ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA POR Auxiliadora M.M.Santi E APROVADA PELA COMISSÃO JULGADORA EM 26 / fev / 2003.

ORIENTADOR

UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

CO-INCINERAÇÃO E CO-PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS EM FORNOS DE CLÍNQUER: Investigação no maior pólo produtor de cimento do País, Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG, sobre os riscos ambientais, e propostas para a Segurança Química

Autora: Auxiliadora Maria Moura Santi
Orientador: Prof. Dr. Arsênio Oswaldo Sevá Filho

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos
Área de Concentração: Energia e Meio Ambiente

Tese apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para obtenção do título de Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, fevereiro de 2003
S.P. – Brasil

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

CO-INCINERAÇÃO E CO-PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS EM FORNOS DE CLÍNQUER: Investigação no maior pólo produtor de cimento do País, Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG, sobre os riscos ambientais, e propostas para a Segurança Química

Autora: Auxiliadora Maria Moura Santi
Orientador: Prof. Dr. Arsênio Oswaldo Sevá Filho

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos
Área de Concentração: Energia e Meio Ambiente

Tese apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para obtenção do título de Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, fevereiro de 2003
S.P. – Brasil

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE BC
Nº CHAMADA T/UNICAMP
Sa59c
V ____ EX ____
TOMBO BC/ 55944
PROC 16/124/03
C ☐ D ☑
PREÇO R$ 11,00
DATA 08/10/03
Nº CPD ____

CM00189214-0

Bib id 302020

Santi, Auxiliadora Maria Moura

Sa59c

Co-incineração e co-processamento de resíduos industriais perigosos em fornos de clínquer: investigação no maior pólo produtor de cimento do País, Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG, sobre os riscos ambientais, e propostas para a segurança química. / Auxiliadora Maria Moura Santi. --Campinas, SP: [s.n.], 2003.

Orientador: Arsênio Oswaldo Sevá Filho.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Resíduos industriais. 2. Incineração. 3. Avaliação de riscos ambientais. 3. Cimento - Industria. 4. Belo Horizonte, Região Metropolitana de (MG). I. Sevá Filho, Arsênio Oswaldo. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

CO-INCINERAÇÃO E CO-PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS EM FORNOS DE CLÍNQUER: Investigação no maior pólo produtor de cimento do País, Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG, sobre os riscos ambientais, e propostas para a Segurança Química

Autora: Auxiliadora Maria Moura Santi
Orientador: Prof. Dr. Arsênio Oswaldo Sevá Filho

Prof. Dr. Arsênio Oswaldo Sevá Filho, Presidente
Faculdade de Engenharia Mecânica – UNICAMP

Prof. Dr. Carlos Machado de Freitas
Escola Nacional de Saúde Pública – FIOCRUZ

Prof. Dr. Edson Tomaz
Faculdade de Engenharia Química – UNICAMP

Prof. Dr. Wilson de Figueiredo Jardim
Instituto de Química – UNICAMP

Prof. Dr. Waldir Antonio Bizzo
Faculdade de Engenharia Mecânica – UNICAMP

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

20033666

Campinas, 26 de fevereiro de 2003

Ao Jonas e aos nossos filhos, Suzana e Matteo
Aos meus pais, Natália e Matteo

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Meus agradecimentos:

ao Prof. Sevá, que além da dedicação e empenho na orientação deste trabalho, do estímulo e incentivo permanentes, abriu-me outros e importantes caminhos;

à Profª Sílvia Nebra de Perez, pelo carinho e atenção a mim dispensados;

aos funcionários do Departamento de Energia da Faculdade de Engenharia Mecânica, sempre zelosos com os estudantes;

ao Antonio Carlos Rosa, pela colaboração e pela amizade, tão importantes nestes últimos tempos;

à Fundação João Pinheiro, por ter propiciado condições para que eu pudesse concluir este trabalho;

à Suzana, ao Matteo e ao Jonas, pela compreensão pelo tempo que a eles não pude dedicar.

Minha gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho:

Eng. Alexandre (Cimento Tupi), Ana Luiza (Fundação Estadual do Meio Ambiente), Prof. Apolo Heringer e a equipe do Projeto Manuelzão (Escola de Medicina da UFMG), Prof. Carlos Machado (FIOCRUZ), Francisca (Prefeitura Municipal de Matozinhos), Délio (Fundação João Pinheiro), Capitão Gerken (Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais), Fátima Pivetta (FIOCRUZ), Tenente Jáder (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais), Sr. Jair (Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo), Joana (Fundação João Pinheiro), Eng. Marco Antônio (Departamento de Estradas de Rodagem - MG), Marcelo Bastos (Prefeitura Municipal de Pedro Leopoldo), Sr. Luiz Rocha (CODEMA de Vespasiano), Ricardo Rocha (Prefeitura Municipal de Vespasiano), Eng. Rogério Yukio (à época, meu estagiário), Sérgio Zanute (Fundação Estadual do Meio Ambiente), Tenente Coronel Teixeira (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais), Prof. Ubirajara Mattos e Lúcia (FIOCRUZ).

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

A ciência é uma das mais extraordinárias criações do homem, ao mesmo tempo pelos poderes que lhe confere e pela satisfação intelectual e até estética que suas explicações lhe proporcionam. No entanto, ela não é lugar de certezas absolutas e, exceto nas matemáticas, no qual sabemos exatamente as condições em que um teorema é verdadeiro, nossos conhecimentos científicos são necessariamente parciais e relativos.

É limitado o campo em que a visão científica de conhecimento pode legitimamente se exercer? Devemos traçar fronteiras à ciência? A resposta é não, no sentido de que nenhuma razão derivada da natureza da ciência obrigue a se delimitar seu campo de investigação. No entanto, nem toda espécie de fenômeno lhe é igualmente acessível. O obstáculo único, mas radical, me parece ser a realidade individual dos acontecimentos e dos seres. O conhecimento científico exerce-se plenamente quando pode neutralizar essa individualização, sem alterar gravemente seu objeto, como acontece em geral nas ciências da natureza. No caso dos fatos humanos, ela se empenha por envolver cada vez mais estreitamente o individual em redes de conceitos, sem esperar um dia poder atingi-lo. Este é o único sentido de uma limitação da ciência.

Por outro lado, a ciência não se propõe de modo algum a resolver as questões que envolvem escolhas de valor. Vimos que ela própria levanta problemas éticos; sem dúvida, ela deve contribuir para nos informar e nos esclarecer a respeito desses problemas, mas absolutamente não seria capaz de resolvê-los. O erro mais grave sobre esse ponto consistiria em transformar conhecimentos positivos cientificamente estabelecidos em preceitos de escolha e ação.

Feitas essas reservas, diante da ciência, não devemos ostentar nem um ceticismo desconfiado, nem uma fé cega, e sim uma admiração profunda e uma confiança razoável.

(Extraído do livro A Ciência e as Ciências, de Gilles-Gaston Granger, Editora UNESP, 1994)

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Resumo

SANTI, Auxiliadora Maria Moura, *Co-incineração e co-processamento de resíduos industriais perigosos em fornos de clínquer: investigação no maior pólo produtor de cimento do País, Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG, sobre os riscos ambientais, e propostas para a Segurança Química*, 2003. Tese (Doutorado)

Esta tese apresenta os resultados da investigação realizada nos anos de 1998 a 2002 sobre os principais aspectos tecnológicos, energéticos, territoriais e ambientais do processamento de *resíduos industriais perigosos* em fornos rotativos de clínquer de *fábricas de cimento*. A análise realizada considerou esta atividade como um sistema complexo contendo riscos e incertezas, pois ocorrem e podem ocorrer outros prejuízos para os trabalhadores, para a população e para o meio ambiente, além daqueles associados à produção de cimento com emprego de insumos energéticos tradicionais. São comentados definições, conceitos e normas relativos à *destinação de resíduos industriais* para fins de *tratamento térmico*, *co-incineração* e *co-processamento* nas plantas cimenteiras. Com base nos cadastros e séries de estatísticas obtidas sobre o transporte e as licenças ambientais de fábricas de cimento instaladas na *Região do Calcário*, ao norte da área metropolitana de Belo Horizonte, foram qualificadas as principais fontes de resíduos – a maior parte gerada nas atividades industriais petrolíferas, petroquímicas e metal-mecânicas –, indicadas as rotas rodoviárias usuais, os trechos de maior risco de *acidentes com cargas perigosas* na região de Belo Horizonte, e alguns percursos de possível contaminação química até os usos finais do cimento. O estudo regional realizado destacou a alteração dos recursos hídricos e a persistente poluição atmosférica nas áreas urbanas e rurais vizinhas às fábricas, e a destruição de parte do patrimônio geológico e arqueológico. Os resultados da investigação evidenciaram que está ocorrendo um processo notável de *disseminação dos riscos* de *contaminação química* associado aos resíduos industriais perigosos, em *escala inter-regional*, convergindo para as regiões cimenteiras, e que, diante deste quadro, os *procedimentos de licenciamento e de controle ambiental* da Administração Pública ainda não adotam, e até desconsideram, o *Princípio da Precaução* e os critérios da *Segurança Química*. Ao final, é apresentado um conjunto de propostas no sentido de contribuir para que tais diretrizes e práticas sejam, efetivamente, consideradas e implantadas neste caso e em situações semelhantes.

Palavras chave: 1. Resíduos industriais. 2. Incineração. 3. Avaliação de riscos ambientais. 3. Cimento – Indústria. 4. Belo Horizonte, Região Metropolitana de (MG).

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Abstract

SANTI, Auxiliadora Maria Moura, *Hazardous indusrial waste co-incineration and co-processing in clinker kilns: investigation in the major Brazilian cement polo, Metropolitan Area of Belo Horizonte, MG, about the environmental risks, and proposals to Chemical Safety*, 2003. Tese (Doutorado)

This thesis presents the results of the research realized in the years 1998 to 2002 about the principal technological, energetic, territorial and environmental aspects related with the hazardous industrial wastes processing in the clinker kilns of cement plants. The analysis considered this activity a complex system with risks and uncertainly, because occur, and can occur, other damages to workers, to citizens and to environment, beyond these associated to cement production using traditional energetic. It comments definitions, concepts and rules relatives to hazardous industrial waste thermal treatment, co-incineration, and co-processing in the cement plants. The statistics to transport waste and environmental permits to cement plants installed in the Metropolitan Area of Belo Horizonte, MG, show the waste generators – the major associated to petroleum refine, petrochemicals, mechanics and metallurgical industries – signalized the principal rotes to transport and the locals with the highest risks to occur accidents in the hazardous waste transportation, and the possible chemical contamination rotes until the cement uses. The search did show the water resources contamination, the persistent air pollution in the urban areas and the geological and archeological degradation properties. The investigation results to make clear that is occurring a notable process of chemical risks dissemination associated to hazardous industrial wastes in regional scale, and it's converging to the cement plants locals. This fact proves that environmental control and permit proceeding adopted by the Public Administration don't consider the *Precautionary Principle* and the directives to *Chemical Safety*. It presents a proposal whole to contribute to theses directives can being, effectively, considered and used in this case and in the others.

Key words: 1. Industrial wastes. 2. Incineration. 3. Environmental risks analysis. 3. Cement – Industry. 4. Belo Horizonte, Metropolitan Area of (MG).

Índice

Lista de Figuras x

Lista de Quadros x

Lista de Tabelas xi

Siglas xii

Introdução xiii

Capítulo 1 1

Produção de cimento: etapas do processo, dimensão da produção e dos usos, consumo de energia e fontes de poluição e de riscos

1.1. Introdução 1

1.2. Produção de cimento pelo processo via seca 3

1.3. Fontes de poluição e de riscos na fabricação de cimento 5

1.3.1. Metais pesados: um nível de complexidade adicional 8

1.3.2. Emissão de poluentes na fabricação de cimento 11

1.4. Introduzindo a discussão sobre riscos 17

1.5. A indústria brasileira de cimento 19

1.5.1. Uso da energia na indústria brasileira de cimento 23

1.6. A indústria de cimento em Minas Gerais 25

Capítulo 2 **29**

Resíduos na cadeia produtiva do petróleo e da indústria em geral. Definições e argumentações do tratamento térmico, da co-incineração e do co-processamento

2.1. Introdução 29

2.2. Tratamento térmico de resíduos em processos de incineração 35

2.3. Tratamento térmico de resíduos em fornos de clínquer 37

2.3.1. Atividades associadas: o transporte de resíduos 43

2.3.2. Leis, decretos e regulamentações ambientais: o controle da atividade de co-incineração de resíduos em fornos de clínquer 44

2.3.4. Panorama nacional da co-incineração de resíduos em fornos de clínquer 48

2.4. Da cadeia produtiva do petróleo aos planos de queima e *blends* de resíduos nas cimenteiras 52

Capítulo 3 **58**

Co-incineração e co-processamento de resíduos nos fornos de clínquer: novos riscos na cadeia de fabricação e uso do cimento

3.1. Introdução 58

3.2. Avaliação e Análise de Riscos: instrumentos para o controle e a prevenção dos riscos crônicos e acidentais 60

3.3. Resíduos perigosos são fonte de novos e inéditos riscos e de contaminação 64

3.4. Disseminação dos riscos e da contaminação na cadeia de produção e uso do cimento fabricado com emprego de resíduos 66

Capítulo 4 **78**

Estudo regional: na RMBH, a Região do Calcário, das grutas e lagoas, hospeda agora o maior pólo cimenteiro do País

4.1. Introdução 78

4.2. A Região Metropolitana de Belo Horizonte 79

4.2.1. Aspectos ambientais da RMBH 87

4.3. Territórios alterados e sob risco: a Região do Calcário 91

4.3.1. Os municípios onde estão instaladas as fábricas de cimento 93

4.3.2. As fábricas de cimento investigadas 98

4.3.3. Avaliando os impactos 102

Capítulo 5 **107**

O suprimento, as rotas e os volumes da co-incineração e do co-processamento de resíduos industriais perigosos. Investigação em quatro fábricas de cimento próximas entre si

5.1. Introdução 107

5.2. As fábricas de cimento da Região do Calcário segundo seus aspectos tecnológicos, operacionais e ambientais 109

5.3. Unidades de mistura e pré-tratamento de resíduos: novos riscos 118

5.4. Os tipos, a origem e as características dos resíduos para co-incineração nos fornos de clínquer 122

5.4. Transporte de resíduos perigosos: riscos pouco evidenciados na RMBH 125

Capítulo 6 **128**

Argumentações sobre os riscos ambientais no circuito dos resíduos industriais perigosos e sua co-incineração, e proposições priorizando a Segurança Química

