduos líquidos (ROCCA et al, 1993)

Segundo Lora (2000) podem ser utilizados para a incineração de resíduos sólidos, de consistência pastosa e de líquidos, sendo neste sentido mais universais que outros tipos de incineradores.

O tempo de residência dos sólidos no forno fica em torno de 0,5 a 1,5 horas, o que é controlado pela velocidade de rotação do forno (0,5 – 1,0 rpm), pela taxa de alimentação do resíduo e, em alguns casos, pela presença de dispositivos

internos que retardam o deslocamento do resíduo dentro do forno. A possibilidade de controlar com facilidade o tempo de residência do sólido é outra vantagem do forno rotativo, além do efetivo contato entre o ar e o sólido no interior dele (LORA, 2000).

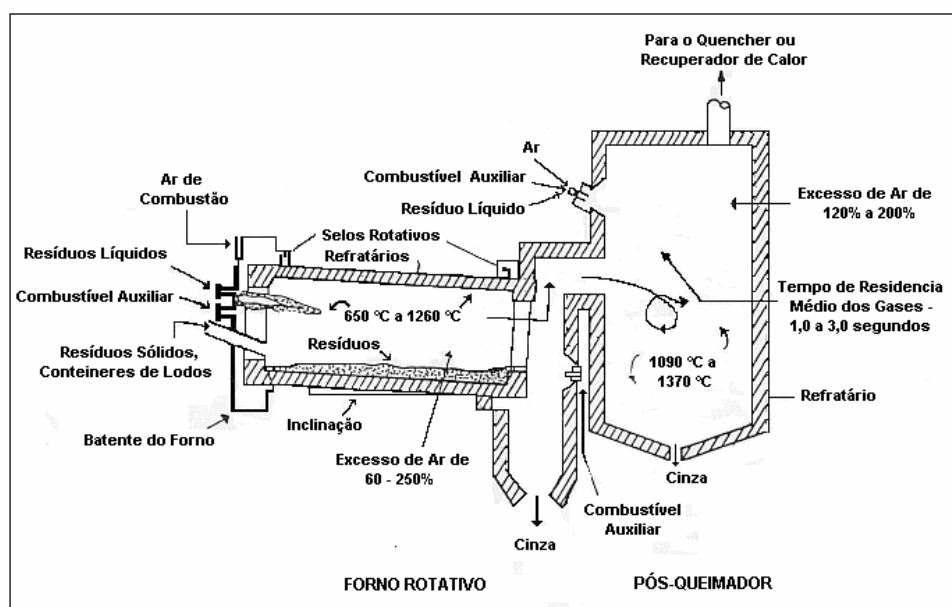


Figura 3.8: Incinerador de Forno rotativo (Fonte: Sogabe, 1993)

Segundo Lora (2000) no forno rotativo ocorre a conversão dos resíduos sólidos em gases através de reações de volatilização e combustão parcial. A temperatura neste tipo de forno não deve ser tão elevada que provoque a vitrificação do resíduo e seu entupimento. A câmara de combustão secundária permite completar as reações na fase gasosa, em particular a destruição de compostos orgânicos. Ainda, segundo este autor, podem ser classificados como

de fluxo paralelo ou de contrafluxo ou com formação ou sem formação de escória. Apesar de ser o mais difundido apresenta as seguintes desvantagens:

- requer grandes investimento;
- precisa de cuidados durante a operação para impedir danos ao refratário, principalmente por choque térmico;
- pode apresentar vazamentos pelos extremos, sendo assim necessário adicionar ar freqüentemente;
- possui uma eficiência térmica relativamente baixa causada por significativas perdas de calor com as cinzas;
- o arraste de partículas com o gás é relativamente grande;
- a operação com formação de escórias em processos de tratamento de resíduos inorgânicos ou barris de metal aumenta a freqüência de reparação do forno.

3.12.2.3 Forno de múltiplos estágios

É composto por uma estrutura externa de aço, protegida internamente com refratários, abrigando um número variado de câmaras e uma coluna giratória central, na qual estão fixados braços de arraste. Este equipamento tem, em geral, de 6 a 12 câmaras. O ar insuflado é usado para resfriar a coluna e os braços de arraste. O ar quente da parte superior retorna para o fundo, para conservação do calor (ROCCA et al, 1993). A Figura 3.9 demonstra um exemplo típico deste tipo de incinerador.

Esse sistema utiliza a combustão em duas etapas, onde na primeira se injeta de 50 a 80% da quantidade estequiométrica de ar. Isto provoca a volatilização ou pirólise do resíduo devido ao calor gerado pela oxidação parcial do carbono fixo. Os produtos da pirólise (metano, etano, e outros hidrocarbonetos + CO) junto com os

produtos da combustão, passam à segunda etapa de combustão numa câmara secundária, com a injeção do ar restante para completar a combustão (LORA, 2000).

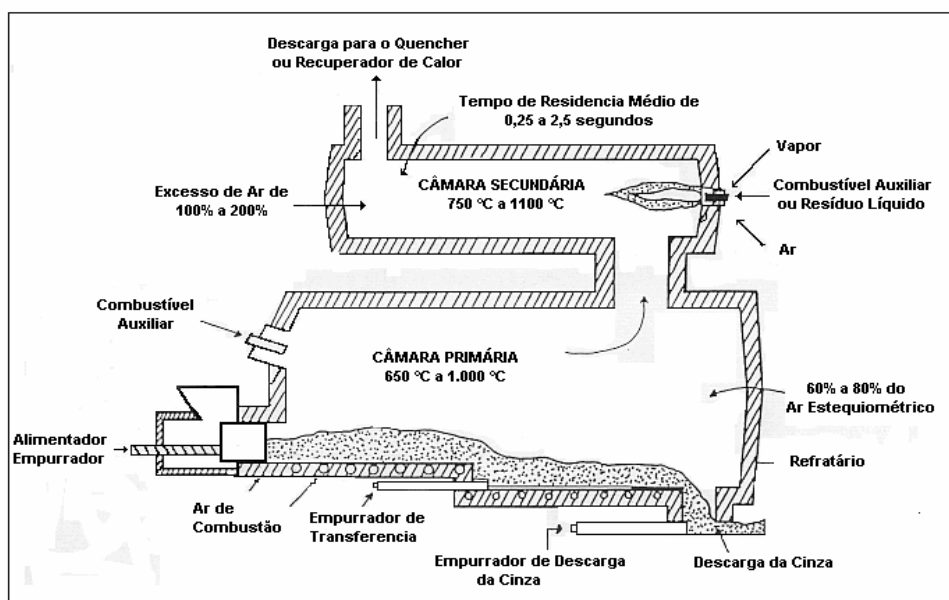


Figura 3.9: Incinerador de câmaras fixas (Fonte: Sogabe, 1993)

Estas instalações, devido ao menor custo e menores emissões de particulados, são mais atrativas que os fornos rotativos para instalações pequenas (LORA, 2000).

3.12.2.4 Leito fluidizado

Um combustor de leito fluidizado está composto dos seguintes elementos: plenum, pelo qual se fornece o ar necessário para a fluidização e combustão, placa distribuidora, leito fluidizado de material inerte, ao que se injeta o combustível a queimar e região do free-board acima do leito (LORA, 2000).

Este tipo de incinerador, conforme demonstrado na Figura 3.10, se caracteriza por altos tempos de residência e possui uma temperatura homogênea no leito. A eficiência de destruição e remoção dos contaminantes é proporcional à temperatura e o tempo de residência. Por conta do tempo de residência no free-board não se necessita uma câmara de combustão secundária para alcançar valores aceitáveis de DRE. Devido a uma maior turbulência e operação quase isotérmica, os incineradores de leito fluidizado alcançam, para temperaturas 200 – 300 °C menores que nos incineradores convencionais, eficiências de destruição equivalentes (LORA, 2000).

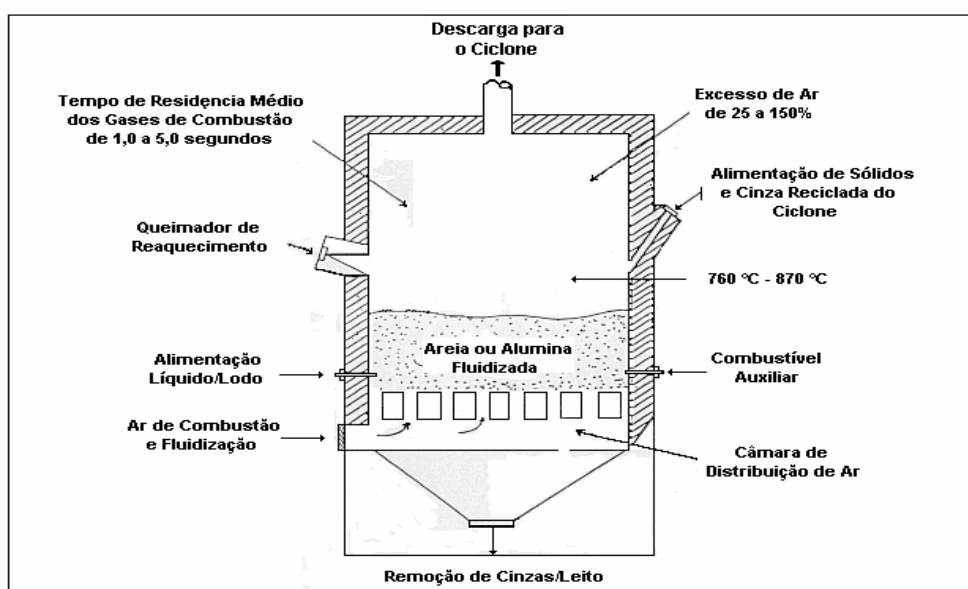


Figura 3.10: Incinerador de leito fluidizado (Fonte: Sogabe, 1993)

Conhecido cada um dos tipos de incineradores Rocca et al (1993) cita as principais diferenças entre eles conforme está apresentado no Quadro 3.1.

Quadro 3.1: Vantagens e desvantagens de cada tipo de incinerador.

Tipo de incinerador	Vantagens	Desvantagens
FORNO ROTATIVO	- Apresenta grande flexibilidade operacional, pois permite incinerar resíduos sólidos, líquidos e semi-sólidos, além de resíduos relativamente volumosos, com a adaptação de diversos tipos de mecanismos de alimentação - possibilita a incineração de resíduos sólidos que se fundem no interior do forno - boa turbulência e grande quantidade de ar a ser misturado com o resíduo sólido - permite remoção contínua das cinzas sem interferência com a combustão - é destituído de partes internas móveis - permite o controle do tempo de residência dos componentes não-voláteis por meio do ajuste da velocidade de rotação - permite o uso de equipamento de tratamento de gases via úmida - minimiza a necessidade de preparação do resíduo, tal como mistura ou pré-aquecimento - pode ser operado com temperaturas superiores a 1400°C o que é muito útil para a destruição de compostos termicamente estáveis como PCBs	- requer altos investimentos para instalação - necessita de cuidados na operação para impedir danos aos refratários principalmente por choque térmico - é provável a ocorrência de emissão de partículas de material antes da combustão completa - alguns recipientes cilíndricos ou esféricos podem rolar através do forno antes de estarem totalmente destruídos - apresenta necessidade freqüente de adição de ar em função de vazamentos que ocorrem pelos extremos - promove uma elevada emissão de particulados - possui uma eficiência térmica relativamente baixa.
FORNOS DE INJEÇÃO LÍQUIDA	- dispensa sistema contínuo de remoção de cinzas - apresenta baixo custo de manutenção - é destituído de partes móveis - apresenta uma resposta rápida às mudanças nas características do resíduo, pela variação imediata da temperatura	- incinera apenas resíduos que possam ser atomizados através do bico do queimador - caso o resíduo não apresente poder energético suficiente para manter a temperatura (poder calorífico inferior maior que 2.500 kcal/kg), haverá necessidade de combustível auxiliar - os queimadores estão sujeitos a entupimento - o tamanho das partículas do resíduo é um parâmetro crítico para a operação

(continua...)