6.1. Introdução 128

6.2. O Princípio da Precaução 130

6.3. Segurança Química: aplicando o Princípio da Precaução 136

6.4. Considerações finais 140

6.5. Propostas para a Segurança Química 145

Referências Bibliográficas **151**

Anexo **167**

Lista de Figuras e Fotografias

Figura 1.1	Comportamento dos materiais nos fornos rotativos de clínquer	8
Figura 1.2	Presença de metais pesados nas emissões da planta de clínquer	10
Figura 1.3	Rotas de exposição humana aos materiais e poluentes perigosos da fabricação de cimento	21
Figura 2.1	Rotas do óleo combustível, do coque, dos hidrocarbonetos (fluidos industriais; borracha e alumínio) da cadeia produtiva do petróleo aos planos de queima e *blends* de resíduos nas cimenteiras	57
Figura 3.1	Rotas dos riscos e da contaminação na cadeia inter-industrial de reaproveitamento de resíduos	77
Figura 4.1	Mapa da Região Metropolitana de Belo Horizonte	82
Figura 4.2	Mapa da bacia do Ribeirão da Mata	100
Figura A.1	Fluxograma do processo de produção de cimento por via seca	204
Fotografia A.1	Afloramentos calcários da Gruta do Baú – Pedro Leopoldo, MG	205
Fotografia A.2	Lagoa de Santo Antônio – Pedro Leopoldo, MG	206
Fotografia A.3	Soeicom – Vespasiano, MG	207
Fotografia A.4	Camargo Corrêa Cimentos – Pedro Leopoldo, MG	208
Fotografia A.5	Brasil Beton – Matozinhos, MG	209
Fotografia A.6	Holcim Brasil – Pedro Leopoldo, MG	210
Fotografia A.7	Holcim Brasil – acondicionamento de resíduos	211
Fotografia A.8	Holcim Brasil – sistema de alimentação de resíduos	212

Lista de Quadros

Quadro Sinóptico I	Comportamento dos constituintes menores no sistema reagente do processo de produção de clínquer de cimento Portland	16
Quadro Sinóptico II	Características tecnológicas da indústria brasileira de cimento	20
Quadro Sinóptico III	Aspectos tecnológicos da co-incineração de resíduos em fornos de clínquer das fábricas de cimento da RMBH	125
Quadro A.I	Infra-estrutura social e aspectos sócio-políticos de alguns municípios da Região do Calcário, RMBH	181
Quadro A.II	Co-incineração de resíduos na Holcim Brasil – 1999 a 2002	182
Quadro A.III	Co-incineração de resíduos na Camargo Corrêa Cimentos – 1999 a 2002	190
Quadro A.IV	Co-incineração de resíduos na Soeicom – 1999 a 2002	192

Lista de Tabelas

Tabela 1.1	Composição do clínquer de cimento Portland	4
Tabela 1.2	Brasil: participação dos Estados na produção de cimento	22
Tabela 1.3	Brasil: consumo final de energéticos na produção de cimento	24
Tabela 1.4	Minas Gerais: produção segundo as fábricas	26
Tabela 5.1	Fábricas de cimento: solicitação de licença ambiental para co-incineração de resíduos	108
Tabela 5.2	Fábricas de cimento: parâmetros operacionais dos fornos de clínquer	118
Tabela 5.3	Classificação dos resíduos destinados à co-incineração em fornos de clínquer	122
Tabela 5.4	Quantidades envolvidas na co-incineração de resíduos	123
Tabela A.1	Brasil: fábricas de cimento	168
Tabela A.2	Brasil: evolução do consumo específico de energia do Setor de Produção de Cimento no período 1980-2000	169
Tabela A.3	Minas Gerais: evolução do consumo específico de energia do Setor de Produção de Cimento no período 1980-1999	169
Tabela A.4	Incineradores instalados no Brasil que prestam serviços a terceiros	170
Tabela A.5	Normas ABNT para o transporte rodoviário de produtos e resíduos perigosos	171
Tabela A.6	Critérios básicos para o licenciamento da co-incineração de resíduos em fornos de clínquer de fábricas de cimento	172
Tabela A.7	Padrões de emissão para poluentes atmosféricos de plantas de clínquer com co-incineração de resíduos	173
Tabela A.8	Padrões de emissão para fornos de clínquer estabelecidos pela USEPA	174
Tabela A.9	Padrões de emissão para incineradores instalados na União Européia	174
Tabela A.10	Sistemas de produção de água para a Região Metropolitana de Belo Horizonte	175
Tabela A.11	Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos – Camargo Corrêa Cimentos, Fábrica Belver	176
Tabela A.12	Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos – Camargo Corrêa Cimentos, Fábrica Belver	176
Tabela A.13	Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos – Camargo Corrêa Cimentos, Fábrica Belver	176
Tabela A.14	Monitoramento da emissão de material particulado – Holcim Brasil	177
Tabela A.15	Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos – Holcim Brasil, Forno II	177
Tabela A.16	Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos – Holcim Brasil, Forno I	177
Tabela A.17	Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos – Holcim Brasil, Forno II	178
Tabela A.18	Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos – Holcim Brasil, Forno II	178
Tabela A.19	Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos – Holcim Brasil, Forno II	178
Tabela A.20	Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos – Holcim Brasil, Forno II	178
Tabela A.21	Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos – Holcim Brasil, Forno II	179
Tabela A.22	Monitoramento de material particulado – Soeicom	179
Tabela A.23	Padrões para a planta de *blending* da RESOTEC	180

Siglas

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABETRE	Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANIP	Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos
ANP	Agência Nacional de Petróleo
BEE-MG	Balanço Energético do Estado de Minas Gerais, Conselho Estadual de Energia
BEN	Balanço Energético Nacional, Ministério de Minas e Energia
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo
CODEMA	Conselho Municipal de Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente, Ministério do Meio Ambiente
COPAM	Conselho de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DER-MG	Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente, Minas Gerais
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, Rio de Janeiro
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental, Rio Grande do Sul
FJP	Fundação João Pinheiro, Minas Gerais
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
GASMIG	Companhia de Gás de Minas Gerais
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEPHA	Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico, Minas Gerais
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INDI	Instituto de Desenvolvimento Industrial, Minas Gerais
INST	Instituto Nacional de Saúde no Trabalho, CUT
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMS/ WHO	Organização Mundial de Saúde
OPAS	Organização Panamericana de Saúde
REGAP	Refinaria Gabriel Passos, Petrobras
REPLAN	Refinaria do Planalto, Petrobras
REVAP	Refinaria Henrique Lage, Petrobras
RPBC	Refinaria Presidente Bernardes, Petrobras
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNIC	Sindicato Nacional da Indústria de Cimento
SOEICOM	Sociedade de Empreendimentos Industriais, Comerciais e Mineração SA
tEP	tonelada equivalente de petróleo
USEPA	United States Environmental Protection Agency
US FR	United States Federal Register

Introdução

Este trabalho de tese de doutorado está estruturado em seis capítulos e é o resultado de estudos e pesquisas realizados pela autora no período de 1998 a 2002, que incluem dados e informações obtidas em investigações de campo, em empresas, em órgãos públicos e nas áreas urbanas da Região do Calcário, na vertente Norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte, em Minas Gerais, onde funciona o maior pólo produtor de cimento do País, com quatro fábricas de portes médio e grande, próximas entre si, as quais, nos últimos anos vêm processando combustíveis convencionais em seus fornos rotativos de clínquer e alguma proporção de resíduos industriais despachados por empresas petrolíferas, petroquímicas, metalúrgicas, mecânicas, de autopeças, automotivas, de mineração, de serviços e outras unidades industriais estabelecidas em Minas Gerais e em outros Estados, principalmente São Paulo.

Alguns resultados intermediários da investigação, destacando a tendência da indústria cimenteira em utilizar mais resíduos de origem fóssil e proporcionalmente menos resíduos de origem na biomassa, e tratando do transporte inter-regional de resíduos industriais perigosos, já haviam sido relatados em Congressos profissionais pela autora, em parceria com o orientador e outros colegas de trabalho (Santi, Sevá F°, 1998; Santi, Sevá F°, 1999; Sevá, Santi, Valente, 2001).

O tema central – *a co-incineração de resíduos perigosos de origem industrial em fornos de clínquer* – vem sendo estudado desde o seu trabalho de Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos na UNICAMP (Santi, 1997). Neste meio tempo, o assunto veio tornando-se mais conhecido, dada a generalização desse tipo de procedimento em vários sítios cimenteiros instalados pelo país afora, em muitos Estados, e também pela produção crescente de resíduos ultra-viscosos e borras petrolíferas, devido à maior utilização de óleo cru pesado brasileiro, da bacia de Campos (Sevá F°, 1997). É de se notar, desde já, o interesse das próprias empresas geradoras em associar a prática de destinar resíduos para a co-incineração – e a prática das empresas de cimento em recebê-los para processá-los neste tipo de forno – aos possíveis benefícios ambientais e sociais, e até apresentar tais práticas como solução para o grave problema ambiental decorrente do acúmulo de resíduos industriais em geral, e dentre eles, o dos resíduos perigosos, do ponto de vista da contaminação química e de seus riscos.

Este interesse é expresso também pela Administração Pública, que, de certa forma, repercute a argumentação empresarial, e concede licenças para quem gera, para quem transporta

e para quem co-incinera resíduos. Os técnicos e dirigentes de órgãos públicos estaduais e federais agem, é claro, fundamentados em legislação, regulamentos, deliberações e normas locais e nacionais; por vezes, legislam adaptando normas de outros países ou internalizando princípios internacionais, mas, de fato, no assunto pesquisado, a Administração Pública vem decidindo e autorizando em meio a uma situação de bastante incerteza tecnológica e de seus efeitos para a saúde humana, contando com uma rede incipiente de informações para fins de controle e fiscalização da atividade, e com meios precários para a prevenção e resposta em caso de acidentes. Registre-se, a propósito, que a autora, durante o período das pesquisas, exerceu funções técnicas na Fundação Estadual do Meio Ambiente, órgão ambiental do Estado de Minas Gerais, que liberou parte do seu tempo de serviço para as atividades da pós–graduação.

Do ponto de vista mais acadêmico, dos estudos de Energia e Meio Ambiente, e dentro da temática do Planejamento Energético em geral, é fato que a industria cimenteira é considerada, há várias décadas, como *energético - intensiva*, denominação atribuída, dentre as várias mercadorias industriais, àquelas em que é maior o uso equivalente de combustível por tonelada produzida ou por tonelada processada (Bermann, 2001; Tolmasquin, 2000). Contudo, uma pesquisa focalizada no *uso de resíduos combustíveis*, avaliando-se de forma integrada os riscos ambientais e humanos ao longo da cadeia produtiva, é, salvo engano, uma iniciativa pioneira, e só pode conseguir interpretar uma dinâmica parcial de um processo que tem ainda poucos anos de emprego no país, uma tendência forte, mas algo ainda não consolidado e não resolvido.

Dessa forma, reveste-se de grande importância definir, tão claramente quanto possível, para então controlar, minimizar e, o que é de fato desejado, eliminar os efeitos adversos da poluição ambiental sobre a saúde humana, neste caso, associados à prática da co-incineração de resíduos em fornos de clínquer. Uma das maiores dificuldades é que *"não se conhece com a precisão necessária, as leis e os ritmos com que se dão a degradação dos recursos naturais e a degradação da saúde humana, quando esses recursos e as pessoas ficam expostos, durante anos seguidos, e até mesmo durante gerações seguidas, à poluição ambiental"* (Sevá F°, 1986).

Apesar disto, já foram publicados vários estudos técnico-científicos e epidemiológicos, evidenciando que, de algum modo probabilístico ou empírico-quantitativo, uma dada poluição ambiental provoca certo tipo de adoecimento nas pessoas como conseqüência da exposição aos materiais contaminantes (Filogônio, 1986; Viala, Gouezo, 1988; Duchiade, 1992; Schwartz, 1993; Saldiva et al., 1994; Dockery, Pope III, 1994; Werneck, 1995; Saldiva, 1998; Peiter, Tobar, 1998; Porto et al., 1998).

Tais menções justificam-se, desde já, exatamente pelo fato de não fazer parte do escopo desta tese o estudo de tais correlações, mas sem dúvida, tais agravos são uma conseqüência possível e até provável do funcionamento das indústrias gerando resíduos perigosos e das cimenteiras co-incinerando tais resíduos. Contribuir para elucidar tais nexos é algo que sempre esteve presente nas preocupações da autora, como profissional e como cidadã.

Nesta introdução, importa também traçar uma *retrospectiva breve da indústria cimenteira e de como ela veio tornando-se mais um elo na disseminação do risco químico*, dentro e fora das fábricas e ao longo dos trajetos que interligam geradores de resíduos e consumidores de cimento.

A organização empresarial moderna, conjugando a mineração de rocha calcária em grandes lavras mecanizadas a céu aberto à fabricação de cimento tipo Portland em larga escala, apresenta-se como uma das principais atividades industriais atuais, em virtude dos significativos volumes de produto colocado no mercado consumidor – no Brasil, da ordem de 40 milhões de toneladas anuais – e também devido à importância econômica dessas instalações para os municípios e as regiões onde funcionam.

A chamada *indústria cimenteira*, algo um tanto abstrato, correspondente a uma somatória de todas as plantas mínero-industriais deste tipo, é parte do Setor de Transformação de Minerais Não-Metálicos (classificação IBGE 02 dígitos); e se comporta, no âmbito da matriz energética brasileira, como altamente intensiva em energia, essencialmente por causa do emprego de grandes vazões de combustíveis, com um consumo total da ordem de 3,5 milhões de toneladas equivalentes de petróleo, somente na etapa de fabricação do cimento, sem considerar o consumo de combustíveis e explosivos na etapa da mineração e do transporte de rochas até o pátio da fábrica, nem o uso de combustíveis na fabricação de gesso e pozolana, na obtenção de argila e de outros componentes do produto, nem o gasto de combustível na distribuição da mercadoria até os pontos finais de consumo.

O desenvolvimento de estudos e de pesquisas empíricas sobre essa atividade econômica é um campo atraente, e ao mesmo tempo, amplo e complicado, já que envolve um extenso espectro de interesses profissionais, desde os voltados para as questões tecnológicas, até os que tratam das relações que se estabelecem em toda a cadeia de produção e uso do cimento, e à extensão dos impactos que o processo produtivo causa à sociedade e ao meio ambiente. Aí, forçosamente, entram em pauta também as questões de ordem jurídico-institucional, já que prejuízos ambientais e agravos pessoais, se forem estabelecidos os devidos nexos entre os danos e a exposição aos

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

agentes contaminantes, implicam também em responsabilidades, em culpa ou dolo, em ressarcimentos.