(...continuação do Quadro 3.1...)

FORNO MÚLTIPLOS ESTÁGIOS	- Muito útil na queima de lodos de esgotos - Não requer uma secagem prévia do lodo pois esta é efetuada nas câmaras superiores pelos gases quentes gerados gerados nas câmaras de combustão mais baixo, que passam em contracorrente ao fluxo de sólidos	- apresenta problemas de odores de gases, devido á temperatura de queima relativamente baixa - pode necessitar de pós – queimadores no topo do incinerador - necessita de preparação dos resíduos sólidos, tal como moagem, para evitar a obstrução das aberturas das câmaras e, també, para qe estes resíduos não se enrolem nos braços de arraste.
FORNOS DE GRADE MÓVEL – geralmente é constituído de duas câmaras, sendo necessário o uso de combustível auxiliar para o início e manutenção da queima. Deve ser previsto um adequado suprimento de ar destinado à combustão nas câmaras primária e secundária e à garantia de uma turbulência para misturar o ar e os resíduos. As reações de combustão e turbulência na câmara primária são mantidas a níveis baixos para minimizar a formação de particulados. Na prática, o suprimento de ar é de 100 a 200% em excesso.	- Requer baixos investimentos para instalação -possibilita a queima de resíduos sólidos e líquidos - propicia a redução de volume de resíduos volumosos sem o uso de grandes quantidades de combustível auxiliar	- constitui-se em uma fonte poderosa de emissão de compostos carcinogênicos, como compostos aromáticos polinucleares, formados em condições de deficiência de ar - não é recomendado para a queima de resíduos com nitrogênio, enxofre, metais, sódio, silício, fósfor, flúor, bromo, cloro ou iodo - não é adequado para a incineração de lodos sem estar internamente equipado para a remoção de crostas - normalmente a remoção de cinzas é feita de forma descontínua e requer a parda do incinerador - apresenta dificuldades para operação contínua, com toda a problemática decorrente.
FORNO DE LEITO FLUIDIZADO	- pode ser utilizado para incineração de resíduos sólidos combustíveis, resíduos líquidos e gases - sua concepção e projeto são simples -não requer partes móveis na zona de queima - sua vida útil é longa - seu custo de manutenção é baixo - dispõe de grande área de contato, que resulta da fluidização e proporciona alta eficiência de queima	- dificulta a remoção de materiais residuais retidos no leito - requer, eventualmente, procedimento de operação especial, a fim de preservar danos no leito - seu custo de operação é relativamente alto - apresenta possíveis dificuldades na incineração de resíduos com grandes porcentagens de umidade - é desaconselhável para resíduos a granel ou resíduos com cinzas passíveis de se fundir.

4. Materiais e Métodos

4.1 MATERIAIS

A indústria em estudo é do segmento alimentício, emprega aproximadamente 1.200 funcionários, produz 45.000 toneladas de produto/ano, consome cerca de 248.000 m³ de água e 62.000 MWh de energia por ano. Está em uma área de 435.000 m², onde apresenta edificações de produção, laboratórios, armazenamento de matéria-prima, armazenamento temporário de resíduos, e Estação de Tratamento de Efluentes.

Para o diagnóstico dos resíduos gerados na indústria em estudo foi utilizada a planilha de Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA), sendo apresentado no Apêndice A um exemplo.

O tipo de tratamento dado aos resíduos foi diagnosticado através dos contratos existentes no setor de compras.

Foram utilizados os manifestos de transporte e fichas de controles de saída da portaria para verificar tanto os resíduos que saíam como as quantidades.

Para alguns resíduos foi necessária a realização de análises de laboratório para sua identificação e classificação.

O potencial energético teórico foi calculado baseado nas tabelas apresentadas na revisão bibliográfica e na metodologia apresentada a seguir.

4.2 MÉTODOS

No presente trabalho a obtenção dos dados foi feita através do Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais, instrumento este utilizado na Gestão Ambiental

de uma indústria, onde os resíduos gerados em cada área da indústria, seja do processo ou da área de utilidades, foram identificados. O levantamento de aspectos e impactos ambientais, conforme descrito na revisão bibliográfica, consiste na identificação dos recursos naturais utilizados em cada área relacionando-os aos impactos do seu uso, bem como a identificação de todos os resíduos gerados. São, também, identificados os requisitos legais que cada impacto está sujeito e, por fim, faz-se uma avaliação quantitativa. Esta avaliação é feita baseada na metodologia adotada pela empresa, levando em consideração a frequência do impacto, sua severidade, a probabilidade de ocorrência e número de pessoas expostas.

Depois de realizado tal levantamento, os resíduos identificados foram caracterizados e classificados. Para alguns resíduos foi necessário efetuar análises segundo o que determina a norma NBR 10.004 da ABNT. Para quase a totalidade dos resíduos já havia uma forma de tratamento adotada e por isso foi conferido com seus respectivos contratos o seu endereçamento.

A quantidade de resíduo gerado foi medida através dos controles de saída de resíduos ou manifestos de transportes. Foram verificadas as formas de tratamento adotadas analisando sobre outros possíveis tipos de tratamento.

Após a identificação das formas de tratamento foi, então, avaliado o potencial energético teórico associado ao resíduo sólido industrial. Conforme o tipo de tratamento adotado e utilizando os fatores de conversão apresentados na Tabela 4.1 foram calculados os potenciais de energia evitados, quando se tratava de reciclagem, e os potenciais energéticos a aproveitar quando o tratamento se dá por meio da incineração ou aterros energéticos. No caso da conversão biológica, obteve-se a produção de energia a partir do biogás proveniente da digestão anaeróbica do esgoto e resíduo sólido doméstico, multiplicando o rendimento para o

biogás de esgoto, 70 m³/t, e de resíduo sólido doméstico, 110 m³/t, pelo poder calorífico superior médio do biogás, em torno de 24.000 kJ/m³ (MME, 1982). Para a reciclagem, calculou-se a energia elétrica evitada ou a que não foi utilizada em função da reciclagem do material quando comparado à energia elétrica consumida no processamento primário, subtraindo-se os valores de energia elétrica necessária no processamento primário dos valores de energia elétrica consumida na reciclagem.(STREB, 2001;PIUNTI, 2001; SANTOS, 1995). Isto quer dizer que a energia consumida quando um material é reciclado é menor que a energia utilizada no processo de produzir o mesmo produto novo e esta diferença de energia consumida é justamente a identificada como energia evitada ou poupada.

Também foi considerada uma porcentagem de aproveitamento para cada tipo de tratamento conforme apresentado na Tabela 4.2. Desta forma, utilizou-se a equação 4 para a definição do potencial energético teórico dos resíduos gerados na indústria:

$$E = QR \times Fce \times Tr \quad \text{eq. 4}$$

Onde

E= Energia associada ao resíduo industrial (MWh/mês)

QR = quantidade gerada de um determinado resíduo/ano

Fce = fator de conversão energética para o resíduo em função de seu tratamento

Tr = porcentagem da classificação energética em função do tratamento

TABELA 4.1: Fatores de conversão energética para resíduo

Material	Processo de conversão energética	Fator de conversão energética (Fce)	
		MWh/ton	GJ/ton
Papel	Reciclagem	3,50 ^{a,b}	12,60 ^{a,b}
	Incineração	4,89 ^d	17,60 ^d
Vidro	Reciclagem	0,60 ^{a,b}	2,16 ^{a,b}
Plástico	Reciclagem	5,30 ^{a,b}	19,08 ^{a,b}
Alumínio	Reciclagem	14,25 ^a	51,30 ^a
Metal ferroso	Reciclagem	6,05 ^c	21,78 ^c
Esgoto	Aterro energético	0,47 ^c	1,69 ^c
Resíduo sólido	Aterro energético	0,73 ^c	2,63 ^c
Doméstico	Incineração	5,48 ^d	19,73 ^d
Madeira	Incineração	5,56 ^d	20,02 ^d
Trapos de pano	Incineração	4,94 ^d	17,78 ^d
Filme polietileno	Incineração	12,38 ^d	44,57 ^d
Aparas de espuma	Incineração	7,94 ^d	28,58 ^d
Tecido nylon	Incineração	8,53 ^d	30,71 ^d

Fontes: (a) STREB (2001); (b)PIUNTI(2001); (c)SANTOS (1995); (d) PERRY e CHILTON(1980); (e) MME (1982)

A Tabela 4.1 apresenta índices de potencial energético de alguns resíduos que quando multiplicados pelas quantidades geradas darão valores do potencial energético desses resíduos. No entanto, houve necessidade de se fazer uma ponderação para alguns deles e por isso a Tabela 4.2 apresenta a composição aproximada e a respectiva classificação energética.

Tabela 4.2: Classificação energética do resíduo sólido destinado ao estudo quantitativo

Código	Descrição do Resíduo	Composição Aproximada (%)	Classificação Energética (%)
A001	Lixo de Restaurante	70%mat.Org.,20% recicláveis,10 % rejeitos	20 % reciclagem, 70% energia do biogás ou 100 % incineração
A002	Resíduos gerados fora do processo industrial	50 % recicláveis (res. Escritório) e 50% rejeitos	50% reciclagem ou 100% incineração
A004	Sucata de metais ferrosos	50 % recicláveis e 50% rejeitos	50% reciclagem
A005	Sucata de metais não ferrosos	50 % recicláveis (cobre, alumínio, stc) e 50% rejeitos	50% reciclagem
A006	Res. de papel e papelão	50 % recicláveis e 50% rejeitos	50% reciclagem ou 100% incineração
A007	Res. de plástico polimerizados	50 % recicláveis e 50% rejeitos	50% reciclagem
A009	Res. de madeira	50 % recicláveis e 50% rejeitos	50% reciclagem ou 100% incineração
A010	Res. de materiais Têxteis	50 % recicláveis e 50% rejeitos	50% reciclagem ou 100% incineração
A019	Lodo com material biológico não tóxico	70% matéria orgânica e 30% rejeitos	70% energia do biogás e 100% incineração

Fonte: elaborada com dados da Cetesh(2003)

É citado como exemplo o caso de resíduos de restaurante, onde apenas 70% deve ser considerado como matéria orgânica e que poderá contribuir com uma certa eficiência energética quando levado para um aterro sanitário. Os outros 30% são considerados recicláveis ou rejeitos e que não contribuirão para a geração de biogás em um aterro. Dessa forma o cálculo se dará da seguinte forma:

$$E = 2.500 \text{ ton/ano} \times 0,73 \times 0,70 = 1.277,50 / 12 \text{ meses} = 106,46 \text{ MWh/mês}$$

Onde:

$$QR = 2.500$$

$F_{ce} = 0,73$ pela Tabela 4.1 para resíduo sólido que se encaminha para aterro energético

$Tr = 0,70$ pela Tabela 4.2 pois 70% é considerado matéria orgânica e poderá ser utilizado como biogás

Dessa forma o cálculo considerado para cada um dos resíduos gerados levou em consideração a quantidade de resíduo gerada (QR), o fator de conversão energética (F_{ce}) segundo o tipo de tratamento e a composição aproximada conforme o aproveitamento energético (Tr). Para os resíduos que não apresentam quantidade expressiva de geração, como os resíduos de serviço de saúde, ou que ambientalmente tenham destinação mais adequada, como lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias, não foi considerado este tipo de metodologia para determinar o potencial energético.

Foi feita, também, uma outra estimativa de potencial energético para alguns resíduos sólidos adotando outros tipos de tratamento que não são adotados atualmente ou utilizando fatores de conversão de resíduos com PCI semelhante. Foram encontrados outros valores de potencial energético quando adotadas outras formas de tratamento quando não as atuais.

Esta metodologia foi baseada na metodologia proposta no trabalho de Batista (2004). A Tabela 4.3 mostra a metodologia completa, no entanto, neste estudo de

caso baseou-se apenas as etapas 4 a 8 descritas, apesar da etapa 1 já estar considerada.

Tabela 4.3 – Fluxograma proposto para a metodologia para avaliação do potencial energético associado ao resíduo sólido industrial, Batista (2004).

Etapas	Atividade
1	Definir, espacialmente, a área selecionada e, temporalmente, o período a ser considerado.
2	Levantar dados referentes às características físico-ambientais e sócio-econômicas da área
3	Levantar dados sobre o segmento industrial da área: localização, porte, ramo de atividade
4	<i>Fazer inventário de resíduo sólido industrial, na amostra selecionada, a partir de dados primários e/ou secundários</i>
5	<i>Classificar o resíduo sólido industrial, segundo o potencial de aproveitamento energético</i>
6	<i>Quantificar o resíduo sólido já aproveitado e o passível de aproveitamento energético, considerando a destinação atual</i>
7	<i>Estudar o potencial energético dos resíduos e identificar ou definir o tipo de aproveitamento existente ou a ser aplicado</i>
8	<i>Determinar a quantidade de energia associada aos resíduos destinados aos tratamentos.</i>
9	Avaliar a quantidade total de energia associada ao resíduo sólido industrial da região considerada (energia aproveitada e potencial teórico)
10	Avaliar a aplicabilidade dos mecanismos de aproveitamento energético, considerando aspectos econômicos, legais e sócio-ambientais (potencial efetivo)

5. Resultados e Análises

Para alcançar os objetivos previstos os resultados encontrados foram descritos nas Tabelas apresentadas neste capítulo. Para tais resultados foram feitas análises que podem ser verificadas a seguir.

Através da Tabela 5.1, foram relacionados todos os resíduos gerados. Na mesma Tabela está a classificação de cada um deles e a quantidade gerada.

Tabela 5.1. Resíduos gerados na indústria alimentícia em questão.

Resíduos	Classificação/ Caracterização	Quantidade
Lixo de restaurante/ varrição de fábrica/ balas e goma imprópria para consumo 	Classe IIA – sólido	2.500 t/ano
Lodo orgânico da ETE 	Classe IIB – semi-sólido	1.500 t/ano

(continua...)

(...continuação Tabela 5.1...)

Plásticos diversos 	Classe IIB - sólido	140 t/ano
Sucata de metais 	Classe IIB - sólido	47 t/ano
Papel/Papelão 	Classe IIB – sólido	433 t/ano
Pallets de madeira 	Classe IIB – sólido	252 t/ano

(continua...)

(...continuação Tabela 5.1...)

Óleo BPF contaminado 	Classe I – líquido	2,50 t/ano
Óleo de manutenção 	Classe I – líquido	9600 L/ano
Óleo vegetal 	Classe I – líquido	6,5 t/ano
Óleos essenciais 	Classe I - líquido	2,5 t/ano

(continua...)

(...continuação Tabela 5.1...)

Embalagens plásticas e metálicas 	Classe I – sólido	81 t/ano
Baterias exauridas 	Classe I – sólido	48 un/ano
Pilhas e baterias 	Classe I – sólido	0,20 t/ano
Resíduos de serviços da saúde 	Classe I – sólido	0,03 t/ano

(continua...)

(...continuação Tabela 5.1...)

Lâmpadas fluorescentes 	Classe I - sólido	1.600 un/ano
Metil Etil Cetona + solventes 	Classe I – líquido	1,0 t/ano
Panos e absorventes sujos com óleo graxa, MEC 	Classe I – sólido	2,7 t/ano
Resíduos laboratoriais 	Classe I – sólido	0,02 t/ano

(continua...)

(...continuação Tabela 5.1...)

Mistura de açúcar invertido e glicerina (passivo ambiental) 	Classe I – líquido	14.000L/ano
--	---------------------------	--------------------

Constatou-se uma grande variedade de resíduos gerados e diversas formas de tratá-los em função de suas características. São gerados 19 grupos de resíduos onde 97,6 % (4.872 t/ano) referem-se a resíduos considerados não-perigosos e 2,4 % (121 t/ano) resíduos perigosos conforme a NBR 10.004. Na Figura 5.1 estão demonstradas as porcentagens dos resíduos não-perigosos. Para esses resíduos vários tipos de tratamentos são dados como a reciclagem, a compostagem, e a disposição em aterros sanitários.



Figura 5.1: Porcentagem de Resíduos Não Perigosos

A seguir descreve-se cada grupo dos resíduos não-perigosos :

? Lixo de restaurante/ varrição de fábrica/ produtos impróprios para consumo

Este grupo responde por 51,31 % dos resíduos não-perigosos e 50,7% do total dos resíduos. É composto por restos da preparação de comida do restaurante (ossos, plásticos de carnes, cascas de legumes, verduras impróprias), varrição de chão de fábrica (produto não embalado, talco, açúcar), materiais não-recicláveis (plástico de embalagens, papel parafinado, papel laminado, produto embalado erroneamente) e balas e gomas impróprias para consumo (resultado de testes ou descartadas em função de não atender a qualidade para consumo). Todos esses resíduos são levados para aterro sanitário licenciado para descarte. Trata-se de uma das possibilidades de disposição final e apresenta um custo de aproximadamente R\$ 215,00/t, valor este que inclui o transporte. O custo anual deste tipo de resíduo é de aproximadamente R\$ 537.500,00.

Com relação aos resíduos de restaurante, varrição e produtos impróprios para consumo percebe-se que há bastante por melhorar quanto à política dos 3Rs. Há desperdício de alimentos no restaurante, tanto no preparo quanto no consumo. Muitos produtos da empresa, no seu processo, são jogados fora por falta de barreiras nos equipamentos que evitam que caiam no chão. A adoção de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo através da instalação de aparadores para que os produtos não tenham contato com partes sujas, enclausuramento de pó em suspensão e ajuste de máquinas seria uma solução para a geração de uma quantidade muito menor de resíduo. Dois parâmetros seriam evitados diretamente: consumo de maior quantidade de matéria-prima e pagamento de destino final dos resíduos gerados. Indiretamente a energia, água consumida e horas trabalhadas

seriam outros gastos a serem reduzidos com a diminuição da geração destes resíduos.

Através de verificação “in loco” e medições das quantidades de resíduos geradas mensalmente desse grupo, pode-se perceber que com a adoção de algumas práticas de Desenvolvimento Limpo no manejo destes resíduos poderá promover uma redução de até 15% na quantidade de resíduos gerados . Além desta redução poderá haver uma melhor separação dos resíduos e com isto o tratamento dos resíduos orgânicos que se encaminham para um aterro sanitário poderá ser convertida para a compostagem que representa um custo 13% menor.

? Lodo orgânico da ETE

Este grupo responde por 30,78 % dos resíduos não-perigosos e 30,04% do total dos resíduos. É composto por bactérias utilizadas em reatores aeróbicos e matéria orgânica.

Esse resíduo é levado para compostagem em empresa licenciada para efetuar este tipo de tratamento convertendo-o num condicionador de solo. Trata-se de uma das possibilidades de disposição final e apresenta um custo de aproximadamente R\$ 187,00/t, valor este que também inclui o transporte. Trata-se de um tratamento com custo inferior ao do Aterro Sanitário. Dessa forma, o custo anual do tratamento deste tipo de resíduo é de R\$ 280.500,00. Caso fosse levado para o Aterro Sanitário teria um custo de R\$ 322.500,00.

A forma de tratamento pela incineração não seria a mais recomendada em função da alta umidade já que o lodo está em forma pastosa. Apenas misturando-o a resíduos secos, a fim de tornar a mistura mais homogênea é que passaria a ser viável sua queima.

? Resíduos Inertes

Para os resíduos de plástico, sucata de metais, pallets de madeira, papel e papelão o tratamento utilizado é o da reciclagem. Representam 18% dos resíduos não-perigosos. A reciclagem desses materiais representa, em termos energéticos, uma energia evitada quando comparada a um novo material pois seu aproveitamento se dá de forma indireta visto que se fosse feito novo papelão ou novo plástico a energia despendida seria maior que o da reciclagem. É o caso típico para os pallets de madeira que podem ser reformados para novo uso, economizando o corte de novas árvores e o gasto de energia com o processamento da madeira.

Esses materiais representam para a empresa um ganho financeiro pois é feita a venda para a reciclagem. O ano de 2006 apresentou um ganho médio de R\$ 168.000,00, 20% do valor pago com tratamento dos outros resíduos não-perigosos, o que corresponde ao pagamento de 2,5 meses de tratamento. Ambientalmente, é uma das melhores formas. No entanto, para atender metas de redução de resíduos, adotada pela empresa, a venda passa a não ser mais tão importante e sim o primeiro R da política dos 3Rs que é a redução de resíduos.

Quanto aos resíduos inertes um tratamento através da incineração também seria possível visto que são resíduos com PCI alto e que poderiam, através de sua queima, gerar energia.

Analisando estes três grupos de resíduos não-perigosos pode-se perceber que estão sendo dados os melhores tratamentos disponíveis com menor custo aliado ao menor impacto ambiental já que correspondem a maior quantidade de resíduos gerados. No entanto, existem possibilidades de melhorias, principalmente com relação à redução.

Os demais resíduos gerados na indústria são caracterizados como resíduos Classe I em virtude de apresentarem uma das características de periculosidade da NBR 10.004: inflamabilidade, corrosividade ou patogenicidade. A Figura 5.2 apresenta a porcentagem de cada um dos tipos de resíduos perigosos gerados.