Não serão detalhados tais temas, mas é bom tê-los sempre em mente ao longo da leitura da tese, especialmente quando se pode comprovar tais fatos nos locais estudados. As pesquisas consideradas pioneiras neste campo ponderaram e compararam as destinações dos resíduos para disposição no solo ou para tratamento térmico: as iniciativas de 1972, no Canadá, e de 1978, na Suécia, tiveram o sentido de demonstrar que as bifenilapolicloradas (componentes dos fluidos isolantes e refrigerantes de transformadores e capacitores, tipo ascarel) poderiam ser "destruídas" com segurança nos fornos rotativos de clínquer.

No final dos anos 70 e início dos anos 80, a ênfase deslocou-se para a recuperação de energia química, especificamente do poder calorífico contido nos resíduos orgânicos líquidos. A popularidade dessa prática levou a *US Environmental Protection Agency* a desenvolver as regulamentações *BIF – Boiler and Industrial Furnace Regulations* –, que foram publicadas em fevereiro de 1991, e serviram de referência para a elaboração das normas que regulam essa atividade em vários países.

Ao longo de sua história, a indústria de cimento sofreu influência direta das políticas de governo para os combustíveis, induzindo mudanças tecnológicas ou simples mudança de tipo de combustível, que ocorreram especialmente após os *choques do petróleo* na década de 1970. Isto se soma ao comportamento geral da empresa industrial capitalista na incessante busca por combustíveis de custo reduzido em relação àqueles tradicionalmente disponibilizados no mercado, o que, por vezes, motivou a compra de carvão vegetal e finos deste carvão, outra vezes se voltou para o carvão mineral, e que, ultimamente, vem empregando mais o coque de petróleo e os "*outros combustíveis*", categoria indefinida na qual se incluem os demais resíduos industriais.

Entretanto, no presente, *o uso crescente e sistemático de resíduos como combustíveis complementares nos fornos de clínquer* não é conseqüência direta de políticas públicas de energia ou de meio ambiente voltadas para o interesse público: demonstrar-se-á que se trata de políticas empresariais que visam a melhoria da competitividade das fábricas de cimento nos ditos mercados globalizados, por meio da redução dos gastos com combustíveis, e de políticas empresariais do lado dos geradores de resíduos perigosos, em geral indústrias de médio e grande porte de vários setores, que vêm optando por mandar co-incinerar parte de seus resíduos nos fornos de clínquer, ao invés de contaminar ainda mais seus terrenos, ou despachá-los para os aterros licenciados, ou até mesmo para os *terceiros*, que podem levá-los aos bota-fora

clandestinos ou aos recicladores irregulares. Tais políticas encontram-se coadunadas com as atuais políticas de governo, nas quais o espaço público – o meio ambiente – é privatizado e submetido somente à lógica do mercado.

Delimitando mais rigorosamente: a indústria cimenteira em si não é a geradora destes resíduos; objetivamente, após a análise minuciosa dos geradores e dos tipos de resíduos e das rotas de sua chegada às cimenteiras investigadas nesta tese, comprova-se que a maior parte são resíduos de etapas da cadeia produtiva do petróleo e da petroquímica, e que uma parte significativa deles é composta de resíduos de processos industriais, do tipo considerado Perigoso, Classe I, e alguns do tipo Não-Inerte, Classe II.

Nesta engrenagem geral é que se explica a disseminação dos riscos de contaminação química e que se pode dimensionar a ampliação da grandeza e do alcance dos impactos sócio-ambientais das atividades humanas nas sociedades contemporâneas: a incorporação de milhares de novas substâncias químicas, a geração de tipos cada vez mais distintos de resíduos de processos industriais, somados à prática de preparação de misturas de resíduos, em canais, valas, ou em tanques para posterior destinação; o aumento das plantas industriais e dos volumes produzidos e transportados, do uso cada vez maior de mais tipos de combustíveis e de *blends* de combustíveis.

Assim, "*os padrões de produção e de consumo passaram a redefinir, cada vez mais profundamente, tanto o estado das águas, do ar, dos solos, da fauna e da flora, quanto das próprias condições da existência humana: seus espaços de moradia e de trabalho, seus fluxos migratórios, as situações de saúde e morte. A evolução desta relação – entre riscos industriais, meio ambiente e saúde das populações – é particularmente forte e perceptível quando focaliza-se certos ramos industriais, altamente poluentes e de maior risco*"(...), [como as plantas de fabricação de cimento, cujos riscos e impactos sócio-ambientais], "*evidenciam a estreita relação entre o ambiente intra e extrafabril nos espaços urbano-industriais*" (Druck, Franco, 1997).

Introduziu-se também *uma visão sintética da região onde ficam as fábricas pesquisadas*: o pólo cimenteiro da Região Metropolitana de Belo Horizonte é formado pelas fábricas de cimento Camargo Corrêa Cimentos SA e Holcim Brasil SA, instaladas no município de Pedro Leopoldo; Soeicom SA – Sociedade de Empreendimentos Industriais, Comerciais e Mineração, no município de Vespasiano; e Brasil Beton SA (Lafarge Cimentos), em Matozinhos. Esta parte do território mineiro é conhecida como *Região do Calcário*, e constitui o território pesquisado neste doutorado, escolhido por se tratar do maior pólo de produção de cimento do Brasil, e porque suas

fábricas foram pioneiras na co-incineração de resíduos em seus fornos de clínquer com objetivo de substituir, por esses materiais, parcela dos combustíveis tradicionalmente utilizados.

A chamada Região do Calcário está assentada sobre um dos mais importantes complexos cársticos do País, com afloramentos de rochas calcárias tipo lajes e barreiras, ou em forma de dolinas, com grutas, lagoas internas ou ao lado do afloramento calcário, e em alguns casos, lagoas com sumidouros e rios subterrâneos ligando as águas superficiais e as interiores. Os municípios entre Belo Horizonte e a cidade de Sete Lagoas – Santa Luzia, Pedro Leopoldo, Vespaziano, Matozinhos, Lagoa Santa, onde encontra-se a famosa Gruta da Lapinha, patrimônio arqueológico nacional, e Confins, onde está instalado o Aeroporto Internacional –, constituem um vetor de crescimento do aglomerado metropolitano e um dos pólos industriais da Região Metropolitana de Belo Horizonte, consolidado pelas fábricas de cimento e de cal, que exatamente exploram a rocha calcária, abundante na região.

A presença do setor industrial de transformação e das minerações contribui de forma bem determinada, e independentemente dos problemas urbanos, habitacionais e sanitários dos municípios, para uma degradação visível de patrimônios paisagísticos, arqueológicos, incluindo locais de romaria, de visitação turística e de pesca, e para a degradação sensível da qualidade da atmosfera local e regional, e provoca incômodos e agravos à saúde da população local.

Esta pesquisa envolveu investigações de campo nos municípios de Matozinhos, Pedro Leopoldo e Vespasiano e para os quais foram feitas observações detalhadas da localização das fábricas de cimento e áreas de mineração de calcário relativamente aos assentamentos urbanos, considerando-se a direção predominante dos ventos, a presença de cursos d'água e de lagoas, os afloramentos calcários, as rotas de tráfego de veículos de carga, a deposição de material particulado. As primeiras visitas tiveram o acompanhamento de funcionários públicos desses municípios ligados aos setores de meio ambiente e de saúde, os quais mostraram à autora deste trabalho as áreas mais impactadas pelas atividades relacionadas à exploração de calcário e à fabricação de cimento e cal. Nestes locais, visitados, observados e mapeados pela autora desta tese, ocorreram alguns dos fatos relatados no trabalho.

Contando com as facilidades de ser funcionária da área técnica da Fundação Estadual do Meio Ambiente, a autora sempre teve acesso aos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos, que se constituem em fonte primária de dados e informações sobre o processamento de resíduos industriais pelas fábricas de cimento de Minas Gerais, sobre o transporte de resíduos e sobre as empresas geradoras de resíduos, e também, pôde assistir o

crescimento do uso e da diversidade desses materiais na fabricação de cimento e o desenvolvimento dos procedimentos para o licenciamento desta atividade estabelecidos pelo Conselho Estadual de Política Ambiental, bem como acompanhar o trabalho dos técnicos da FEAM nas atividades de licenciamento, controle e fiscalização dos empreendimentos de mineração de calcário e de fabricação de cimento.

A autora também buscou informações, resultados de estudos e pesquisa e teses relacionados à contaminação por exposição às substâncias químicas perigosas presentes nos materiais utilizados na fabricação de cimento e ao próprio cimento, entretanto, constatou-se que esses dados são escassos e esparsos, embora suficientes para apontar efeitos da poluição das fábricas de cimento na saúde dos trabalhadores e dos moradores dos municípios.

Além disso, a autora pesquisou trabalhos nacionais e internacionais recentes sobre o assunto publicados em periódicos e livros e teve acesso às normas que tratam do processo de fabricação de cimento com emprego de resíduos estabelecidas por órgãos ambientais do Brasil, dos Estados Unidos e da União Européia.

Demonstrou-se neste trabalho:

(a) que o emprego de resíduos industriais na fabricação de cimento é crescente – cresce o número de indústrias e aumentam os tipos e as quantidades de resíduos processados;

(b) que o processo de fabricação de cimento com emprego de resíduos deve ser analisado como um sistema complexo, em cujo conhecimento há grandes incertezas e ao qual estão associados riscos, danos e impactos negativos à população, aos trabalhadores e ao meio ambiente;

(c) que as autoridades públicas, ao concederem licenças ambientais para o processamento de centenas de resíduos, no estágio atual do conhecimento científico-tecnológico sobre o assunto, estão desconsiderando as premissas do *Princípio da Precaução* e os princípios da *Segurança Química*, que abrangem questões relativas à segurança da saúde, da vida e do meio ambiente, já adotadas e em fase de implantação alhures;

(d) que as conseqüências do uso crescente de resíduos na produção de clínquer sobre o território, são três e bem distintas: 1. aumenta o risco de contaminação nos locais onde estão as cimenteiras, e na cadeia dos usos do cimento; 2. aumenta o risco em todo o trajeto, desde o despacho do resíduo, pela indústria geradora, até a alimentação do material nos fornos de clínquer; 3. alivia o acúmulo (estocagem ou disposição no solo) de resíduos, ou evita a incineração nas regiões onde estão instaladas as indústrias geradoras.

A evolução dos fatos, num horizonte de quase uma década de observação e estudos sobre a indústria cimenteira e o uso de resíduos industriais, tem apontado que o tratamento térmico de resíduos em fornos de clínquer continuará a se ampliar; novas opções de combustível, de *blends*, e de sistemas de queima, oferecidas por um gerador de resíduos, ou por uma empresa intermediária de resíduos, ou por um fabricante de fornos a uma fábrica de cimento sempre se propagam para todas elas. Isso é só uma questão de tempo. Talvez, tempo pequeno demais para se aprender o necessário para evitar danos irreversíveis sobre o meio ambiente e a vida, em cidades e municípios já tão degradados em sua riqueza natural precedente, e de populações, em sua maioria, pobres e despreparadas para a própria insalubridade que suportam.

Designa-se por *co-incineração* o tratamento térmico de resíduos nos fornos de clínquer visando, exclusivamente, a geração de energia para o processo de clinquerização e por *co-processamento*, a alimentação dos resíduos nos fornos de clínquer visando a substituição de parte das matérias-primas convencionais. Correntemente, a literatura e a legislação não fazem distinção entre essas duas formas de emprego de resíduos, denominando-as, genericamente, por co-processamento.

Capítulo 1

Produção de cimento: etapas do processo, dimensões da produção e dos usos, consumo de energia e fontes de poluição e de riscos

O objetivo deste Capítulo é apresentar: (a) os aspectos tecnológicos do processo de fabricação de cimento Portland, destacando as fontes e as formas de poluição; e (b) o panorama nacional do setor cimenteiro, priorizando as informações sobre o consumo de energia da indústria de cimento instalada no Brasil.

1.1. Introdução

Os sítios de produção de cimento são constituídos por duas grandes atividades: a *mineração de calcário* (frentes de lavra) e a *fabricação de cimento* (indústria de transformação), que estão interligadas fisicamente por correias transportadoras ou vagonetes teleféricos que transferem o minério explotado e britado até a área industrial. Essa é uma característica das plantas de fabricação de cimento Portland: estão instaladas muito próximas, ou são contíguas às áreas de mineração.

A atividade minerária é realizada em minas a céu aberto. As rochas são desmontadas com explosivos e levadas por caminhões à unidade de britagem, onde o minério é cominuído para granulometria adequada à sua alimentação nos moinhos de matérias-primas da planta de fabricação de cimento.

A produção de cimento Portland exige elevados investimentos em equipamentos pesados e maquinaria, o que a torna uma atividade econômica intensiva em capital. O processo tecnológico de fabricação de cimento Portland, implantado na maioria das cimenteiras instaladas no Brasil, é o "*processo via seca*".

À fabricação de cimento estão associados impactos ambientais significativos: a explotação de minerais supõe uma alteração dos ecossistemas naturais, especialmente da flora e da fauna, tanto pela ocupação do solo, quanto pelas atividades minerárias propriamente ditas; a emissão de material particulado[1] associada às operações de manuseio e armazenamento e ao processamento

[1] É o conjunto de partículas no estado sólido ou líquido, com diâmetro aerodinâmico menor que 100 μm. Inclue pós ou poeiras (partículas sólidas em suspensão, com diâmetros maiores que 1 μm), fumaça (partículas com diâmetro

de materiais sólidos – fato que tem sido, historicamente, referenciado como o maior problema ambiental da fabricação de cimento –; a intensidade energética da atividade, que impõe o consumo elevado de recursos naturais, na maioria das vezes, não renováveis; e a emissão para a atmosfera dos gases de combustão.

A energia térmica necessária ao processo é fornecida pela queima de óleo combustível ou carvões pulverizados nos queimadores do forno rotativo e do pré-calcinador, e deve ser suficientemente alta para elevar a temperatura do material a 1450°C para que a reação de clinquerização se complete. A utilização de energia elétrica também é intensa, destinada, principalmente, ao acionamento de motores dos moinhos de farinha, de clínquer e de cimento, das esteiras transportadoras, de rotação do forno, das máquinas ensacadeiras etc.