Os resíduos classificados como Classe I – Perigosos, apesar de não serem em grande quantidade devem receber atenção especial em função do impacto que causam ao meio ambiente. Muitos deles já apresentam opção de reciclagem para o propósito de diminuir o impacto ambiental bem como reduzir o uso de recursos naturais. No entanto, como são resíduos de várias origens e características distintas é necessário o tratamento individualizado.

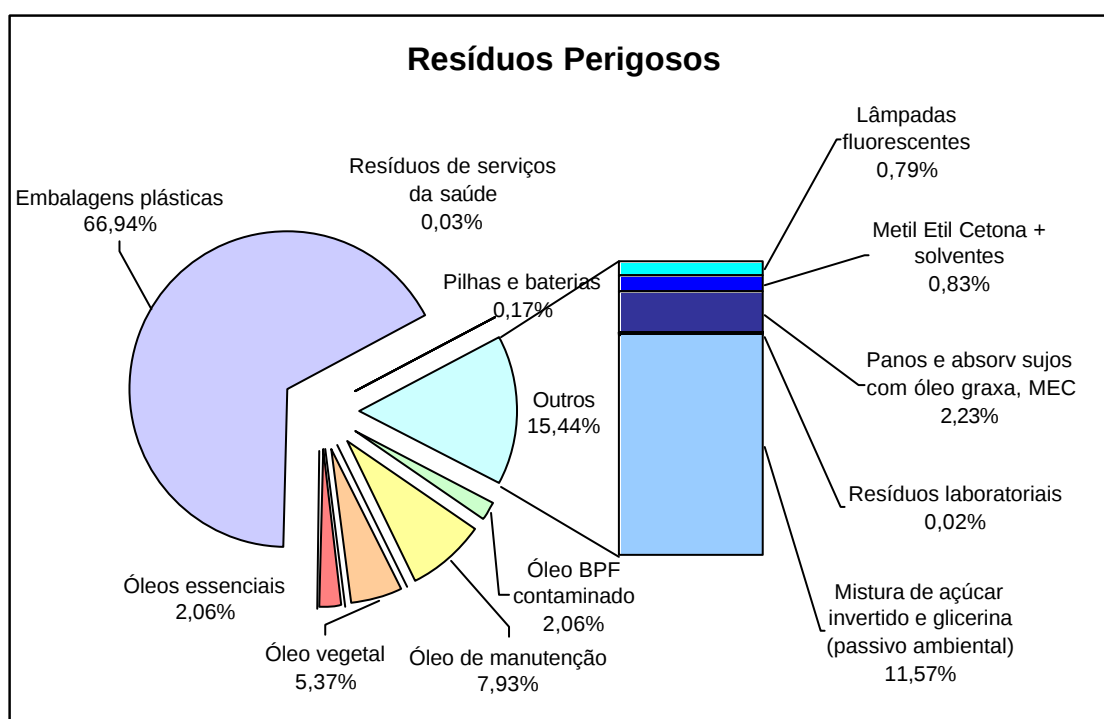


Figura 5.2: Porcentagem de Resíduos Perigosos

A seguir são descritos os grupos dos resíduos perigosos:

? Embalagens plásticas vazias contaminadas

As embalagens plásticas vazias, como as de soda caustica, de silicone spray e de essências tem tratamento diferentes. Para os galões de 20 l, 40 l, 100 l e 200 l de essências é feita a venda para recicladores deste tipo de embalagem. Apesar de ter alguns resíduos de essências eles são lavados, as etiquetas são retiradas e voltam para o comércio para novo uso. Os recicladores são responsáveis pelo tratamento do esgoto da lavagem desses tambores. São considerados perigosos justamente por apresentarem tais resíduos que ficam nas suas paredes e fundo e que tem um alto poder de inflamabilidade, já que o ponto de fulgor é baixo. Poderia haver também a incineração de tais embalagens, no entanto, econômica e ambientalmente a reutilização destas após a limpeza é a melhor opção. No entanto, para atender metas da empresa o ideal é fazer o retorno das embalagens aos fabricantes para reuso, proposta esta a ser avaliada em conjunto com os fornecedores.

As embalagens vazias de soda cáustica e de silicone spray não têm o mesmo valor comercial que as embalagens das essências. Em função disto passaram a ser tratados através da incineração visto que apresentam restos dos seus materiais, o primeiro corrosivo e o segundo inflamável.

? Óleos lubrificantes

Este resíduo tem como tratamento a reciclagem. Apresenta um poder calorífico elevado e poderia se utilizado como fonte de energia.

? Óleo vegetal

Trata-se de outro resíduo que está sendo reciclado, e onde a tecnologia adotada no processo também possibilita que seja utilizado como combustível.

? Panos e absorventes sujos com óleo e graxa

Estes resíduos, atualmente, são enviados para uma empresa que faz o tratamento termicamente por apresentar um PCI alto, favorável a ser utilizado como gerador de energia para outros processos.

Outra opção de tratamento que poderia ser utilizada é o uso de panos de limpeza e absorventes locados retornáveis, ou seja, empresas de lavanderia industrial fornecem os panos que após seu uso recolhem para a lavagem apropriada em suas instalações, retornando para a empresa que os emprega, limpo novamente para o mesmo uso. As lavanderias industriais passariam a ser responsáveis pela geração do resíduo e pelo tratamento da água, enquanto a indústria contratante não teria mais as despesas de compra de novos panos e absorventes e tão pouco de tratamento e destino final do seu resíduo. Desta forma, a empresa não teria mais o custo de aquisição de novos panos e absorventes e passaria, conseqüentemente, a não ter mais também o custo de tratamento final.

? Lâmpadas fluorescentes

A reciclagem de lâmpadas fluorescentes é a opção adotada para diminuir o impacto ambiental. A tecnologia desenvolvida retira o gás interno e o mercúrio de forma segura para aproveitamento destes para um novo processo. O vidro e o alumínio restantes da lâmpada também são aproveitados e endereçados para indústrias recicladoras destes materiais.

? Baterias exauridas

Estas devem ser reencaminhadas para o fornecedor que dará o tratamento devido em função de legislação própria.

? Pilhas e baterias

As pilhas e baterias usadas já apresentam tratamento específico através de forma química. As empresas fabricantes, em função de legislação específica, diminuíram o teor de metais que é utilizado e já propõem para alguns casos a disposição em aterro sanitário domiciliar. No entanto, ainda se busca um aperfeiçoamento deste impacto com a substituição de alguns modelos de pilhas por pilhas recarregáveis para diminuir a quantidade deste tipo de resíduo. Há muito a ser melhorado em função dos novos equipamentos que vem se valendo de baterias recarregáveis para serem utilizados. Nos dias de hoje, muitos celulares, máquinas fotográficas e filmadoras, “notebooks”, vem produzindo uma quantidade muito grande desse lixo tecnológico o que deverá ser preocupante em breve.

? Resíduos de serviço de saúde

Percebe-se que para os resíduos de serviço de saúde existe certa vantagem em tratar termicamente o material, não somente porque engloba os resíduos biológicos, mas também os químicos (como será detalhado na Tabela 5.3). Trata-se de uma quantidade muito pequena, porém é exigido por lei que este tipo de resíduo tenha um tratamento especial e que deve ser no mínimo desinfetado e/ou inertizado. A incineração deste resíduo é uma opção melhor que a inertização pois reduz tais resíduos a cinzas que não trarão nenhum problema com patógenos e a queima em

altas temperatura garante a eliminação de qualquer vírus ou bactéria em prol da segurança da saúde humana. O tratamento através da inertização não reduz o volume de resíduo gerado e apenas poderá ser indicada para os resíduos biológicos. Quanto aos resíduos químicos, estes deverão ser tratados através da incineração.

? Resíduos laboratoriais

Quanto aos resíduos laboratoriais, a incineração também seria um processo seguro desde que o controle das emissões atmosféricas fosse rígido em função da evaporação de vários produtos químicos existentes. Porém, economicamente o aterro sanitário antecedido de uma inertização ou solidificação seria mais indicado. Em contrapartida, tecnicamente o tratamento dos produtos químicos seria ideal através de um tratamento de resíduos líquidos em processos físico-químicos, enquanto que dos vidros seria através da reciclagem.

? Óleos essenciais e solventes

Este resíduo, em virtude do seu alto PCI, tem a melhor forma de tratamento na incineração. São utilizados na queima como forma alternativa de energia e com isso diminuem o impacto ambiental que poderiam trazer caso fossem armazenados em aterros sanitários para resíduos industriais.

? Mistura de açúcar invertido e glicerina

Este item engloba resíduos originados em função de perdas antigas no sistema que não mais ocorreram, ou seja, é passivo ambiental. Para o caso em questão, a situação de encaminhar para Aterro Industrial para resíduos Classe I é

mais viável economicamente e não traria tantos problemas ambientalmente, já que o açúcar é um material orgânico de fácil degradação e a glicerina tem como risco apenas a inflamabilidade. A incineração tem um custo alto o que o torna um tratamento caro neste caso.

Na Tabela 5.2 apresenta-se um resumo destes resíduos e as prováveis formas de tratamento. Na mesma tabela foi apresentada a composição aproximada onde alguns deles foram submetidos a testes de laboratório para identificar sua composição e seu poder calorífico, parâmetro importante, caso a queima através de incineração seja o processo escolhido para tratamento. Quanto maior o poder calorífico, mais interessante se torna a incineração como processo de tratamento do resíduo, podendo-se muitas vezes associar outros resíduos de poder calorífico mais baixo para a homogeneização da mistura. No entanto, é importante conhecer também que tipos de substâncias podem ser liberadas através da queima para garantir que a emissão gasosa seja tratada de forma correta. Outro parâmetro importante diz respeito às plantas que devem ser operadas por equipes treinadas e qualificadas.

A Tabela 5.3 apresenta um resumo dos custos levantados em empresas especializadas no tratamento de resíduos para os resíduos perigosos que não são possíveis de tratamento através da reciclagem como as lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias, e, óleos lubrificante e vegetal. Por se tratarem de resíduos perigosos a sua disposição em aterros especializados ou incineração não é a mais apropriada, salvo os óleos que poderão ser fonte energética.

Tabela 5.2. Resíduos Sólidos Perigosos (classe I) gerados na indústria alimentícia e técnicas de tratamento mais adequadas.

Resíduos Sólidos	Origem	Composição aproximada	Formas de tratamento
Panos e absorv. sujos com óleo, graxa, MEC	Limpeza de máquinas e equipamentos	PCI: 6199,80 kcal/kg Cloro: 0,12 %	Aterros Classe I ou Incineração
Lâmpadas fluorescentes	Escritórios e Fábrica	Mercúrio, sódio, vidro e metais	Reciclagem
Embalagens plásticas contaminadas	Armazém, processos e embalagem	Açúcar líquido, lecitina de soja, triacetina, álcool etílico, óleo essencial, glicerina	Incineração ou Reciclagem
Baterias exauridas	Oficina	Ácido sulfúrico e chumbo	Aterro Classe I e reciclagem
Pilhas e baterias	Rádios transmissores	Mercúrio, manganês, cádmio, chumbo	Aterro Classe I ou Tratamento químico
Resíduos de serviços da saúde	Ambulatório médico	Gases, esparadrapo, algodão, seringas e agulhas descartáveis	Incineração ou inertização
Resíduos laboratoriais	Laboratórios	PCI: 2950 Kcal/kg Cinzas:2,35%, Umidade: 9,01 % Cloro:3,1%, Enxofre: 1,02% Nitrogênio: 0,7%, Prata: 5 ppm Chumbo:130 ppm, Ferro:20 ppm Cromo: 17 ppm, Cobre: 70 ppm Bário: 50 ppm	Incineração ou Inertização (solidificação) ou Aterro Classe I
Óleo BPF contaminado	Caldeira	Poder calorífico 7704 kcal/kg, Água: 10,2 %, Cloro: 0,8 %	Incineração
Óleo lubrificante de manutenção	Oficina	Hidrocarbonetos	Incineração ou Tratamento químico
Óleo vegetal	Restaurante	PCI: 9561,60 Kcal/kg Cloro:0,04%,Água<1%	Incineração ou Reciclagem
Óleos essenciais	Produção	Poder calorífico 8236 kcal/kg, Água 1,49% Cloro 0%,pH 5,63	Incineração ou Tratamento químico
Metil Etil Cetona + solventes e tintas ink jet	Limpeza de canhões dos jatos de tinta	PCI: 7643,38 kcal/kg Cloro: 0,19%, Água: 36,2%,pH: 4,10	Incineração ou Tratamento químico
Mistura de açúcar invertido e glicerina	Processos de fabricação	PCI: 6914,58 kcal/kg Cloro: 0,16 % Água: 0,75%, pH: 7,31	Aterros Classe I ou Incineração

Tabela 5.3: Resíduos Classe I e custo para seu tratamento

Resíduos Sólidos	Quantidade	Formas de tratamento	Custo para Tratamento (US\$)
Panos/absorvent, sujos com óleo, graxa, MEC	2,7 t/ano	Aterros Classe I	100,00/t
		Incineração	180,00/t
Embalagens plásticas contaminadas	81 t/ano	Reciclagem controlada	<i>Compra do material</i>
		Incineração	180,00/t
Resíduos de serviços da saúde	0,03 t/ano	Incineração	1050,00/ano
		Inertização	1680,00/ano
Resíduos laboratoriais	0,02 t/ano	Incineração	360,00/t
		Inertização (solidificação)	220,00/t
		Aterros Classe I	100,00/t
Óleos essenciais	2,5 t/ano	Incineração	180,00/t
Óleo BPF contaminado	2,5 t/ano	Incineração	180,00/t
Metil Etil Cetona + solventes e tintas ink jet	1,0 t/ano	Incineração	180,00/t
Mistura de açúcar invertido e glicerina	14.000 L/ano	Incineração	360,00/t
		Aterros Classe I	150,00/t

Face aos resíduos que teriam a incineração como melhor forma de tratamento, há necessidade da escolha do melhor tipo de incinerador. Neste caso, os de forno rotativo seriam a melhor opção, pois podem ser utilizados para a incineração de resíduos sólidos, de consistência pastosa e de líquidos, sendo neste sentido, mais universais que outros tipos de incineradores. A possibilidade de controlar com facilidade o tempo de residência do sólido é outra vantagem do forno rotativo, além do efetivo contato entre o ar e o sólido no interior dele. Porém, tem como desvantagens possuir uma eficiência térmica relativamente baixa causada por

significativas perdas de calor com as cinzas e apresentar vazamentos pelos extremos, sendo necessário adicionar ar freqüentemente.

Caso a incineração seja realizada na própria empresa, os incineradores de câmaras múltiplas, tipo retorta, seriam os mais indicados, pois suas instalações têm um menor custo e trata-se de quantia pequena a ser incinerada. Além disto, a combustão realizada em duas etapas gera menor emissão de particulados.

Mas, para que isso ocorra, uma das possibilidades é conhecer o potencial energético dos resíduos gerados na indústria para que estes sejam uma forma de energia a ser utilizada. A incineração poderá ocorrer trazendo os benefícios do aproveitamento energético.

Utilizando os fatores de conversão da Tabela 4.1, apresentados no Capítulo 4 - Materiais e Métodos, pode-se gerar os resultados da Tabela 5.4, para o inventário de resíduos de 2006 da empresa estudada.

Na coluna “Energia Aproveitada” da Tabela 5.4 estão os valores de energia que estão sendo poupados através da reciclagem dos materiais que têm este destino e daqueles atualmente incinerados com reaproveitamento energético. Na coluna “Energia a Aproveitar” são os valores do potencial energético de outros tipos de tratamento que poderão ser dados à alguns resíduos ou que apenas basta implementar o sistema de aproveitamento energético . Este é o caso dos resíduos que são encaminhados para o aterro industrial. Se este aterro vier a ter um sistema de canalização dos seus gases e com esses fizer um sistema de geração de energia poderá se valer da quantidade de energia calculada com o biogás gerado.

Tabela 5.4: Energia associada ao resíduo da empresa estudada

Resíduos	Descrição da destinação atual	Quantidade gerada (t/ano)	Fator de conversão segundo Tabela 4.1	Percentual Adotado segundo Tabela 4.2	Energia Aproveitada (MWh/mês)	Energia a Aproveitar (MWh/mês)
Lixo de restaurante/ varrição de fábrica/ produtos impróprios para consumo	Aterro industrial	2.500	0,73	70		106,46 (biogás)
			5,48 (incineração)	100		1.141,67
Lodo orgânico da ETE	compostagem	1.500	Não há		Não há	
			0,47 (aterro energético)	70		41,13 (biogás)
Plásticos diversos	Reciclagem	140	5,3		61,83 (evitada)	
Sucata de metais	Reciclagem	47	6,05		23,7 (evitada)	
Papel/ Papelão	Reciclagem	433	3,5		126,29 (evitada)	
			4,89 (incineração)			176,45
Pallets de madeira	Reciclagem	252	5,56 (incineração)			116,76
Óleo BPF contaminado	Incineração	2,50	4,94*		1,03	
Óleo de manutenção	Reciclagem	9,6	4,94* (incineração)			3,95
Óleo vegetal	Reciclagem	6,5	4,94* (incineração)			2,68
Óleos essenciais	Incineração	2,5	4,94*		1,03	
Embalagens plásticas e metálicas	Reciclagem	81	5,3		35,78 (evitada)	
Metil Etil Cetona + solventes	Incineração	1,0	4,94*		0,41	
Panos e absorventes sujos com óleo graxa, MEC	Incineração	2,7	4,94		1,11	
passivo ambiental	Incineração	14	0,73**			0,60
Total					251,18	1.589,70

*fator de conversão energética adotado igual aos de trapo de pano (Tabela 4.1) em função da semelhança do PCI conforme Tabela 5.2

**fator de conversão energética adotado igual ao do resíduo sólido (Tabela 4.1) encaminhado para aterro energético

Adotando-se os fatores de conversão energética definidos na Tabela 4.1 para todos os resíduos gerados na empresa obteve-se como resultado quantitativo nos tratamentos adotados atualmente, o valor de 251,18 MWh/mês, onde 248,60 MWh/mês (99%) refere-se à energia poupada em função da reciclagem dos materiais e 3,58 MWh/mês aos resíduos que são incinerados com aproveitamento da energia. Comparando com valores de energia consumidos por mês na empresa, isto representa, uma porcentagem de 5% em relação à consumida, seja através de energia elétrica ou através de combustíveis fósseis.

Caso fosse adotada a incineração para os resíduos de papelão teria-se um valor de 176,45 MWh/mês de energia e deixaria de evitar 126,29 MWh/mês através da reciclagem, um aumento de 50 MWh/mês. Para a madeira dos palletes, através da incineração, seria obtido um valor de 116,76 MWh/mês. Ainda haveria um acréscimo de 6,63 MWh/mês provindos dos óleos lubrificantes e vegetais caso também fossem incinerados. Com estas mudanças de tratamento haveria um ganho de mais 3% com relação à energia consumida no mês. Cabe ressaltar que para estes resíduos foi adotado o fator energético semelhante aos dos panos sujos com óleo em função do PCI semelhante conforme Tabela 5.2.

O maior ganho se daria através da incineração dos resíduos de restaurante e varrição de fábrica que aumentaria em 1.141,67 MWh/mês, já que são semelhantes aos resíduos domésticos. Esta mudança de tratamento passaria a representar 22% de energia consumida na planta por mês.

Com relação ao lodo da ETE poderia haver também a disposição em aterro sanitário e neste caso o potencial energético deste resíduo, através da sua decomposição, seria o equivalente a 41,13 MWh/mês de energia. Neste caso o custo para endereçamento a um aterro sanitário aumentaria em 15%.

Quando se comparar os valores encontrados na Tabela 5.4 ao do consumo energético médio residencial verifica-se que a energia aproveitada equivale, aproximadamente, ao consumo mensal de cerca de 7.000 habitantes e que a energia a aproveitar equivale ao consumo de 29.000 habitantes.

6. Conclusões

Através do trabalho realizado pode ser avaliado o potencial energético teórico associado ao resíduo sólido industrial gerado na indústria alimentícia estudada. Mas para que este parâmetro pudesse ser alcançado foi necessário diagnosticar os resíduos gerados nos diversos setores.

Os resíduos foram classificados conforme Norma ABNT 10.004 e foram quantificados através de fichas de controle de saída e manifestos de transportes. Pode-se constatar a grande variedade de resíduos produzidos pela indústria alimentícia estudada, onde grande parte deste (97,6%), em peso, são caracterizados como resíduos não perigosos.

Também foi verificado o tipo de tratamento e o custo que está sendo dado aos resíduos diagnosticados, tendo sido constatado que os não-perigosos são encaminhados para aterros industriais classe II, com um custo bastante elevado (R\$ 215,00/t), ou para compostagem quando a reciclagem não é permitida. Dentre os resíduos perigosos, três práticas de tratamento, baseados no menor impacto ambiental, são adotadas: a incineração para os resíduos ambulatoriais, a reciclagem para óleos lubrificantes usados e lâmpadas fluorescentes queimadas e a incineração com geração de energia (co-processamento) para resíduos contaminados por óleos e solventes, essências e aromas. Dessa forma, as tecnologias de tratamento que estão sendo dadas aos resíduos são adequadas.

Foi constatado também que adotando a metodologia proposta por Batista (2004) e valores sugeridos na bibliografia é possível estimar o potencial energético associado ao resíduo quando estes são reciclados, incinerados ou dispostos em aterros sanitários em função da geração do biogás.

Através da metodologia verificou-se que o potencial energético atual é de 357,64 MWh/mês. No entanto, esses valores poderão aumentar desde que o tratamento adotado seja alterado para outro tipo de tratamento que tenha uma eficiência energética melhor. Se for considerada a incineração para os resíduos de restaurante e varrição de fábrica haverá um aumento de potencial energético para 1.141,67 MWh/mês. No caso do papelão também haverá um acréscimo de 50 MWh/mês e da madeira 116,76 MWh/mês. Sendo assim, o valor de energia a aproveitar passaria a ser de 1.589,70 MWh/mês.