Um número crescente de plantas de fabricação de cimento está utilizando resíduos diversos em substituição a parcela da carga de matérias-primas convencionais ou de combustíveis tradicionalmente empregados para geração de energia térmica. A utilização de resíduos como combustíveis complementares, de modo geral, é justificada pela redução dos custos de produção e pelas vantagens ambientais globais que a prática proporciona, tais como minimização do consumo de combustíveis fósseis; redução da emissão de dióxido de carbono, principal gás do efeito estufa[2]; aproveitamento do potencial energético do resíduo; ausência de cinzas no processo de co-incineração; e minimização dos impactos associados à disposição dos resíduos e cinzas em aterros.

A indústria de cimento apresenta elevado potencial poluidor associado às emissões de material particulado, dióxido de carbono, óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio. Os fornos de clínquer estão entre as maiores fontes de emissão de poluentes atmosféricos perigosos, destacando-se as dioxinas e os furanos, os metais tóxicos como mercúrio, chumbo, cádmio, arsênio, antimônio e cromo, os produtos de combustão incompleta e os ácidos halogenados (USA,1991; USEPA, 1996a). O nível de emissão dos poluentes atmosféricos depende das características tecnológicas do processo industrial; da composição química e mineralógica das matérias-primas e dos combustíveis empregados; da marcha operacional do forno; e da eficiência dos sistemas de controle de emissão instalados.

---

maior que 0,01 μm, resultantes da combustão incompleta, consistindo-se, principalmente, de carbono), fuligem (agregados de partículas de carbono impregnadas de alcatrão, formadas na combustão incompleta de materiais carbonáceos), e não constituem uma espécie química definida.

1.2. Produção de cimento pelo processo via seca

O processo de produção de cimento por via seca é constituído pelas seguintes etapas: pré-homogeneização e moagem das matérias-primas; dosagem e homogeneização da *farinha crua*; clinquerização e resfriamento do *clínquer*; adições e moagem do *cimento*; e embalagem e expedição do produto final. Os principais equipamentos que constituem as instalações industriais são o pré-aquecedor, o pré-calcinador, o forno rotativo, o resfriador de clínquer e os moinhos. As matérias-primas constituem-se de calcário (94%) e argila (4%) e quantidades menores de óxidos de ferro e alumínio (2%). A *farinha crua* obtida na moagem das matérias-primas é homogeneizada e alimentada continuamente no pré-aquecedor do forno rotativo, onde ocorre o processo de clinquerização, que é a principal etapa da fabricação do cimento Portland, onde as matérias-primas são submetidas à reações químicas e processos físicos complexos, que envolvem a reação de calcinação do calcário com formação de óxido de cálcio, e as reações do óxido de cálcio com os silicatos de ferro e alumínio para formar o *clínquer*, um material cinza, granular, sinterizado e pelotizado. Após resfriado, o clínquer é moido finamente em moinhos de bolas ou rolos e durante a moagem é feita adição de gesso ($CaSO_4.2H_2O$), em quantidades suficientes para resultar numa concentração de 2% a 3% de sulfato no cimento, necessária para ajustar o tempo de pega do produto de modo a permitir sua utilização. Outras adições – escória de alto forno, pozolanas, cinzas – são realizadas nessa etapa de fabricação do cimento composto. O produto é ensacado ou armazenado em silos e, em seguida, é despachado em caminhões, ou vagões graneleiros. O valor unitário do produto é relativamente baixo, motivo pelo qual as fábricas abastecem, preferencialmente, os mercados regionais.

Apesar da complexidade, o processo de clinquerização pode ser representado pelos seguintes eventos (USEPA, 2000): (a) evaporação da água livre; (b) desprendimento da água combinada nos componentes argilosos; (c) calcinação do carbonato de cálcio ($CaCO_3$) a óxido de cálcio (CaO)[3]; (d) reação do óxido de cálcio com sílica para formar o silicato dicálcio; (e) reação do óxido de cálcio com a alumina e óxido de ferro, constituindo a fase líquida; (f) formação dos nódulos de clínquer, de 3 a 20 mm de diâmetro; (g) evaporação dos constituintes voláteis (sódio, potássio, cloretos e sulfatos); (h) reação do excesso de óxido de cálcio com o silicato dicálcio para formar o silicato tricálcio.

[2] Nos casos dos resíduos que seriam tratados em incineradores convencionais, sem recuperação de energia.
[3] As pequenas quantidades de carbonato de magnésio presentes também são convertidas em óxido, com liberação de dióxido de carbono.

Esta seqüência de eventos pode ser agrupada em quatro etapas, em função da posição e da temperatura dos materiais no forno rotativo (USEPA, 2000; Kihara, 1999; Santi, Pérez, 1996; Mantus, 1992): 1ª. *evaporação* da água não combinada das matérias-primas, à medida em que a temperatura dos materiais se eleva para 100°C; 2ª. *desidratação* das matérias-primas, à medida em que a temperatura dos materiais aumenta de 100°C para, aproximadamente, 430°C; 3ª. *calcinação*, entre 850°C e 980°C, com desprendimento de dióxido de carbono (CO_2) e formação de óxido de cálcio (CaO); 4ª. *reação dos óxidos, a* 1450°C, para formar o clínquer de cimento constituído de silicato dicálcio, silicato tricálcio, aluminato tricálcio e aluminoferrita tetracálcio. A Tabela 1.1 apresenta a composição média do clínquer de cimento Portland.

Tabela 1.1 – Composição do clínquer de cimento Portland

Componente	Fórmula Química	Representação	Composição no clínquer (%)
Silicato tricálcio	Ca_3SiO_5	C_3S	50 - 70
Silicato dicálcio	Ca_2SiO_4	C_2S	15 – 30
Aluminato tricálcio	$Ca_3Al_2O_6$	C_3A	5 – 10
Aluminoferrita tetracálcio	$Ca_4Al_2Fe_2O_{10}$	C_4AF	5 – 15

Fonte: Mantus (1992)

As propriedades do cimento Portland são fortemente influenciadas pela composição do clínquer, que depende, primeiramente, da natureza química e mineralógica da mistura de matérias-primas; e, em segundo lugar, do tratamento térmico a que é submetido, e para o qual são importantes a velocidade de aquecimento das matérias-primas, a temperatura do processo de clinquerização e o tempo de queima. A interação entre as matérias-primas e a atmosfera do forno, bem como a velocidade de resfriamento do clínquer são parâmetros, igualmente, significativos (Sprung, 1985). A discussão sobre a composição das matérias-primas e combustíveis é importante devido ao impacto que têm sobre as reações que ocorrem durante o processo de clinquerização e sobre as emissões de substâncias poluentes.

O consumo específico de energia térmica para os processos via seca com sistemas de pré-aquecimento e pré-calcinação de matérias-primas varia entre 3050 MJ a 3600 MJ por tonelada de clínquer produzido (730 kcal/kg e 860 kcal/kg). A formação do clínquer a partir da farinha crua exige uma quantidade teórica de energia equivalente a 1760 kJ/kg de clínquer produzido (420 kcal/kg); o restante refere-se à energia contida nos gases de exaustão do forno e no clínquer; às perdas por radiação e convecção no pré-aquecedor, pré-calcinador e resfriador de clínquer; à umidade residual da farinha; e ao excesso de ar de combustão. O consumo específico médio de

energia elétrica varia entre 82 kWh e 156 kWh por tonelada de cimento produzido na planta industrial (Santi, 1997).

Combustíveis com poder calorífico de, no mínimo, 20 MJ/kg são normalmente alimentados no sistema de queima principal do forno rotativo. O calor sensível do clínquer é aproveitado para pré-aquecer o ar de combustão primário, cuja temperatura é elevada a 950°C ou mais. O calor sensível dos gases de exaustão do forno rotativo é utilizado no pré-aquecimento e na pré-calcinação da *farinha crua*: no pré-calcinador, a temperatura dos gases cai de 1200°C para cerca de 850°C (temperatura de equilíbrio). A reação de calcinação, que é endotérmica, é mantida com a queima de combustíveis, sendo possível o emprego, nesse caso, de materiais com poder calorífico menor (Beckmann, 1999).

As normas brasileiras definem os diferentes tipos de Cimento Portland que são comercializados no País de acordo com sua composição química, baseando-se nas adições de componentes ativos incorporados ao clínquer: *Cimento Portland Comum* (CP I); *Cimento Portland Composto* (CP II); *Cimento Portland de Alto Forno* (CP III); *Cimento Portland Pozolânico* (CP IV); e *Cimento Portland de Alta Resistência Inicial* (CP V - ARI). (ABNT, diversos anos).

O cimento mais consumido no Brasil é o Cimento Portland Composto, que contém de 6% a 34% de escória de alto forno, até 14% de material pozolânico e até 10% de material carbonático. O cimento Portland é empregado, predominantemente, nas obras civis de pequenos consumidores (mais de 70% do total); na preparação de concreto (mais de 10%); na fabricação de produtos pré-moldados e artefatos de cimento (em torno de 10%); e nas obras civis de construtoras e empreiteiras (cerca de 6%). Atualmente, o consumo de cimento em obras públicas não é significativo (menor que 0,5%) (Revista do SNIC, 2001).

1.3. Fontes de poluição e de riscos na fabricação de cimento

A indústria de cimento é uma atividade que apresenta elevado potencial poluidor. Em todas as etapas do processo – moagem e homogeneização das matérias-primas; clinquerização no forno rotativo e resfriamento do clínquer; moagem do clínquer, adições e produção de cimento; ensacamento e expedição do produto; e pontos de transferência de materiais – há fontes de poluição. Os níveis e as características das emissões dos poluentes dependem das características operacionais do processo industrial, em especial, dos fornos rotativos de clínquer, da composição

química e mineralógica das matérias-primas, e da composição química dos combustíveis empregados.

Material particulado, óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e dióxido de carbono são os poluentes primários emitidos no processo de fabricação de cimento. Quantidades menores de compostos orgânicos voláteis, amônia, cloro, cloreto de hidrogênio e produtos de combustão incompleta, que são considerados poluentes atmosféricos perigosos, podem ser lançados no meio ambiente. Os metais pesados contidos nas matérias-primas e combustíveis, mesmo em concentrações muito pequenas, podem ser emitidos na forma de particulado ou de vapor através das chaminés das fábricas (USEPA, 2000).

Os minérios utilizados na fabricação de cimento são, em geral, originados de minas de calcário e argila localizadas próximas à planta de fabricação de cimento, o que faz com que tenham composição química e mineralógica diferentes. Além dos constituintes principais, os minérios contêm uma série de outros minerais secundários – haletos e álcalis – e elementos traços – tais como os metais pesados –, que são introduzidos no sistema do forno de clínquer e vão fazer parte da massa de reagentes. Esses materiais têm importância menor na produção de clínquer do ponto de vista das demandas de energia térmica, porém, podem interferir de modo significativo na marcha do processo, na qualidade do produto e na concentração de determinados compostos químicos nos efluentes atmosféricos emitidos pelas chaminés da fábrica de cimento.

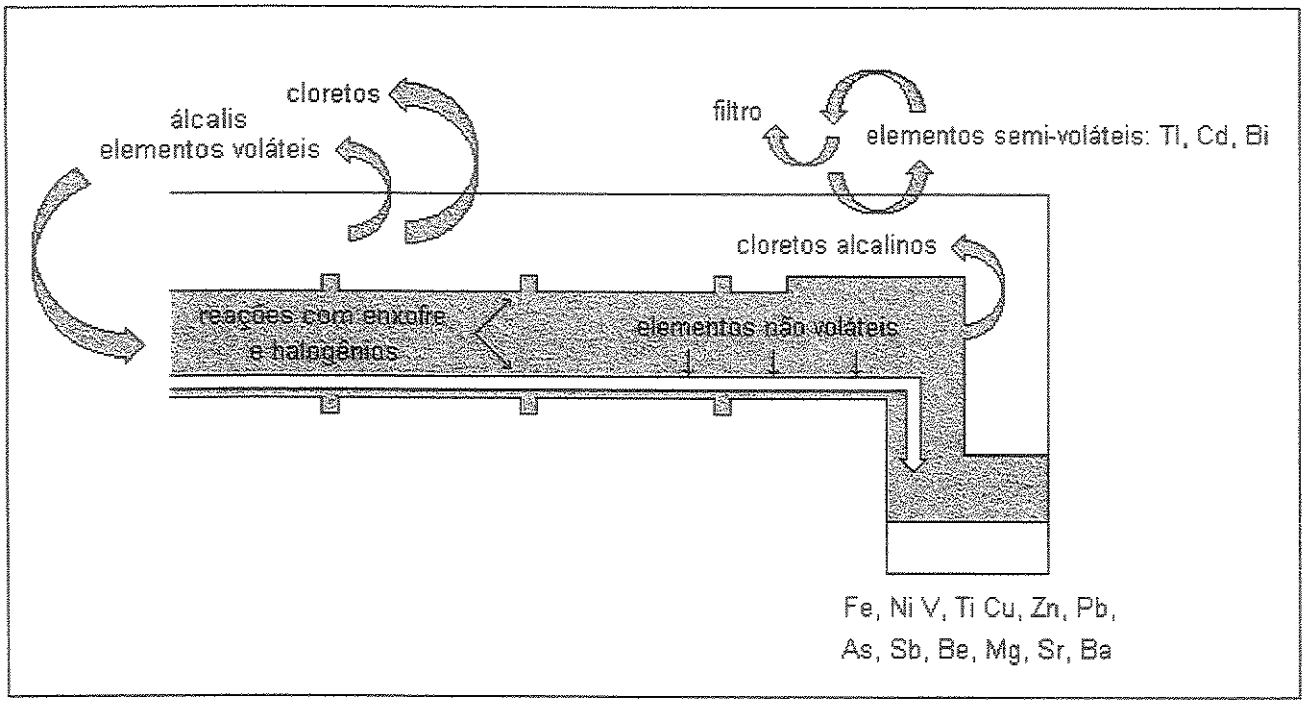
Devido ao perfil térmico e às características físico-químicas das substâncias presentes no meio reagente, há formação de *ciclos químicos* na rota de produção do sistema de pré-aquecimento até a zona de clinquerização do forno. Como apresentam ponto de ebulição relativamente baixo, alguns compostos vaporizam-se e passam para a corrente gasosa, sendo arrastados para as partes mais frias do sistema. Dependendo da temperatura, eles se condensam nessas regiões, passam para o fluxo de matérias-primas e, novamente, são introduzidos no forno. O processo repetitivo de evaporação e condensação resulta na formação de *ciclos internos*. Esse fenômeno é particularmente importante no caso dos compostos alcalinos, cloretos, sulfatos e óxidos de metais pesados (Weisweiller, Krêmar, 1990; Smidth, 1999). A volatilidade é o fator determinante do comportamento dos elementos químicos e seus compostos dentro da atmosfera alcalina e oxidante do forno rotativo. Elementos químicos de baixa volatilidade caracterizam-se pelo alto grau de incorporação ao clínquer e pelo baixo grau de adsorção às partículas de pó em suspensão no sistema. Os elementos voláteis, ao contrário, apresentam baixo grau de incorporação ao clínquer e acumulam-se nas partículas em suspensão (Maringolo, 2001).