Pode-se concluir que na empresa estudada a incineração de alguns resíduos com aproveitamento de energia poderá ser adotada desde que os estudos financeiros e econômicos de implantação e ajustes de equipamentos sejam feitos.

Referências bibliográficas

- ABES – Assoc. Brasileira de Engenharia Sanitária. “Lixo no Brasil – Uma bomba de efeito retardado”, Bio, Abr/Junho, 1998.
- ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, Clube de Engenharia do Rio de Janeiro, Nov/1999
- ABNT, NBR 10.004, 2004
- ABNT, NBR – ISO 14.001: Sistemas de Gestão Ambiental: Especificação e diretrizes para uso . Rio de Janeiro, 2004
- ABNT – NB 1265 Dez.1989, “Incineração de resíduos perigosos – Padrões de Desempenho”
- ALTVATER, E. Introdução: Porque o desenvolvimento é contrário ao meio ambiente. In: O Preço da Riqueza. São Paulo, UNESP , 1995
- ATKINS, Gerald. “Integrating material and energy recycling”, Wastes Manegement, Set. 1993
- BATISTA, T.R.O. Metodologia para estimativa da energia associada ao resíduo sólido industrial: proposta e aplicação para a Região Metropolitana de Campinas, 2004
- BIO, O Saneamento do Brasil no ano 2000., Rio de Janeiro, n.22, abr-jun, 2002. Caderno Especial
- BNDES. “Resíduos Sólidos Urbanos”, Informe Infra-Estrutura, n.º 12, Julho 1997
- BRAILE, P.M., “Despejos industriais” , Rio de Janeiro– RJ, Freitas Bastos S/A, 1972
- BRASIL, A.M, SANTOS, F., Equilíbrio Ambiental e Resíduos na Sociedade Moderna, Ed. Faarte, 2004
- BROLLO, M.J.; SILVA, M.M. Política de gestão ambiental em resíduos sólidos: Revisão e análise sobre a atual situação no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. Anais... João Pessoa; ABES, 2001. 1 CD- ROM
- BRUNS, G.B. Afinal, o que é Gestão Ambiental? Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/gestão/index.html&conteudo=/gestao/click/artigo_gestao.html> acesso em 13 jul 2003
- BRÜSEKE, F. J., Desestruturação e Desenvolvimento. In: FERREIRA, L.C.; VIOLA, E. (Org) Incertezas de Sustentabilidade na Globalização Campinas, Unicamp, 1996

- CALDERONI, Sabetai. "Os Bilhões Perdidos no Lixo", 3ª edição, Humanitas, 1999.
- CAMPBELL, C.J., LAHERRÉRE, J.H., "The end of cheap oil", Scientific American, March, 1998
- CAMPOS, J.O. "Reflexões sobre a Gestão de Resíduos Industriais" ABLP – Limpeza Pública, n.º 52, Julho 1999.
- CARLOS, G.A.M. Contaminação Industrial pelos Resíduos Sólidos Perigosos: Relação com a Saúde Humana na Baía e Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28, 2002, Cancun. Anais...Cancun: AIDIS, 2002. 1 CD- ROM
- CERQUEIRA, L. e ALVES, F. "Incineração e Co-Processamento – Alternativa para a gestão de resíduos perigosos", Saneamento Ambiental, n.º 59, Jul/Agosto 1999
- CERQUEIRA, L. "Tecnologia Francesa – Modelo de Gestão em Resíduos Naturais", Saneamento Ambiental, n.º 61, Nov/Dez. 1999.
- CERINO, A. P. " Tratamento Térmico de Resíduos Industriais", Agosto, 2000
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. "Resíduos Sólidos Industriais". São Paulo – SP, Publicações – Cetesb, 1992
- CETESB. Eficiência Energética na Gestão Ambiental: O Conceito da Qualidade na energia. In: CETESB. Trabalhos em Produção Mais Limpa. São Paulo: CETESB, 2002. 1 CD -ROM
- DEMAROJOROVIC, Jacques. Meio Ambiente e Resíduos Sólidos: Avanços e Limitantes na Cidade de Viena e Lições para São Paulo, Dissertação de Mestrado, São Paulo, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, FGV, 1994.
- "Dia-a-Dia" – "Incineração de resíduos é tema de publicação" Saneamento Ambiental n.º 57, Mai/Junho 1999.
- FERREIRA, L.C. A internalização da proteção ambiental no Estado de São Paulo. A questão Ambiental: Sustentabilidade e políticas públicas no Brasil. São Paulo: Bomtempo, 1998. p . 13-63
- GANDOLLA, M; DUGNANI, L. Gli impianti di incenerimento in Europa: Esperienze e tendenze impiantistiche e gestionali. In: CONVEGNO INTERNAZIONALE INCENERIMENTO E RECUPERO DI ENERGIA DAS R.S.U., 1990, Palermo. Atti...Palermo, 1990
- GOLDEMBERG, J. Energy and Sustainable Development. In: SEMINÁRIO SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO E USO DE ENERGIA NO BRASIL: OS PRÓXIMOS 20 ANOS, 2002, Campinas. Anais... Campinas: Unicamp, 2002 1 CD-Rom

- HOGAN, D.J. et al (coord.) Um breve perfil ambiental do Estado de São Paulo. In: HOGAN, D.J. ET AL (coord.) Mitigação e Ambiente em São Paulo: Aspectos relevantes da dinâmica recente. Campinas: Unicamp, 2000. p. 275-381
- IPT/CEMPRE. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 2 ed. São Paulo: IPT, 2000
- LA GREGA, M.D.,BUCKINGHAM,P.L.,EVANS, J.C., Gestión de Resíduos Tóxicos: Tratamiento, eliminación y recuperación de suelos, Capítulo 12 – Métodos Térmicos, McGraw-Hill, 1996
- LIMA, André X., “Estudo de Viabilidade de uma Usina de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos”, Dissertação IEE/EP/IF/USP, 1994
- LIMA, L.F. Gestão de Resíduos Industriais: Dilemas e necessidades da Bacia do Piracicaba. 1998. Monografia – Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, Campinas, 1998
- LIMA, Luiz Mário Queiroz. Tratamento de Lixo, São Paulo, 2ª edição Hemus Editora, 1991.
- LORA, E. E. S., Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte, ANEEL, 2000
- MARINEIDE, M. “Co-processamento em fornos de cimento”, Gerenciamento Ambiental, Abril 1999
- MARINHO, M. Novas Relações Sistema Produtivo Meio Ambiente: do Controle à Prevenção da Poluição, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001
- MENEZES, R. A., “Projetos e Tratamento por Destruição Térmica (Incineração) de Resíduos Sólidos Urbanos e Especiais - Indicadores Operacionais” - Capítulo do Curso (apostila) “Gestão Integrada de Resíduos Sólidos”
- MENEZES, R. A. e MENEZES, M. A. A. - “Considerações sobre o Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (GRS)”, Revista Limpeza Pública – ABLP – Associação Brasileira de Limpeza Pública, Ed., 53, Out/1999. Sanches, Wilson. Informações enviadas sob consulta, Grande Morávia, 2000.
- MENEZES, R.A.A, GERLACH,J.L., MENEZES, M. A. Estágio Atual da Incineração no Brasil, VII Seminário Nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública , 2000
- MMA. Gerenciamento de Resíduos Industriais. Disponível em: <<http://mma.gov.br/port/sqa/prorisc/residuos/corpo.html>> Acesso em 18 jun 2003

- MME. Biomassa, Biocombustíveis, Bioenergia. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 1982
- MME. Balanço Energético Nacional. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 18 abr 2004
- NAKICENOVIC, N. Energy Scenarios for Sustainable Development. In: SEMINÁRIO SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO E USO DE ENERGIA NO BRASIL: OS PRÓXIMOS 20 ANOS, 2002, Campinas. Anais...Campinas: Unicamp, 2002 1 CD-ROM
- OLIVEIRA, L.B. Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos e Abatimento de emissões de Gases do Efeito Estufa. 2000. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.
- ONU – Organização das Nações Unidas; Centro de Informação das Nações Unidas no Brasil, Agenda 21 – Resumo – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, 3 a 14 de junho, 1992
- PERRY, R.H.; CHILTON, CH. Manual de Engenharia Química. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980
- PIUNTI, R.C. A coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos: considerações energéticas, ambientais e sociais para a Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari – SP 2001. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos)- Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas
- PLANETA ORGÂNICO. Compostagem. Disponível em <<http://www.planetaorganico.com.br/composto.htm>> acesso em 09 fev 2008
- PMSP – Prefeitura do Município de São Paulo, Secretaria do Verde, São Paulo, 1993.
- QSP , Centro de Qualidade, Segurança e Produtividade para o Brasil e América Latina, Apostila do curso de Auditor Líder em ISO 14.001, 2005
- ROCCA, A. C. C. et al, Resíduos Sólidos Industriais, 2ª. Edição revisada e ampliada, São Paulo, 1993
- SANCHES, Wilson, Informações enviadas sob consulta, Grande Moravia, 2000
- SANTOS, J.M.R. Coleta Seletiva de Lixo: uma alternativa ecológica no manejo integrado dos resíduos sólidos urbanos, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 1995

- SCHNEIDER, V.E.; BETTIN, F; PARISE JUNIOR, F. Situação das Indústrias Galvânicas na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul quanto ao passivo ambiental de lodos de estações de tratamento de efluentes. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, 2000, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: AIDIS, 2000. 1 CD-ROM
- SCHINDLER, V; SALATI, E; Alternativa para Controle das Variações Climáticas. Com Ciência - Revista Eletrônica de Jornalismo Científico. Disponível em <<http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=22&id=239>> acesso em 07 abr 2008
- SILVA, C. L., Apostila Tratamento Térmico de Resíduos Sólidos, Unesp, 1998
- SILVA, M.V.M.; BERMANN, C. Reflorestamento de áreas rurais degradadas: Uma ferramenta para o cálculo do custo de mitigação das emissões de carbono. In: AGRENER – ENCONTRO DE ENGENHARIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. Anais...Campinas: Unicamp, 2002. 1 CD-ROM
- SIGNUS. Resíduos Industriais: Não se sabe qual o tamanho do problema. Disponível em <<http://www.signuseditora.com.br/Sa-82/Sarend.htm>>. Acesso em 17 jul 2003
- SMA, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Entendendo o Meio Ambiente: ISO 14.000 Sistema de Gestão Ambiental, São Paulo, 1997
- SOGABE, M. N., Incineração de Resíduos Perigosos – uma revisão crítica, 1999
- STREB, C.S. A coleta informal de lixo no município de Campinas- SP: uma análise na perspectiva das questões energéticas e da qualidade de vida. 2001. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001
- TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H. & VIGIL, A.V. "Integrated Solid Waste Management, Mc Graw-Hill, Interamericana de España, 1996
- TEIXEIRA, E.N. Resíduos sólidos: Minimização e Reaproveitamento energético. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REUSO/RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS, 2000, São Paulo. Anais...São Paulo: CETESB, 2000
- TOLMASQUIM, M.T. et al. Tendências da eficiência elétrica no Brasil: Indicadores de eficiência energética. Rio de Janeiro: Sirius Sistemas Digitais Ltda, 1998
- TRONCONI, P.A. et al. Planeta in Prestito: energia, entropia, economia. Peggio: Macro Edizioni, 1991.
- UNILIVRE. O que está sendo feito com os resíduos industriais? Disponível em <<http://www.unilivre.org.br/centro/textos.htm>>. Acesso em 17 jul 2003