Uma característica peculiar do processo de clinquerização é a realimentação do material particulado coletado nos equipamentos de controle da poluição atmosférica instalados na chaminé do forno rotativo – precipitador eletrostático ou filtros de mangas – juntamente com a farinha crua, a qual resulta na formação de *ciclos externos* (Neumann et al., 1990).

O perfil dos ciclos químicos é determinado pela composição química e mineralógica das matérias-primas e dos combustíveis e pelas características tecnológicas de processo, e podem prejudicar a operação do forno e diminuir a qualidade do cimento produzido, além de aumentar o grau de periculosidade do material particulado emitido nas chaminés das fábricas de cimento devido ao aumento das concentrações de metais pesados presentes nos efluentes atmosféricos (Neumann et al., 1990).

Se os ciclos químicos não são interrompidos, formam-se ciclos fechados, cujo resultado é aumento da concentração de determinados elementos e compostos (enriquecimento) na massa de materiais presentes no forno, no pré-aquecedor, no moinho e nos equipamentos de controle da poluição. O grau de vaporização; a adsorção dos vapores nas partículas em suspensão no pré-aquecedor, no moinho de cru e nos filtros; e a extensão da incorporação desses compostos no clínquer determinam o tempo necessário para se atingir a saturação de um determinado ciclo químico, que pode variar de algumas horas, no caso dos álcalis e compostos de enxofre, até muitos meses, em se tratando dos metais pesados, especialmente o tálio. A concentração de uma substância nos materiais presentes no sistema reagente, após a saturação do ciclo, pode ser muitas vezes superior a sua concentração inicial. O recurso utilizado para a interrupção dos ciclos e a redução dos problemas que causam é a instalação de sistemas de purga. (Neumann et al., 1990).

Os ciclos externos incluem toda a planta de clinquerização e os ciclos internos abrangem o pré-aquecedor, o forno rotativo e o resfriador de clínquer (Schäffer, Hoenig, 2001). O comportamento dos materiais no sistema reagente do forno de clínquer está representado na Figura 1.1.



Fonte: Gaebel (2001)

Figura 1.1 – Comportamento dos materiais nos fornos rotativos de clínquer

1.3.1. Metais pesados: um nível de complexidade adicional

Os metais pesados introduzidos na planta de cliquerização juntamente com as matérias-primas e os combustíveis formam ciclos químicos, devido a sua volatilidade e ao comportamento físico-químico de seus compostos. Dada a grande variação da temperatura ao longo do comprimento do forno rotativo e da operação deste equipamento em contra-corrente, os compostos metálicos se vaporizam e se condensam em seções diferentes do forno, formando ciclos químicos distintos, uns menores, outros mais longos (Pershing, 1993).

O comportamento dos compostos metálicos no processo de clinquerização determina a concentração de metais no clínquer e no material particulado (pó de clínquer) das chaminés da planta de clínquer – chaminé principal –, chaminé dos sistemas de purga e chaminé do resfriador de clínquer. A relação da concentração de metais no material particulado e no clínquer pode ser considerada como uma medida da volatilidade dos compostos metálicos. Baseado nessa relação os metais foram classificados em *voláteis* (Hg e Tl), *semi-voláteis* (Sb, Se, Bi, Pb, Cd) e *refratários* ou *não voláteis* (Cr, Be, Ba, Ni, As, Ag, Fe, V, Ti, Zn, Cu, As, Sn). (Pershing, 1993;

Sprung, Rechenberg, 1994)[4]. Dessa forma, há uma diferença substancial na distribuição da concentração dos diferentes metais no clínquer e nos fluxos de efluentes direcionadas às chaminés: os metais voláteis são seletivamente emitidos na chaminé principal da planta de clínquer juntamente com os gases de exaustão provenientes do forno rotativo, sendo pouco provável que sejam incorporados ao clínquer em alguma extensão; os metais semi-voláteis, são incorporados no clínquer apenas parcialmente, e o restante é emitido na chaminé dos sistemas de purga; os metais refratários, que formam ciclos químicos mais longos, são incorporados no clínquer, e são emitidos, preferencialmente, na chaminé do resfriador de clínquer (Pershing, 1993; Sprung, Rechenberg, 1994; Gaebel, 2001).

Alguns metais passam pelo pré-aquecedor e são coletados nos filtros, juntamente com o material particulado dos gases de exaustão do forno rotativo. Como parte do pó é realimentada no processo juntamente com as matérias-primas, os metais pesados e seus compostos também formam ciclos externos, tornando o controle dos fluxos de metais, e consequentemente os níveis de emissão para o meio ambiente, mais complexo (USEPA, 1993). O comportamento dos metais pesados no forno de clínquer está representado na Figura 1.2.

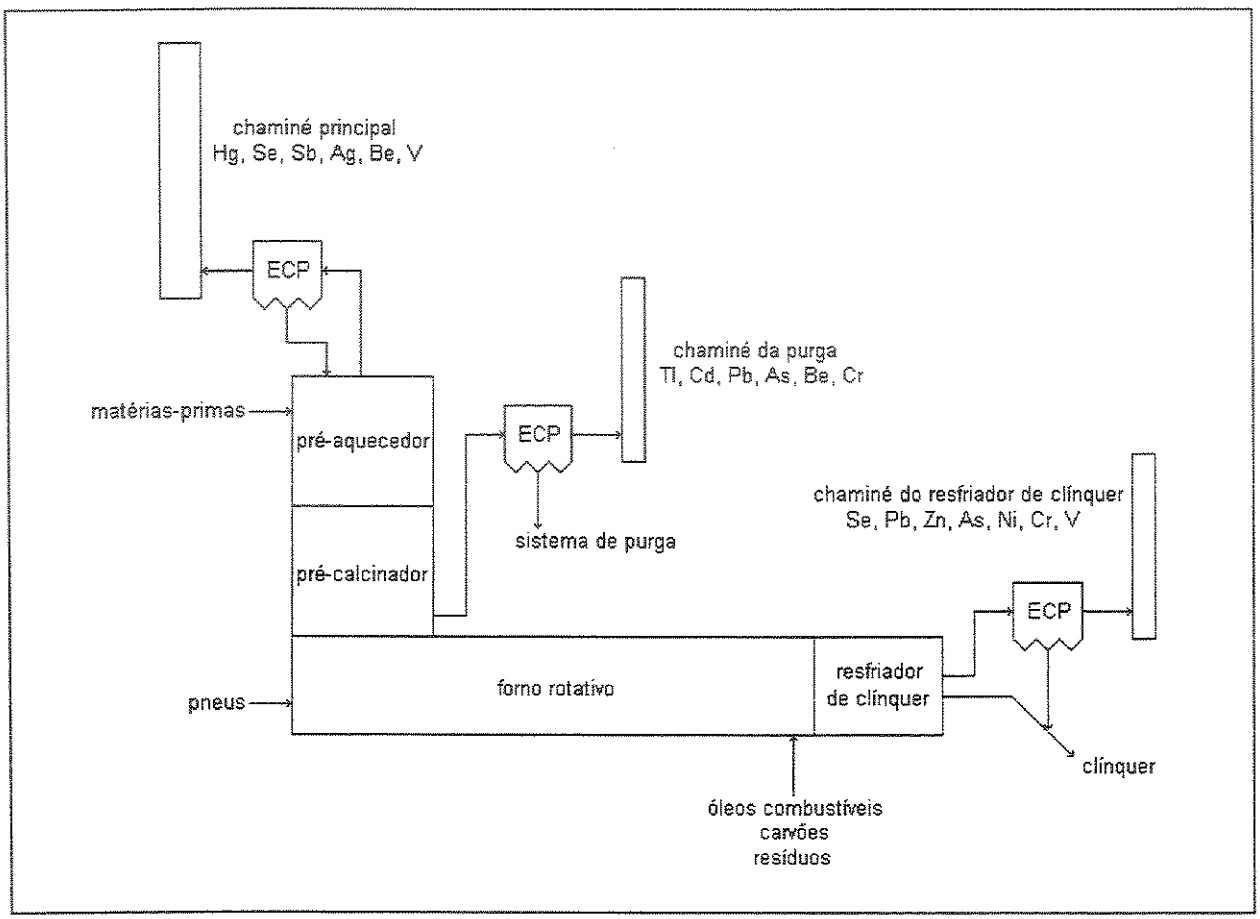
Como assinalado por Santi (1997), o que está publicado sobre o comportamento dos metais pesados no processo de clinquerização refere-se a estudos de caso que, na maior parte, foram realizados por pesquisadores estrangeiros com o objetivo de analisar o comportamento de metais pesados em processos com queima de resíduos. O elenco de elementos e compostos químicos considerados variou de uma pesquisa para outra, mas pode-se observar uma convergência de opiniões com relação a alguns aspectos:

a) o comportamento dos metais pesados no sistema do forno de clinquerização está diretamente relacionado à sua volatilidade e à dos compostos que formam (USEPA, 2000);
b) a maioria dos elementos traços introduzidos no sistema com as matérias-primas e combustíveis combinam-se na fase sólida (clínquer ou material particulado) (Kirsh, 1992);
c) os metais pesados podem ser concentrados na massa reagente em conseqüência dos ciclos químicos que seus compostos formam, ou podem ser emitidos juntamente com os gases de exaustão para a atmosfera (Weisweiller, Keller, 1992);
d) o processo de produção de clínquer não oferece segurança em relação à emissão de mercúrio e seus compostos (Kirchner, 1987);
e) há necessidade de estudos posteriores para se determinar os fatores que controlam a ligação do cádmio ao clínquer (Sprung, 1985);

[4] Não há consenso entre os autores sobre a classificação de alguns metais pesados de acordo com a sua volatilidade.

f) há necessidade do monitoramento rigoroso da emissão de mercúrio e tálio e a realização de estudos sobre o comportamento desses metais nos processos de produção de cimento (Sprung, 1985; von Seebach, Tompkins, 1991);

g) nenhum dos elementos analisados foram emitidos como elemento livre ou na forma de vapor; estavam condensados ou adsorvidos no material particulado lançado na atmosfera.



Fonte: Pershing (1993)

Figura 1.2 – Presença de metais pesados nas emissões da planta de clínquer

Como as tecnologias empregadas pelas fábricas de cimento instaladas no Brasil são estrangeiras, é provável que muitas das conclusões dos pesquisadores em relação à emissão de metais pesados possam ser estendidas às fábricas brasileiras. Entretanto, não é possível desconsiderar as diferenças das matérias-primas e dos combustíveis empregados, das condições climáticas e topográficas, da extensão do controle ambiental e da própria forma de operação das fábricas, que são fatores que influenciam na extensão da emissão e, consequentemente, da exposição humana às substâncias poluentes.

1.3.2. Emissão de poluentes na fabricação de cimento

As maiores fontes de emissão de ***material particulado*** são o forno rotativo e o resfriador de clínquer. Os gases que saem do forno contêm de 6% a 30% de sólidos livres na forma de pó – *pó de clínquer* –, que são coletados nos equipamentos de controle da poluição da planta e são reintroduzidos no processo juntamente com a farinha crua. Parte do pó de clínquer é retirado do sistema como meio de controlar a concentração de álcalis, sendo que a extensão de realimentação do material no forno varia muito de uma planta para outra (USA, 1996). O aumento da concentração de álcalis pode ser controlado também pela retirada de parte dos gases provenientes do forno rotativo (5% a 39%) por meio de um sistema de purga que, instalado na entrada do forno, torna-se um ponto adicional de emissão de substâncias poluentes. As operações de transferência de materiais e as operações de moagem são fontes de emissão de material particulado. A ressuspensão de poeiras das pilhas de materiais ou dos pós depositados nos pátios e vias de circulação pela ação dos ventos, a movimentação de veículos e a varrição também contribuem para o aumento das quantidades de material particulado lançadas para o meio ambiente e constituem as *fontes difusas*. As áreas de mineração são consideradas fontes de emissão de poeiras fugitivas.

Os ***óxidos de nitrogênio*** – NO e NO_2[5] – são gerados no processo de combustão pela oxidação do nitrogênio contido no combustível e pela fixação térmica do nitrogênio do ar de combustão, na zona de queima do forno e na zona de queima do pré-calcinador. O primeiro processo compreende a formação do "*NO do combustível*" e o segundo refere-se ao "*NO térmico*" (Deussner, 1995). A maior parte dos óxidos de nitrogênio é constituída pelo "*NO térmico*". O combustível utilizado para a geração de energia térmica afeta a quantidade e o tipo de óxido de nitrogênio gerado, pois suas características determinam temperaturas de chama mais ou menos elevadas. De acordo com a USEPA (2000), o efeito da utilização de resíduos como combustíveis secundários sobre a emissão de óxidos de nitrogênio ainda não está claramente estabelecido.

Várias pesquisas têm sido realizadas nos países desenvolvidos com o objetivo de desenvolver tecnologias para minimizar a emissão de óxidos de nitrogênio nas plantas de clínquer (Deussner, 1996; von Harpe, 1998; Jeschar, Jennes, Kremer et al. 2000; Junker, 2001) de modo que as fábricas de cimento possam atender às exigências cada vez mais restritivas impostas pelas autoridades ambientais, pois tratam-se de gases poluentes *de per si* – o NO_2 produzido pela oxidação do NO na atmosfera é um gás muito tóxico –, e, juntamente com os hidrocarbonetos,

são precursores do ozônio fotoquímico[6] que se forma nas baixas camadas de ar na presença de luz solar. A minimização da emissão dos óxidos de nitrogênio tem sido conseguida com a instalação de queimadores de múltiplos estágios, que operam com baixa concentração de ar primário, ou por meio da injeção de compostos nitrogenados no pré-calcinador que promovem a redução dos óxidos de nitrogênio a N_2.

O ***enxofre*** é introduzido no processo de produção de cimento pelas matérias-primas ou pelos combustíveis, na forma de sulfatos, sulfetos ou compostos orgânicos. Os vapores de álcalis como Na_2O e K_2O presentes nos gases do forno de clínquer promovem a absorção do SO_2, reduzindo de 70% a mais de 95% – dependendo do teor de enxofre do combustível, das matérias-primas, e da própria concentração de álcalis – as emissões deste gás na chaminé principal da planta de clínquer (USEPA, 2000). Cerca de 84% do enxofre que é alimentado no sistema fica ligado ao clínquer na forma de sulfatos (Sprung, 1985). Quando não é absorvido no fluxo de matérias-primas, o dióxido de enxofre deixa o sistema do forno de clínquer juntamente com os outros gases de combustão.

É importante destacar que o sistema de purga de álcalis limita a absorção do SO_2 pelo óxido de cálcio e pelo carbonato de cálcio presentes no fluxo descendente de matérias-primas e pelos vapores de álcalis e, dessa forma, mais de 50% do dióxido de enxofre contido nos gases direcionados para a purga são lançados na atmosfera. Concentrações acima de 4000 mg SO_2/Nm^3 foram encontradas nas chaminés dos sistemas de purga (Nielsen, 1991), o que mostra que esses sistemas podem contribuir significativamente para a emissão total de dióxido de enxofre em uma fábrica de produção de cimento.

As emissões de ***dióxido de carbono*** são provenientes da queima de combustíveis e do processo de calcinação do calcário. Em vista das elevadas temperaturas necessárias à clinquerização, que tornam o processo industrial energo-intensivo, quantidades substanciais de CO_2 são produzidas na geração de energia térmica, mas a emissão total depende do consumo específico de energia e, geralmente, situa-se entre 0,85 kg a 1,35 kg de CO_2 por quilograma de clínquer produzido. A emissão média de dióxido de carbono no processo de calcinação é de cerca de 500 kg por tonelada de cimento produzido. (USEPA, 2000).

---

[5] Referenciados como NO_x , e expressos como NO_2

[6] O ozônio causa irritação das vias respiratórias, rinite, sinusite, faringite e traqueobronquite; aumenta as secreções nasais que provocam tosse e facilitam o surgimento de infecções; e piora a saúde de pessoas com doenças respiratórias crônicas, como asma e bronquite.

Os ***cloretos*** entram no sistema do forno de clínquer ou por meio das matérias-primas ou pelos combustíveis e, quando aquecidos, volatilizam-se e reagem com os álcalis para formar cloretos alcalinos, os quais, em concentrações elevadas, favorecem a formação de coalescência e anéis nos refratários dos fornos. Devido à sua volatilidade, estão ligados ao clínquer em pequena extensão (Sprung, 1985). Os cloretos podem reagir com os compostos orgânicos presentes na massa de materiais ou com os produtos de combustão incompleta gerados para formar compostos orgânicos clorados ou ***dioxinas e furanos***[7] – compostos químicos persistentes que, devido aos seus graves efeitos sobre a saúde humana e o meio ambiente, são referenciados como "*as substâncias químicas mais tóxicas que a humanidade conhece*" – que serão emitidos pelas chaminés da planta de clínquer juntamente com os gases de exaustão.

Segundo a USEPA (2000), os ***metais pesados*** correspondem a cerca de 1% da massa de material particulado emitido na planta de clínquer. Os mais comuns são cromo, chumbo, arsênio, mercúrio, antimônio e manganês. O mercúrio pode ser emitido na chaminé da planta de clínquer como vapor ou na forma de particulado. Dos metais que apresentam toxicidade – antimônio, arsênio, berilo, cádmio, cromo, cobalto, chumbo, manganês, mercúrio, níquel e selênio, telúrio, tálio, vanádio, estanho –, cinco deles são conhecidos ou suspeitos de serem carcinogênicos: arsênio, berilo, cádmio, cromo hexavalente e níquel. O controle das emissões de metais pesados não voláteis e de compostos orgânicos condensados, incluindo dioxinas e furanos, adsorvidos na superfície do pó de clínquer, está associado ao controle da emissão de material particulado.

As emissões de poluentes atmosféricos da operação de moagem de matérias-primas constituem-se, essencialmente, de material particulado (constituído de calcário, argila e bauxita) e contêm metais pesados (USA, 1998). Como a energia residual dos gases provenientes da planta de clinquerização é utilizada na secagem das matérias-primas, as emissões atmosféricas provenientes do moinho apresentam características semelhantes às das emissões da chaminé do forno de clínquer e, assim sendo, *o controle de sua emissão deve ser realizado com o mesmo rigor, para os mesmos poluentes e na mesma extensão que para os gases efluentes do forno rotativo*. Se na unidade de secagem há uma fonte de calor independente, os gases podem conter traços de produtos de combustão incompleta, cloreto de hidrogênio e metais.

---

[7] Dioxinas (dibenzo-para-dioxinas policloradas – PCDDs) e furanos (dibenzofuranos policlorados – PCDFs) são abreviações utilizadas para descrever uma família de 210 compostos aromáticos contendo um átomo de oxigênio (furanos), ou dois átomos de oxigênio (dioxinas). Cada uma dessas substâncias podem ter de um a oito átomos de cloro ligados aos anéis aromáticos, possibilitando a origem de uma série de isômeros, sendo 75 para as dioxinas e 135 para os furanos (Marcato, Bichara, 1997). As principais fontes de geração de dioxinas e furanos são antropogênicas. Em particular, podem ser mencionados os processos industriais, incluindo a geração e disposição final de resíduos e a produção e uso de energia; e a combustão, incluindo os incêndios acidentais e a incineração de resíduos industriais e municipais (Albert, 1997)

A co-incineração de resíduos que contêm *compostos orgânicos tóxicos* nos fornos de clínquer em condições operacionais inadequadas pode resultar na emissão substancial de poluentes atmosféricos perigosos, constituídas de compostos originalmente presentes nos resíduos, de produtos de combustão incompleta, ou de produtos sintetizados durante ou imediatamente após a combustão, como é o caso das dioxinas e furanos. A quantidade de compostos orgânicos tóxicos emitidos depende das condições operacionais do processo de combustão (incluindo tempo, temperatura e turbulência), das concentrações dos constituintes tóxicos no resíduo, e da taxa de alimentação do resíduo no forno de clínquer. No processo de co-incineração de resíduos, muitos poluentes perigosos são produzidos e lançados na atmosfera (USA, 1996): *metais pesados*, que incluem antimônio, arsênio, berilo, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, níquel e selênio e seus compostos; *produtos orgânicos perigosos*, que incluem orgânicos clorados, dioxinas e furanos, benzeno, sulfeto de carbono, clorofórmio, clorometano, hexaclorobenzeno, cloreto de metila, naftaleno, fenol, tolueno e xileno; além de cloro e cloreto de hidrogênio, que também podem ser encontrados na corrente gasosa.

O comportamento dos álcalis e enxofre, halogênios, e metais pesados no sistema reagente do processo de clínquerização está resumido no Quadro Sinóptico I.

Normas e instrumentos legais de diversos países previram, como forma de controlar o lançamento de poluentes gerados no processo de fabricação de cimento Portland para o meio ambiente, padrões para material particulado, metais pesados, cloro e cloreto de hidrogênio, monóxido de carbono, hidrocarbonetos, dioxinas e furanos (baseado na toxicidade equivalente[8]) definidos com base na melhor tecnologia de controle disponível. De forma geral, o material particulado proveniente dos fornos, moinhos e resfriador é direcionado para as chaminés e retidos em coletores com ciclone (separação centrífuga), filtros de manga (trama de fibras através da qual passam os gases com pós), ou precipitadores eletrostáticos (eletrificação das partículas de pó em suspensão por ação de forte campo elétrico) (Maringolo, 2001).

As medidas de controle normalmente empregadas para a redução da emissão de poeiras fugitivas nas áreas de mineração e na área industrial são semelhantes: o abatimento dos particulados por aspersão de água e o enclausuramento das áreas de estocagem e beneficiamento

[8] As dioxinas são encontradas em misturas complexas, de modo que, para fins de avaliação de riscos, foi estabelecido o Fator de Toxicidade Equivalente (TEF: *Toxicity Equivalence Factor*), determinado em relação à toxicidade dos compostos 2,3,7,8 tetracloro dibenzo-p-dioxina e 2,3,7,8, tetracloro dibenzofurano, para os quais o TEF foi fixado em 1. Todos os compostos congêneres têm TEF menor que 1, variando de 0,5 a 0,00001. O TEF foi adotado por convenção internacional (USEPA, 1998a).

de materiais, com instalação de sistemas exaustores e de filtros coletores de pó – em geral, filtros de mangas; e a pavimentação e varrição das vias de circulação de veículos.

Na planta de clínquer, o controle da emissão de material particulado proveniente do forno rotativo é realizado em precipitador eletrostático, ou filtro de mangas, instalados na saída do pré-aquecedor, com objetivo de reduzir a concentração de pós para níveis que atendam as exigências das regulamentações ambientais. Em geral, os equipamentos mais modernos possuem eficiência de retenção de material particulado que reduzem a emissão do poluente para níveis inferiores a 50 mg/Nm^3 (USEPA, 2000). A emissão de material particulado na chaminé do resfriador de clínquer é controlada também por filtro de mangas, com o mesmo objetivo de atender às determinações dos órgãos ambientais. Não há citações sobre como é feito o controle da emissão de poluentes nos sistemas de purga de álcalis que são instalados em algumas plantas. Entende-se que os filtros de mangas devam ser o equipamento mais empregado para essa finalidade.

A instalação de coletores de material particulado é importante não apenas do ponto de vista ambiental, mas também econômico: o pó retido no equipamento de controle da planta de clínquer representa de 20% a 30% da produção e é realimentado no sistema juntamente com as matérias-primas, como citado (Smidth, 1999).

Na maioria das plantas de clinquerização, não são instalados equipamentos para o controle da emissão de gases de combustão, vapores de sais metálicos ou outras substâncias perigosas originadas no processo. As exceções são poucas e ainda em fase de experimentação e tratam da redução da emissão de NO_x, com a instalação de queimadores especiais ou de lavadores de amônia. A escolha das matérias-primas e combustíveis e a forma como o processo é conduzido pode favorecer a redução da emissão de determinados poluentes atmosféricos, como discutido. Um exemplo é a realização do monitoramento permanente da concentração de hidrocarbonetos totais e de monóxido de carbono nos gases de exaustão do forno de clínquer como forma alternativa de controlar a emissão dos compostos orgânicos, uma vez que os níveis de emissão dessas substâncias são determinados pelas condições operacionais em que o processo de combustão foi conduzido. Se o processo de combustão for de alta eficiência, os níveis de emissão de compostos orgânicos perigosos serão reduzidos. Em situação inversa, o nível de emissão dessas substâncias aumenta.

Quadro Sinóptico I – Comportamento dos constituintes menores no sistema reagente do processo de produção de clínquer de cimento Portland

Constituinte	Descrição
enxofre	Alimentação no forno: matérias-primas e combustíveis Reações: oxidação ou dissociação, com formação de SO_2, que reage prontamente com os álcalis formando sulfatos alcalinos (a reação com o carbonato de cálcio ou com o óxido de cálcio ocorre quando há excesso de SO_2 em relação à concentração de álcalis) Formação de ciclos: interno, caracterizado pela condensação e vaporização dos sulfatos alcalinos. Incorporação ao clínquer: alta (84%), na forma de sulfatos alcalinos Emissão na chaminé da planta de clínquer: muito pequena, devido às reações com os álcalis e os compostos de cálcio
álcalis	Alimentação no forno: matérias-primas Reações: reagem prontamente com o SO_2 e os cloretos para formar sulfatos e cloretos alcalinos Formação de ciclos: interno, caracterizado pela condensação e vaporização dos sulfatos alcalinos; externo, formado pelos sulfatos que são coletados nos ECPs(1) e realimentados no sistema Incorporação no clínquer: alta, para os sulfatos alcalinos; pequena no caso dos cloretos alcalinos, que são muito voláteis Emissão na chaminé da planta de clínquer: limitada pela purga de álcalis
fluoretos	Alimentação no forno: matérias-primas Reações: com o CaO, formando CaF_2 Formação de ciclos: interno, caracterizado pela volatilização e condensação na zona de clinquerização; externo, formado pelos fluoretos adsorvidos no material particulado dos gases de exaustão e que foram coletados nos ECPs(1) e realimentados no sistema Incorporação no clínquer: alta (88% a 98%) Emissão na chaminé da planta de clínquer: pequena A circulação de fluoretos não ocasiona problemas operacionais devido à formação de coalescência e anéis, pois são fortemente ligados ao clínquer
cloretos	Alimentação no forno: matérias-primas e combustíveis Reações: reagem rapidamente com os álcalis para formar cloretos alcalinos Formação de ciclos: interno, devido à volatilização e condensação dos cloretos na saída do forno Incorporação no clínquer: pequena (21% a 26%), devido à elevada volatilidade dos cloretos alcalinos Emissão na chaminé da planta de clínquer: limitada pela purga de álcalis Os cloretos causam coalescência nos refratários e formação de anéis no forno e no ciclone do último estágio do pré-aquecedor.
metais pesados	Alimentação no forno: matérias-primas e combustíveis Reações: formação de cloretos e óxidos metálicos Formação de ciclos: interno, devido à volatilização e condensação dos compostos metálicos; externo, caracterizado pela realimentação dos compostos metálicos adsorvidos no material particulado e coletados nos ECPs. A diferença de volatilidade dos metais determina os perfis dos ciclos internos e a direção do fluxo dessas substâncias no sistema reagente. Classificação: metais voláteis (Hg, Tl); metais semi-voláteis (Sb, Se, Pb, Cd, Bi); metais refratários (não voláteis): (Cr, Be, Ba, Ni, As, Ag, Fe, V, Ti, Zn, Cu, As, Sn) Incorporação no clínquer: alta para os metais refratários (ou não voláteis); pequena, para os metais semi-voláteis e desprezível, para os metais voláteis Emissão na chaminé da planta de clínquer: alta para os metais voláteis; significativa para os metais semi-voláteis e pequena para os metais refratários.

(1) Equipamentos de controle da poluição

Fonte: Goldmann, Kreft, Schütte (1981); Sprung (1985); Kirchner (1987); Weisweiller, Krêmar (1990); von Seebach, Tompkins (1991); Weisweiller, Keller (1992); Weisweiller, Dallibor (1992); Liebl, Gerger (1993); Sprung, Rechenberg (1994); Schäffer, Hoenig (2001)

A indústria cimenteira não dispõe de informações suficientes com relação à classificação granulométrica e quanto aos tipos e a concentração dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos adsorvidos nos particulados emitidos, notadamente, as *partículas inaláveis* (PM-10 e PM-2,5), cujo monitoramento está sendo priorizado atualmente nos vários projetos de regulamentação sobre a qualidade do ar desenvolvidos nos países centrais (Feurtet, 2000).