VENTURA, K.S.; BRANDÃO, C.A. Saneamento Ambiental na RMC. In: CANO, W; BRANDÃO, C.A. (org) A Região Metropolitana de Campinas: urbanização, economia, finanças e meio ambiente. Campinas: Unicamp, 2002

VERITAS B., Apostila do Curso de Sistemas de Segurança, Saúde e Meio Ambiente, 2001

Anexo A

- Listagem 1 - resíduos perigosos de fontes não específicas. Exemplo: tetracloroetileno, tricloroetileno, cloreto de metileno, xileno, acetona, metanol, soluções provenientes de banho de tratamento superficial com cianeto, nas operações de eletrodisposição, resíduos e lodos de tinta da pintura industrial.
- Listagem 2 - resíduos perigosos de fontes específicas: resíduos da preservação da madeira que utilizam creosoto e pentaclorofenol, resíduos da produção de pigmentos inorgânicos (cromo, zinco, ferro, óxido de cromo), resíduos da produção de produtos químicos orgânicos (resíduos da produção de acrilonitrila, acetaldeído), resíduos da produção de pesticidas, resíduos da produção de produtos farmacêuticos e veterinários que partem de compostos arsenicais ou organoarsenicais.
- Listagem 3 – constituintes perigosos base para a relação dos resíduos e produtos das listagens 1 e 2: Ex: tetracloroetileno, cloreto de metileno, cresóis, cádmio, cianeto, cromo, chumbo, clorometano, ácido cianídrico, tolueno, arsênio, mercúrio, etc.
- Listagem 4 – substâncias que conferem periculosidade aos resíduos. Ex: acetaldeído, acetato de chumbo, bário, cádmio, dióxido de nitrogênio, fenacetina, etc.

- Listagem 5 – Substâncias agudamente tóxicas. Ex: acetato de fenilmercúrio, bromoacetona, chumbo tetraetila, éster, fosfeto de alumínio, fosgênio, trióxido de arsênio, etc.
- Listagem 6 – Substâncias tóxicas. Ex: acetato de chumbo, acetona, amitrol, cloral, clorofórmio, dióxido de selênio, iodo metano, naftaleno, oxido fluoreto de carbono, etc.
- Listagem 7 – Concentração – Limite máximo no extrato obtido no teste de lixiviação.
- Listagem 8 – Concentração – Limite máximo no extrato obtido no teste de solubilidade.
- Listagem 9 – Concentrações máximas de poluentes na massa bruta de resíduos utilizados pelo Ministério do meio Ambiente da França para classificação de resíduos.
- Listagem 10 – Concentração mínima de solventes para caracterizar o resíduo como perigoso

Apêndice A

Avaliação de PERIGOS/RISCOS () ou ASPECTOS/IMPACTOS (X)

Área:		Processo										
Descrição da atividade:		Preparo das pastilhas										
Gerente/chefe:												
Elaborado por:		Data:										

Item	Identificação	Evidencia fotográfica	Descrição do Aspecto / Perigo	Descrição do Impacto / Risco	S	P	F	NP	RRN	Classe	Incidência	LEI	Ações Recomendadas	Legislação Aplicável
1	Descarregamento de açúcar		Descarregamento de açúcar líquido e Glucose e limpeza dos tanques de açúcar Líquido	1.1 Possibilidade de contaminação do solo	1,0	1,0	2,5	2	5,0	N	D	S	Conter possíveis vazamentos. Descartar resíduos conforme plano de gerenciamento de resíduos.	Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei 3179/1999 (Infrações Ambientais), Lei 997/76 (Poluição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), NR 25 (Resíduos Industriais), Res. Conama 313/2002 (Inventário Nacional Res. Sólidos) NBR 10004 (Resíduos Sólidos-Classificação), Resolução RDC nº 271/2005 (Açúcares), Res. CNNPA nº 12/78 (Açúcar), Portaria CVS 15/91 (Transp. Alimentos para Consumo Humano),
				1.2 Possibilidade de contaminação da água	1,0	1,0	2,5	2	5,0	N	D	S		Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 997/76 (Poluição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), Lei 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei 3179/1999 (Infrações Ambientais), Resolução ANA 31.7/2003 (Cadastro Nac. Rec. Hídricos), Res. CONAMA 357/2005 (Efluentes Líquidos/Lançamentos em corpos d'água), Res. Conama 313/2002 (Inventário Nacional Res. Sólidos), Dec.CETESB 201/2004 (Áreas de Proteção a Mananciais, Decreto Lei 195 A/1970 (Proteção de Rec. Hídricos), Lei 6134/88 (Águas subterrâneas), Decreto 32955/1991 (Águas subterrâneas-regulamenta a 6134/88), Lei 7663/91 (Política Estadual de Recursos Hídricos), Resolução RDC nº 271/2005 (Açúcares), Res. CNNPA nº 12/78 (Açúcar), Portaria CVS 15/91 (Transp. Alimentos para Consumo Humano),

2		Resíduos sólidos (papelão, açúcar, carvão, luvas, panos, latas de óleo de soja, resto de massa, balas, lâmpadas fluorescentes, canetas de tinta marca tudo, varrição de fábrica, embalagens plásticas		2.1 Possibilidade de contaminação do solo	0,5	0,1	2,5	1	0,1	N	D	S	Desenvolver procedimento de gerenciamento de resíduos, implantar sistema de coleta seletiva, adquirindo coletores identificados por cores/texto. Treinar funcionários em reciclagem e meio ambiente.	Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei 3179/1999 (Infrações Ambientais), Lei 997/76 (Polição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), NR 25 (Resíduos Industriais), Res. Conama 313/2002 (Inventário Nacional Res. Sólidos), Decreto 97.634/89 (Mercúrio Metálico), Port. IBAMA 32/1995 (Mercúrio Metálico), Memorando CETESB 11/96/CM, de 1997 (Obrigatoriedade de CADRI), NBR 13221 (Transporte Terrestre de resíduos), NBR 13896 (Aterros de Resíduos Sólidos)
	Preparação			2.2 Possibilidade de contaminação da água	0,5	0,1	2,5	1	0,1	N	D	S		Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 997/76 (Polição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), Lei 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei 3179/1999 (Infrações Ambientais), Resolução ANA 317/2003 (Cadastro Nac. Rec. Hídricos), Res. CONAMA 357/2005 (Efluentes Líquidos/Lançamentos em corpos d'água), Res. Conama 313/2002 (Inventário Nacional Res. Sólidos), Dec. CETESB 201/2004 (Áreas de Proteção a Mananciais, Decreto Lei 195 A/1970 (Proteção de Rec. Hídricos), Lei 6134/88 (Águas subterrâneas), Decreto 32955/1991 (Águas subterrâneas-regulamenta a 6134/88), Lei 7663/91 (Política Estadual de Recursos Hídricos).
3		Vazamento de xarope nas linhas de cozimento		3.1 Possibilidade de contaminação da água	1,0	8,0	2,5	8	160,0	N	D	S	Manter programa de manutenção preventiva/corretiva. Desenvolver projeto para diminuição da perda de recursos	Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 997/76 (Polição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), Lei 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei 3179/1999 (Infrações Ambientais), Resolução ANA 317/2003 (Cadastro Nac. Rec. Hídricos), Res. CONAMA 357/2005 (Efluentes Líquidos/Lançamentos em corpos d'água), Res. Conama 313/2002 (Inventário Nacional Res. Sólidos), Dec. CETESB 201/2004 (Áreas de Proteção a Mananciais, Decreto Lei 195 A/1970 (Proteção de Rec. Hídricos), Lei 6134/88 (Águas subterrâneas), Decreto 32955/1991 (Águas subterrâneas-regulamenta a 6134/88), Lei 7663/91 (Política Estadual de Recursos Hídricos)
4		CFC (Ar condicionado e refrigerante)	NA	4.1 Contaminação do ar, destruição da camada de ozônio	0,0			4	0,0	N	D	S		Instrução Normativa IBAMA 37/2004 (Camada de Ozônio/CFC/Halon), Resol. CONAMA 267/2000 (Camada Ozônio/CFC/Halon), Resol. CONAMA 340/2003 (Camada Ozônio/CFC/Halon)

5	Preparação		Consumo de água/vapor (utilizada no processo (caldeira) e limpeza de equipamentos/local) e perda excessiva de água (resfriamento das esteiras, bombas de vácuo). Consumo de energia elétrica (iluminação/ alimentação de equipamentos)	5.1 Possibilidade de esgotamento dos recursos naturais	1,0	8,0	2,5	4	80,0	N	D	S	Criar programa de minimização de consumo de recursos naturais.	Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 997/76 (Polição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), Lei 6134/88 (Águas subterrâneas), Decreto 32955/1991 (Águas subterrâneas- regulamenta a 6134/88), Lei 7663/91 (Política Estadual de Recursos Hídricos), Lei 10.295/2001 (Política nacional de Conservação e Uso da energia).
6	Preparação		Resíduos contaminados (graxas, óleo, óleo mineral USP, glicerina, graxa paralic e óleo paralic e panos/absorventes contaminados- na limpeza, manutenção e vazamento de máquinas)	6.1 Possibilidade de contaminação da água e solo	1,0	1,0	2,5	2	5,0	N	D	S	Desenvolver procedimento de gerenciamento de resíduos, implantar sistema de coleta seletiva, adquirindo coletores identificados por cores/texto. Treinar funcionários em reciclagem e meio ambiente.	Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei 3179/1999 (Infrações Ambientais), Lei 997/76 (Polição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), NR 25 (Resíduos Industriais), Decreto nº 2657/98 (Prod. Químicos/Ficha de Segurança), Resolução CONAMA 362/2005 (Resíduos/Óleo Lubrificante), Portaria ANP 125/1999 (Resíduos/Óleo Lubrificante), Portaria ANP 127/1999 (Resíduos/Óleo Lubrificante), Portaria ANP 128/1999 (Resíduos/Óleo Lubrificante), Port. Int. Mite-MIC-MME 19/81 (Resíduos/Óleo Lubrificante), Memorando CETESB 11/96/CM, de 1997 (Obrigatoriedade de CADRI), NBR 13221 (Transporte Terrestre de resíduos), NBR 10004 (Resíduos Sólidos-Classificação), nbr 14725 (Isopq), NBR 7500 (Simbologia), Res. CONAMA 357/2005 (Efluentes Líquidos/Lançamentos em corpos d'água), Dec.CETESB 201/2004 (Áreas de Proteção a Mananciais, Decreto Lei 195 A/1970 (Proteção de Rec. Hídricos), Lei 6134/88 (Águas subterrâneas), Decreto 32955/1991 (Águas subterrâneas- regulamenta a 6134/88), Lei 7663/91 (Política Estadual de Recursos Hídricos).
7	Preparação		Utilização de açúcar, glucose de milho, corantes, óleos/ceras alimentícios, ácido cítrico, citrato de potássio, citrato de sódio	7.1 Possibilidade de contaminação do solo e água	1,0	1,0	2,5	2	5,0	N	D	S	Manter programa de manutenção preventiva/corretiva. Desenvolver projeto para diminuição da perda de recursos	Decreto Lei 986/69 (Alimentos/Registros/Rotulagem/Aditivos), Portaria MS 1428/93 (Boas Práticas/Inspeções), Resolução SS 49/1999 (Res. Alimentares/Alimentação de Animais), Portaria CVS 01/98, Portaria SVS 326/97 (Cond. Hig. Sanitárias e Boas Práticas de Fabricação), Res. RD 275/20202 (Boas Práticas), Res.387 (Aditivos Chicletes/Balas), Res. RDC nº 265/ 2005 (Goma de Mascar/Balas) e Res. CNNPA nº 03/76 (Goma de Mascar/Balas).