1.4. Introduzindo a discussão sobre riscos

A contaminação ambiental[9] sempre existiu, pois é inerente às atividades humanas, – em particular, às atividades produtivas –, e, sem dúvida, a freqüência e a gravidade dos incidentes de contaminação em todo o mundo têm aumentado, e a cada dia, mais provas de seus efeitos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde estão mais evidentes. O número crescente de enfermidades crônicas causadas pelo lançamento ao meio ambiente de substâncias cujos efeitos adversos a longo prazo eram desconhecidos, – o episódio de Minamata[10], causado pelo metilmercúrio, é o exemplo clássico – indicou a necessidade de se avaliar não somente o grau de toxicidade das substâncias e materiais aos quais pessoas e ecossistemas estão expostos (Albert, 1997), como a própria extensão e as conseqüências dessa exposição, principalmente aquelas que estão relacionadas à saúde humana.

Considera-se como principais critérios para avaliação do risco[11] associado a um processo produtivo, os tipos e os volumes das substâncias e materiais manipulados, produzidos, e em uso; as rotas de exposição a esses materiais, e a população e os ecossistemas expostos (Albert, 1997; Freitas, Porto, Pivetta, 2001a). Nesse contexto, ao sistema constituído pelo sítio de fabricação de cimento e pelo território onde está inserido, e no qual, na maioria das vezes divide o uso e a ocupação do solo com núcleos populacionais muito próximos, com outros sítios cimenteiros e outras unidades fabris, estão associados riscos.

---

[9] Considerada como *"a introdução ou presença de substâncias, organismos ou formas de energia em ambientes ou substratos aos quais não pertencem, ou em quantidades superiores às deles próprias, por um tempo suficiente, e sob condições tais, que essas substâncias interferem na saúde e no bem-estar das pessoas, causam danos aos recursos naturais ou alteram seu equilíbrio ecológico"*. (Albert, 1997).

[10] Entre 1932 e 1970, na baía de Minamata, Japão, os peixes foram contaminados com metilmercúrio através da cadeia trófica, e foram consumidos, de forma crônica, pelos habitantes do local, o que ocasionou a morte de centenas de pessoas e milhares de intoxicados (Ruiz, Ortiz, Arroyo, 1997).

[11] Risco é a probabilidade de que ocorra um dano devido à exposição a um agente nocivo, em circunstâncias específicas, e sobre o qual influenciam os fatores econômicos, sociais e culturais da população exposta (Albert, 1997).

Devido às características do processo tecnológico e às propriedades físico-químicas e toxicológicas – a periculosidade – das matérias-primas e insumos empregados na fabricação de cimento, do clínquer e do próprio cimento, as plantas cimenteiras apresentam riscos para a saúde dos trabalhadores, para a saúde pública e para o meio ambiente, associados, principalmente, à exposição ao material pulverulento que permeia toda a cadeia de produção e às emissões de substâncias poluentes, que ocorrem de forma continuada, as quais, mesmo em concentrações reduzidas, caracterizam o risco crônico.

É fonte de risco crônico, portanto, todo o circuito do processo de fabricação de cimento: a mineração e beneficiamento de calcário; a homogeneização e moagem de matérias-primas; a fabricação de clínquer; a moagem, ensacamento e expedição de cimento. Nessa rota há emissão de material particulado constituído pelas matérias-primas, clínquer e cimento; de vapores de sais metálicos; e de gases formados no processo de combustão; além das emissões fugitivas geradas em vários pontos da planta industrial e nas áreas de mineração.

As vias de exposição humana[12] – trabalhadores e população – a esses poluentes incluem as vias respiratórias, oral e dérmica, e a poluição também pode atingir os compartimentos ambientais – água, ar e solo –, o que contribui para a exposição aos poluentes e ao agravo da saúde humana de forma indireta, como, por exemplo, por meio da cadeia alimentar.

A extensão da exposição aos materiais e poluentes será determinada pelos parâmetros tecnológicos de processo, que definem os tipos, quantidades, freqüência e local das emissões; pelos mecanismos de transporte e disseminação dos contaminantes e materiais perigosos no ambiente; pelos fatores que contribuem para o contato humano com os poluentes e materiais, incluindo o tamanho e a distribuição das populações vulneráveis e as atividades que facilitam ou previnem o contato, especialmente no caso dos operários da fábrica; e pelas próprias vias de exposição. Ou seja, a exposição aos agentes perigosos é o resultado do conjunto de mecanismos químicos, físicos e biológicos que interagem simultaneamente com os aspectos culturais, sociais políticos e econômicos da população exposta (Sexton et al., 1992 citado por Freitas, 1996; FUNASA, 2001). O fluxograma da Figura 1.3 apresenta as rotas de exposição aos materiais e poluentes do processo de fabricação de cimento.

[12] Vias de exposição (ou rotas de exposição) são as vias pelas quais o agente perigoso entra em contato com o ser humano. As vias de exposição mais comuns são a via respiratória, a via dérmica e a via oral (Ruiz, van der Goes, 1997).

Como já citado, as fábricas de cimento estão muito próximas ou são contíguas às áreas de mineração, as quais, por sua vez, estão em áreas com formação geológica com características que potencializam a disseminação da poluição: solos permeáveis, que favorecem a infiltração das águas de chuva; presença de rios subterrâneos; grande número de lagoas.

Outra fonte de riscos está associada à manipulação e à utilização do cimento nas instalações das fábricas de pré-moldados, ou nas obras civis. O cimento é um produto cáustico e higroscópico, portanto, perigoso. As rotas de exposição ao cimento incluem a via dérmica, responsável pelo desenvolvimento de dermatites – que são a maior causa de afastamento do trabalho dos operários da construção civil – , a via oral e a via respiratória.

Não foram encontradas informações sobre os riscos devidos às emissões de poluentes causadas por eventos únicos – *riscos potenciais de acidentes* – como incêndios e explosões ou emissões acidentais para o meio ambiente associados à fabricação de cimento com emprego de matérias-primas e combustíveis convencionais, muito embora, é sabido que o sistema de produção de clínquer, por exemplo, deve operar de modo a garantir níveis de concentração de monóxido de carbono nos gases de exaustão do forno rotativo compatíveis com as condições de segurança do precipitador eletrostático, quando esse tipo de equipamento é empregado para o controle da emissão de material particulado. Uma possível explosão do equipamento, ocasionará danos físicos aos trabalhadores da planta, emissão de elevadas concentrações de material particulado para a atmosfera, além dos danos às instalações. Além disso, frente ao elevado consumo de combustíveis e à necessidade de estocagem desses materiais nas fábricas, há riscos de incêndio e explosão envolvendo esses materiais, com emissão para a atmosfera de grandes quantidades de compostos perigosos formados no processo de combustão[13].

1.5. A Indústria brasileira de cimento

O parque cimenteiro instalado no Brasil é constituído por 63 unidades de produção de cimento, com 51 fábricas de clínquer e cimento e 11 unidades de moagem de clínquer, e plantas em todas as Regiões Brasileiras, totalizando uma produção anual, em 2001, de 39,5 milhões de toneladas de cimento (SNIC, 2002)[14]. No Quadro Sinóptico II encontram-se apresentadas as características tecnológicas gerais da maioria das fábricas que constituem a indústria brasileira de cimento.

[13] Nesses episódios, as fábricas contam com suas brigadas de incêndio.
[14] As fábricas de cimento instaladas no Brasil estão listadas em Anexo na Tabela A.1

Quadro Sinóptico II – Características tecnológicas da indústria brasileira de cimento

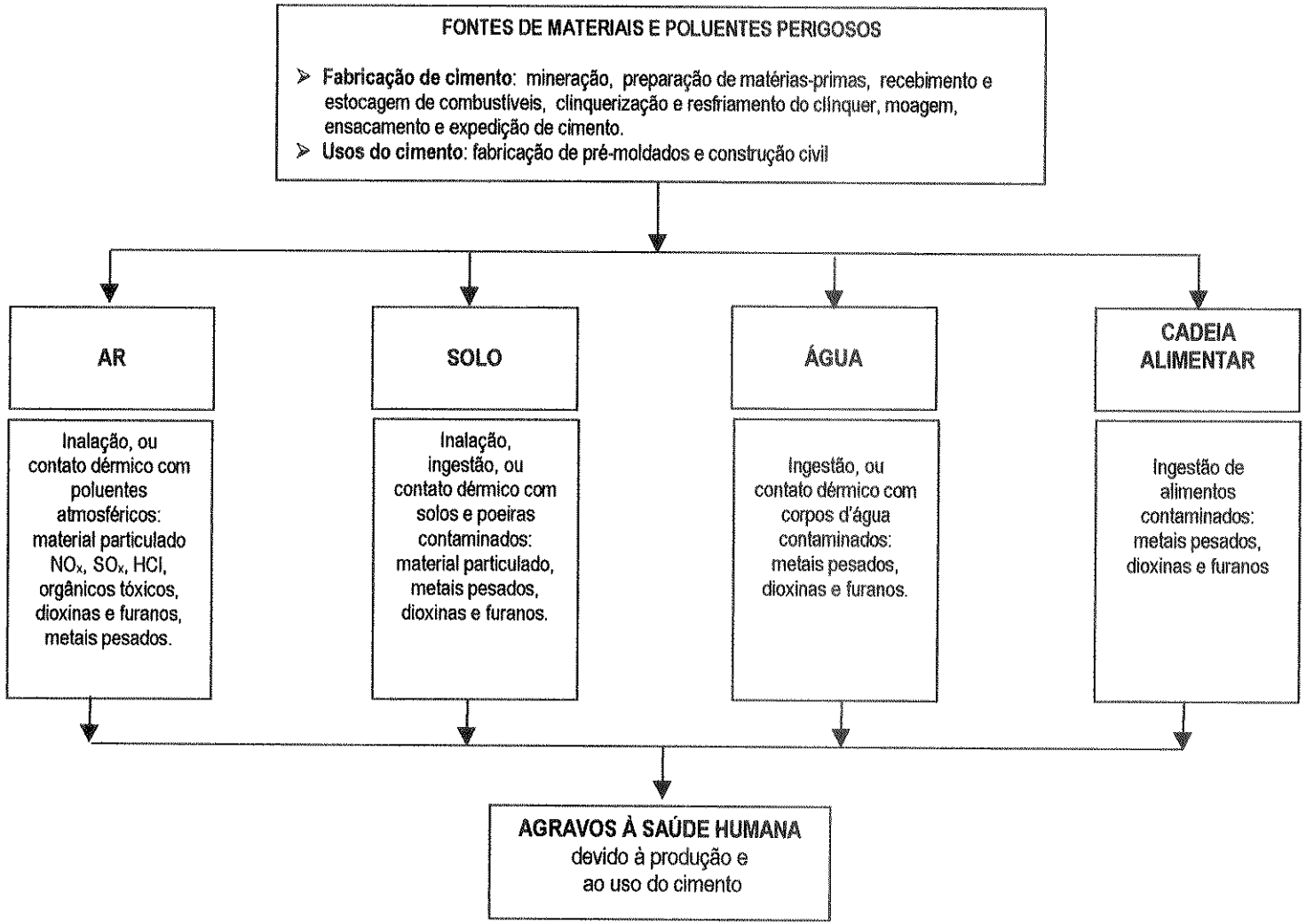
PARÂMETRO	DADO
Processo	via seca
Planta de clínquer	forno rotativo horizontal, pré-aquecedor, pré-calcinador, resfriador de clínquer
Sistema de moagem	75% dos moinhos operando em circuitos fechados
Utilização	98% da capacidade instalada no país
Consumo específico de energia térmica	3260 à 3770 kJ/kg de clínquer (780 à 900 kcal/kg de clínquer)
Consumo específico de energia elétrica	80 à 150 kWh/t, 70% nos sistemas de moagem
Combustíveis	óleo combustível, coque de petróleo, finos de carvão vegetal, resíduos industriais

Fonte: Santi (1997); BEN (2001)

A indústria brasileira de cimento apresenta elevada concentração industrial. Na década de 1990, observou-se grandes mudanças no controle acionário dos grupos cimenteiros, com o crescimento da participação de grupos internacionais – Holderbank, Lafarge e Cimpor – e alguns nacionais – Votorantim e Camargo Corrêa (Santi, 1997). Em 2001, o Grupo Votorantim foi responsável pela fabricação de 16 milhões de toneladas de cimento, o que correspondeu a 42% do total produzido. A segunda posição foi assumida pelo Grupo João Santos, responsável por 12% da produção. Os grupos Cimpor, Holcim contribuíram com 9% cada um, e os grupos Camargo Corrêa e Lafarge com 8 % cada um. As indústrias CP-Cimento, Soeicom, Itambé e Ciplan foram responsáveis por 5%, 3%, 2% e 2% da produção total, respectivamente (SNIC, 2002).

Os valores assumidos para a capacidade instalada de fabricação de cimento Portland da indústria nacional atingem 46 milhões de toneladas de cimento anuais (Marciano Jr., Kihara, 1997), podendo ser percebido um movimento permanente de modernização das plantas cimenteiras com a instalação de novos fornos e equipamentos, fato que, nos anos recentes se deveu muito mais à perspectiva de crescimento do mercado consumidor e ao aumento do controle ambiental, do que às políticas de conservação de energia, como ocorreu na década de 1970 em resposta aos choques do petróleo, e cujo marco foi a substituição do *processo via úmida* pelo *processo via seca*.

Figura 1.3 – Rotas de exposição humana aos materiais e poluentes perigosos da fabricação de cimento



Fonte: Adaptado de Sexton et al., citado por Freitas (1996)

A produção e o consumo de cimento no cenário brasileiro estão concentrados na Região Sudeste – 20 milhões de toneladas de cimento em 2001. Os principais pólos estão localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte – Municípios de Pedro Leopoldo, Vespasiano e Matozinhos –, em Minas Gerais; no Município de Cantagalo, no Rio de Janeiro; e no Município de Rio Branco do Sul, no Paraná.

A análise da participação dos Estados na produção de cimento brasileira mostra que a liderança é mantida por Minas Gerais, responsável por cerca de 23% do total de cimento produzido no Brasil, seguido de São Paulo, que contribui com 19%. Os Estados do Paraná e do Rio de Janeiro respondem por 10% e 8%, respectivamente, sendo que o restante da produção é distribuída entre os outros Estados da Federação – cerca de 40%, de acordo com a Tabela 1.2.