8	Preparação		Manuseio de essência, aromas e álcool	8.1 Possibilidade de incêndio	1,0	1,0	2,5	2	5,0	N	D	S	Utilizar embalagens tipo safety can. Identificar produtos conforme NBR 7500. Evitar/Conter vazamentos. Apenas descartar em locais autorizados. Possuir MSDS/FISPQ. Descartar resíduos conforme procedimento de gerenciamento de resíduos.	Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 997/76 (Polição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), Lei 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei 3179/1999 (Infrações Ambientais), 7645/1991 (Taxa de Fiscalização), Decreto nº 2657/98 (Prod. Químicos/Ficha de Segurança), NBR 14725 (FISPQ), NBR 7500 (Simbologia), NR 20 (Combustíveis e Inflamáveis), NR 23 (Proteção contra incêndios), Decreto 46.076/2001 (Reg. Segurança contra incêndio), Instrução Técnica CB 14/2004 (Carga de Incêndio-Novos Projetos), Instrução Técnica CB 17/2004 (Brigada de Incêndio), Instrução Técnica CB 16/2004 (Incêndio/Plano de Intervenção), Portaria CONAMA 03/90 (Polição Atmosférica).
9				8.2 Possibilidade de contaminação do solo e água	1,0	1,0	2,5	2	5,0	N	D	S		Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 997/76 (Polição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), Lei 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei 3179/1999 (Infrações Ambientais), Resolução ANA 317/2003 (Cadastro Nac. Rec. Hídricos) Res. CONAMA 357/2005 (Efluentes Líquidos/Lançamentos em corpos d'água), Res. Conama 313/2002 (Inventário Nacional Res. Sólidos), Dec.CETESB 201/2004 (Áreas de Proteção a Mananciais, Decreto Lei 195 A/1970 (Proteção de Rec. Hídricos), Lei 6134/88 (Águas subterrâneas), Decreto 32955/1991 (Águas subterrâneas-regulamenta a 6134/88), Lei 7663/91 (Política Estadual de Recursos Hídricos), CETESB 11/96/CM, de 1997 (Obrigatoriedade de CADRI), Decreto nº 2657/98 (Prod. Químicos/Ficha de Segurança), NBR 14725 (FISPQ), NBR 7500 (Simbologia); 7645/1991 (Taxa de Fiscalização), NR 20 (Combustíveis e Inflamáveis)
10	Processo de preparo de pastilhas		Utilização de água no processo	Grande perda de água em todo processo (vazamentos, manutenção, limpeza). Além disso, 5% da água utilizada, vai direto para a ETE, não sendo utilizada no processo.	4,0	10,0	2,5	2	200,0	N	D	S	Manter programa de manutenção preventiva/corretiva. Desenvolver projeto para diminuição da perda de recursos	Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 997/76 (Polição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), Lei 6134/88 (Águas subterrâneas), Decreto 32955/1991 (Águas subterrâneas-regulamenta a 6134/88), Lei 7663/91 (Política Estadual de Recursos Hídricos), Lei 10.295/2001 (Política nacional de Conservação e Uso da energia).

Avaliação de PERIGOS/RISCOS () ou ASPECTOS/IMPACTOS (X)

Área:		Embalagem												
Descrição da atividade:		Embalagem das pastilhas												
Gerente/chefe:														
Elaborado por:														
		Data:												
Item	Identificação	Evidencia fotográfica	Descrição do Aspecto / Perigo	Descrição do Impacto / Risco	S	P	F	NP	RRN	Classe	Incidência	LEI	Ações Recomendadas	Legislação Aplicável
1			Resíduos Sólidos (plásticos, lâmpadas fluorescentes, tarugos, pastilhas, papelão, resíduo de varrição, papel parafinado e laminado)	1.1 Possibilidade de contaminação do solo	1,0	0,5	0,2	4	04	N	D	S	Desenvolver procedimento de gerenciamento de resíduos, implantar sistema de coleta seletiva, adquirindo coletores identificados por cores/texto. Treinar funcionários em reciclagem e meio ambiente.	Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei 3179/1999 (Infrações Ambientais), Lei 997/76 (Poluição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), NR 25 (Resíduos Industriais), Res. Conama 313/2002 (Inventário Nacional Res. Sólidos), Decreto 97.634/89 (Mercúrio Metálico), Port. IBAMA 32/1995 (Mercúrio Metálico), Memorando CETESB 11/96/CM, de 1997 (Obrigatoriedade de CADRI), NBR 13221 (Transporte Terrestre de resíduos), NBR 13896 (Aterros de Resíduos Não perigosos), NBR 10004 (Resíduos Sólidos- Classificação).
				1.2 Possibilidade de contaminação da água	1,0	0,5	0,2	4	04	N	D	S		Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 997/76 (Poluição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), Lei 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei 3179/1999 (Infrações Ambientais), Resolução ANA 317/2003 (Cadastro Nac. Rec. Hídricos), Res. CONAMA 357/2005 (Efluentes Líquidos/Lançamentos em corpos d'água), Res. Conama 313/2002 (Inventário Nacional Res. Sólidos), Dec. CETESB 201/2004 (Áreas de Proteção a Mananciais, Decreto Lei 195 A/1970 (Proteção de Rec. Hídricos), Lei 6134/88 (Águas subterrâneas), Decreto 32955/1991 (Águas subterrâneas- regulamenta a 6134/88), Lei 7663/91 (Política Estadual de Recursos Hídricos).
2			Resíduos contaminados (graxas, óleos e panos/absorventes contaminados- na limpeza, manutenção e vazamento de máquinas)	2.1 Possibilidade de contaminação do solo e da água	1,0	1,0	2,5	2	5,0	N	D	S	Desenvolver procedimento de gerenciamento de resíduos, implantar sistema de coleta seletiva, adquirindo coletores identificados por cores/texto. Treinar funcionários em reciclagem e meio ambiente.	Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei 3179/1999 (Infrações Ambientais), Lei 997/76 (Poluição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), NR 25 (Resíduos Industriais), Decreto nº 2657/98 (Prod. Químicos/Ficha de Segurança), Resolução CONAMA 362/2005 (Resíduos/Óleo Lubrificante), Portaria ANP 125/1999 (Resíduos/Óleo Lubrificante), Portaria ANP 127/1999 (Resíduos/Óleo Lubrificante), Portaria ANP 128/1999 (Resíduos/Óleo Lubrificante), Port. Int. Minie-MIC-MME 19/81 (Resíduos/Óleo Lubrificante), Memorando CETESB 11/96/CM, de 1997 (Obrigatoriedade de CADRI), NBR 13221 (Transporte Terrestre de resíduos), NBR 10004 (Resíduos Sólidos-Classificação), nbr 14725 (fispq), NBR 7500 (Simbologia), Res. CONAMA 357/2005 (Efluentes Líquidos/Lançamentos em corpos d'água), Dec.CETESB 201/2004 (Áreas de Proteção a Mananciais, Decreto Lei 195 A/1970 (Proteção de Rec. Hídricos), Lei 6134/88 (Águas subterrâneas), Decreto 32955/1991 (Águas subterrâneas- regulamenta a 6134/88), Lei 7663/91 (Política Estadual de Recursos Hídricos).

3		Utilização de inflamáveis (MEK, diluente e tinta preta)	3.1 Possibilidade de incêndio	1,0	1,0	2,5	2	5,0	N	D	S	Utilizar embalagens tipo safety can. Identificar produtos conforme NBR 7500. Evitar/conter vazamentos. Apenas descartar em locais autorizados. Possuir MSDS/FISPQ. Descartar resíduos conforme procedimento de gerenciamento de resíduos	Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 997/76 (Polição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), Lei 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei 3179/1999 (Infrações Ambientais), 7645/1991 (Taxa de Fiscalização), Decreto nº 2657/98 (Prod. Químicos/Ficha de Segurança), NBR 14725 (FISPQ), NBR 7500 (Simbologia), NR 20 (Combustíveis e Inflamáveis), NR 23 (Proteção contra incêndios), Decreto 46.076/2001 (Reg. Segurança contra Incêndio), Instrução Técnica CB 14/2004 (Carga de Incêndio- Novos Projetos), Instrução Técnica CB 17/2004 (Brigada de Incêndio), Instrução Técnica CB 16/2004 (Incêndio/Plano de Intervenção), Portaria CONAMA 03/90 (Poliuição Atmosférica).
			3.2 Possibilidade de contaminação da água e solo	1,0	1,0	2,5	2	5,0	N	D	S		Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei 3179/1999 (Infrações Ambientais), Lei 997/76 (Poliuição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), Decreto nº 2657/98 (Prod. Químicos/Ficha de Segurança), Decreto 4262/2002 (Prod. Controlados Policia Federal), Lei 10357/2001 (Produtos Controlados), Portaria MJ 1274/2003 (Produtos Controlados), 7645/1991 (Taxa de Fiscalização), NBR 14619 (Prod. Perigosos/Incompatibilidade Química), NBR 14725 (FISPQ), NBR 7500 (Simbologia).
4	NA	Consumo de energia elétrica (iluminação/alimentação de equipamentos/ar condicionado) e água (limpeza 1x semana) e resfriamento de máquinas	4.1 Possibilidade de esgotamento dos recursos naturais	1,0	1,0	4,0	0,1	0,4	N	D	S	Criar programa de minimização de consumo de recursos naturais.	Lei 6938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei 997/76 (Poliuição/Controle), Decreto 8468/76 (Regulamento da Lei 997/76), Lei 6134/88 (Águas subterrâneas),), Decreto 32955/1991 (Águas subterrâneas-regulamenta a 6134/88), Lei 7663/91 (Política Estadual de Recursos Hídricos), Lei 10.295/2001 (Política nacional de Conservação e Uso da energia).
5	NA	CFC (Ar condicionado e refrigerante)	5.1 Contaminação do ar, destruição da camada de ozônio	0,0			4	0,0	N	D	S		Instrução Normativa IBAMA 37/2004 (Camada de Ozônio/CFC/Halon), Resol. CONAMA 267/2000 (Camada Ozônio/CFC/Halon), Resol. CONAMA 340/2003 (Camada Ozônio/CFC/Halon)