Tabela 1.2 - Brasil: Participação dos Estados na produção de cimento

ESTADO	QUANTIDADE PRODUZIDA (t/ano)				PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL			
	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
Minas Gerais	9.223	9.385	9.001	8.840	23,09	23,33	22,75	22,70
São Paulo	7.806	7.827	7.753	7.132	19,55	19,45	19,68	18,32
Paraná	3.992	3.793	3.815	4.100	9,99	9,43	9,64	10,53
Rio de Janeiro	3.213	3.139	2.916	2.743	8,04	7,80	7,37	7,04
Outros Estados	15.708	16.090	16.074	16.123	39,33	39,99	40,64	41,41
TOTAL	39.942	40.234	39.559	38.938	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Revista do SNIC (2001); SNIC (2002)

No ano 2000, o consumo brasileiro *per capita* de cimento atingiu o valor de 232 kg/hab/ano. O pequeno consumidor, por meio dos revendedores locais – *mercado formiga* – foi responsável por 72% do consumo de cimento. As concreteiras, os consumidores industriais[15], juntamente com os consumidores finais[16] responderam por 12%, 9% e 6%, respectivamente, das 39 milhões de toneladas de cimento consumidas no Brasil no ano referido (Revista do SNIC, 2001). O despacho do cimento para as regiões consumidoras é realizado, predominantemente, pelo modal rodoviário – 90% no ano 2000.

A produção mundial de cimento alcançou o total de 1.600 milhões de toneladas em 1999, com o Brasil ocupando a sexta posição, tanto no consumo, quanto na produção – os maiores produtores: China, com 573 milhões de toneladas; Índia, com 99 milhões de toneladas; Estados Unidos com 85 milhões de toneladas; Japão, com 83 milhões de toneladas e Coréia do Sul, com

[15] Cimento empregado na fabricação de pré-moldados, artefatos e fibro-cimento
[16] Construtoras e empreiteiras e órgãos públicos

49 milhões de toneladas. Ocupam posição de destaque a Itália, Alemanha, Espanha, Turquia, Tailândia, México, Indonésia, Rússia, Irã, Egito e França (Revista do SNIC, 2001). Já o consumo nacional de cimento, em 2000, ficou próximo de 40 milhões de toneladas de cimento. Os Estados maiores consumidores foram: São Paulo, 11,8 milhões de toneladas; Minas Gerais, 4,6 milhões de toneladas; Rio de Janeiro, 3,6 milhões de toneladas; Bahia e Paraná, 2,3 milhões de toneladas cada um; e Rio Grande do Sul, 2,1 milhões de toneladas.

1.5.1. Uso da energia na indústria brasileira de cimento

A indústria de cimento se constitui numa das principais atividades consumidoras de energia do setor industrial brasileiro. No ano 2000, consumiu o equivalente a 4,5 milhões de tEP para produzir 39,5 milhões de toneladas de cimento, o que corresponde a 5% do consumo total de energia do setor industrial (BEN, 2001)[17].

A maior parte do consumo de energia para fabricação de cimento ocorre na produção de clínquer – cerca de 63% – (Santi, 1997). À exceção do período posterior à crise do petróleo, quando o carvão mineral nacional e os finos de carvão vegetal passaram a ser os combustíveis principais para a geração de energia térmica na produção de cimento, a indústria cimenteira utilizou, preferencialmente, o óleo combustível em seus fornos de clínquer. A partir de 1997, observa-se o uso crescente de *coque de petróleo*[18] para a fabricação de cimento, confirmando a expectativa assinalada pelo Sindicato Nacional da Indústria do Cimento em seu relatório anual de 1995 (Santi,1997). A partir de 1999, o consumo de coque de petróleo pela indústria de cimento nacional tornou-se significativamente maior do que o consumo de óleo combustível – 33,7% contra 19,6% em 1999 e 38,1% contra 19,7% em 2000 – consolidando, assim, sua participação na matriz energética do setor brasileiro de produção de cimento. O óleo combustível, que em 1998 respondia por 40,8% do consumo final de energia da indústria de cimento nacional, passou a representar apenas 19% nos anos seguintes, evidenciando a opção pelo emprego do coque de petróleo em substituição ao tradicional óleo combustível 7A (BEN, 2001), como mostrado na Tabela 1.3.

---

[17] Não está considerada a energia consumida nas atividades de mineração de calcário e argila.

[18] Produto sólido resultante do coqueamento de resíduos pesados da destilação de petróleo, constituído essencialmente de carbono (90 a 95%). O PCI do coque de petróleo é 33560 MJ/t (8390 kcal/kg) e sua densidade igual a 1,04 t/m^3, em valores médios para o ano 2000. O coque de petróleo corresponde a 12 % do volume total produzido dos produtos das refinarias de petróleo classificados como "*derivados não energéticos*". No ano 2000, foram produzidos 1958 mil m^3 de coque de petróleo nas refinarias nacionais. O coque de petróleo importado – 1957 mil m^3 em 1999, e 2223 mil m^3 em 2000 –, segundo a mesma fonte, é originado da América do Norte (ANUÁRIO ESTATÍSTICO BRASILEIRO DO PETRÓLEO E DO GÁS NATURAL, 2001)

Tabela 1.3 - Brasil: consumo final de energéticos na produção de cimento

ENERGÉTICO	CONSUMO							
	(10^3 tEP)				(%)			
	1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000
Gás natural	32	45	50	71	0,8	1,1	1,2	1,6
Carvão Mineral	523	321	165	125	13,2	7,8	3,9	2,8
Lenha	1	8	13	13	<0,1	0,2	0,3	0,3
Óleo Diesel	20	21	25	24	0,5	0,5	0,6	0,5
Óleo combustível	1722	1687	830	884	43,4	40,8	19,6	19,2
Eletricidade (1)	1250	1289	1309	1254	31,5	31,2	31,0	28,0
Carvão vegetal	235	198	150	152	5,9	4,8	3,6	3,4
Coque de petróleo	97	460	1425	1708	2,4	11,1	33,7	38,1
Outras (2)	90	106	257	251	2,3	2,5	6,1	5,6
TOTAL	3970	4135	4224	4480	100,0	100,00	100,00	100,00

(1) Fator de conversão: 0,29 tEP/MWh (BEN, 2001)
(2) Gás natural, lenha, óleo diesel e outras fontes não especificadas
Fonte: BEN (2001)

A análise da eficiência energética da indústria de cimento para o período 1980 – 2000 mostra que a evolução do consumo específico de energia para fins térmicos acompanha a evolução do consumo específico de energia total. Houve uma redução no consumo específico de energia térmica no período compreendido entre 1980 e 1994 e, nos anos seguintes, verifica-se ligeira tendência de crescimento nos valores desse indicador de eficiência energética, comportamento que pode ser justificado pelo fato de que as medidas de conservação de energia na década de 80 priorizaram a energia para fins térmicos[19]. Com a recente crise do setor elétrico, é provável que medidas de conservação de energia elétrica tenham sido adotadas, o que estará consolidado nos próximos balanços energéticos publicados pelo Ministério de Minas e Energia.

Além dos combustíveis considerados tradicionais, as fábricas de cimento instaladas no Brasil utilizam resíduos industriais como combustíveis complementares nos fornos de clínquer, prática que se iniciou nos anos 70, quando resíduos como alcatrão, casca de arroz, serragem, moinha de coque e finos de carvão vegetal foram empregados para suprir a escassez da oferta de óleo combustível. Atualmente, outros tipos de resíduos industriais – lamas de estação de tratamento de efluentes industriais, solventes usados, óleos lubrificantes queimados, borras oleosas, borras de tinta, borras de retífica, coque de petróleo, plásticos dentre outros –, somam-se

[19] A evolução do consumo específico de energia do setor brasileiro de produção de cimento está apresentada na Tabela A.2, no Anexo.

aos resíduos da agroindústria e das siderúrgicas para compor o elenco de materiais que estão sendo tratados nas plantas cimenteiras (Santi, Sevá, 1998). Essa prática tomou forte impulso a partir de 1996, com os trabalhos de normatização da atividade promovidos pelos órgãos ambientais de São Paulo e de Minas Gerais, que culminaram com a aprovação, em 1998, das normas estaduais e, no ano seguinte, com a publicação de Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente tratando do assunto (Kihara, 1999).

Ao analisar o quadro do consumo final de energia no setor brasileiro de fabricação de cimento, observa-se que o consumo de energéticos apresentados na rubrica "*outras fontes não especificadas*" apresentam uma tendência de crescimento a partir de 1997. Em 1999 e 2000, esse conjunto de energéticos representou 8% do consumo final do setor cimento, valores percentuais duas vezes maiores que os registrados para o carvão vegetal no mesmo período.

Esses fatos evidenciam, assim, a alteração na matriz energética do setor brasileiro de produção de cimento, que passa a agregar, na atualidade, dois novos insumos: *o coque de petróleo* e os *resíduos industriais*.

1.6. A indústria de cimento em Minas Gerais

A indústria de cimento é um dos setores produtivos mais importantes do Estado de Minas Gerais. As extensas reservas de calcário, somadas à localização geográfica do Estado, que favorece o escoamento da produção para os grandes centros consumidores, consolidaram sua posição de maior produtor de cimento no cenário nacional.

O parque cimenteiro de Minas Gerais é formado por 10 fábricas instaladas em quatro pólos localizados na *Região Metropolitana de Belo Horizonte*, com fábricas nos municípios de Pedro Leopoldo, Vespasiano e Matozinhos; na *região Sudoeste* de Minas, com fábricas nos municípios de Uberaba, Arcos e Itaú de Minas; na *região de Barbacena*, com fábricas nos municípios de Barroso e Carandaí; e na *região Norte*, com uma fábrica no município de Montes Claros; e duas unidades de moagem – uma na região do Rio Doce, instalada no município de Mesquita, Distrito de Santana do Paraíso, que fabrica cimento de alto forno utilizando clínquer produzido na fábrica da Camargo Corrêa de Pedro Leopoldo; e a segunda, a Cimento Davi, recentemente instalada em Santa Luzia[20], município da Região Metropolitana de Belo Horizonte, que fabrica cimento com

[20] A fábrica começou a operar no segundo semestre de 2001. A Licença de Operação foi concedida em 11-7-2001.

clínquer importado do continente asiático e escória básica de alto forno da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira.

A produção anual das fábricas de cimento mineiras foi de 9 milhões de toneladas em 2000 (Revista do SNIC, 2001), nível que vem se mantendo há alguns anos, mas que deverá elevar-se com a implantação da nova fábrica da Camargo Corrêa Cimentos no município de Ijací, na região Sudoeste do Estado. A Tabela 1.4 apresenta dados da produção de cimento para as fábricas de Minas Gerais para o triênio 1998-2000.

Tabela 1.4 – Minas Gerais: Produção segundo as fábricas

FÁBRICA	MUNICÍPIO	PRODUÇÃO (10^3 t)		
		1998	1999	2000
Camargo Corrêa Cimentos	Pedro Leopoldo Santana do Paraíso	1416	1387	1333
Holcim Brasil (Grupo Holderbank)	Pedro Leopoldo	1590	1425	1491
Soeicom (Família Chapalimaud)	Vespasiano	1277	1301	1171
Brasil Béton (Grupo Lafarge)	Matozinhos	910	896	896
Holcim Brasil (Grupo Holderbank)	Barroso	1101	1228	1431
Tupi (Grupo Tupi Corany)	Carandaí	341	484	365
Itaú (Grupo Votorantim)	Itaú de Minas	1489	1582	1676
CMOC (1) (Grupo Lafarge)	Arcos (cidade)	141	159	8
CMOC (1) (Grupo Lafarge)	Arcos (jazida)	-	194	456
CMOC (Grupo Lafarge)	Uberaba	125	128	105
Matsulfur (Grupo Lafarge)	Montes Claros	833	601	367
Cimento Davi (empreendedor independente)	Santa Luzia	-	-	-
TOTAL		**9223**	**9385**	**9001**

(1) A fábrica foi transferida para área próxima à mineração
Fonte: Revista do SNIC (2001)

O transporte de cimento produzido nas fábricas mineiras é realizado, preferencialmente, pelo modal rodoviário. No ano 2000, 7,5 mil toneladas de cimento, correspondendo a mais de 80% do total de cimento despachado, foram transportadas em caminhões. O restante, 1,5 mil toneladas, seguiu pelo modal ferroviário.

Os dados do Balanço Energético Estadual mostram que o consumo de energia da indústria de cimento instalada em Minas Gerais foi de 818 mil tEP em 1999, o que correspondeu a 8 % da energia total consumida pelo parque industrial mineiro[21], colocando o setor de fabricação de cimento como um dos principais consumidores de energia do Estado (BEE-MG, 2000).

O consumo de eletricidade nas plantas de cimento correspondeu a 99 mil tEP, representando 12% do consumo final de energia em 1999.

O óleo combustível vem se mantendo, ao longo da década de 90, como o principal combustível empregado para geração de energia térmica nas plantas de clínquer. Os finos de carvão vegetal, que tornaram-se importante insumo energético para as indústrias de cimento instaladas em Minas Gerais a partir dos anos 80, perderam sua posição de segundo colocado para os energéticos citados como "*outras fontes secundárias*", constituídas, no caso das indústrias de cimento, de *coque de petróleo* e *alcatrão* proveniente de coquerias e carvoarias. Em 1999, o consumo final de óleo combustível foi de 465 mil tEP (56,8%), o de carvão vegetal 93 mil tEP (11,4%) e o das "*outras fontes secundárias*" 103 mil tEP (12,6%), verificando-se um aumento de mais de 60% no emprego desse energético em relação ao ano anterior (BEE-MG, 2000). Entretanto, não ocorreu uma expansão do emprego de coque de petróleo para a fabricação de clínquer nos mesmos níveis registrados no País em 1999[22], o que pode ser justificado pela utilização, ainda significativa, dos finos de carvão vegetal, e pela substituição de parcela dos combustíveis convencionais por outros resíduos industriais.

No contexto histórico da crise do petróleo, a utilização de resíduos como *energéticos alternativos* em substituição ao óleo combustível foi prática adotada também por algumas plantas de produção de cimento instaladas em Minas Gerais, e não cessou. Porém, somente nos anos 90 o emprego de resíduos nos fornos de clínquer passou a ser visto como uma opção economicamente interessante pelas fábricas de cimento, evidenciando-se, a partir de então, um movimento crescente para a implantação de sistemas tecnológicos de alimentação desses materiais nos fornos rotativos e o aparecimento de um mercado regional de resíduos, fenômeno que vem ocorrendo também em outros estados brasileiros produtores de cimento.

O emprego de resíduos como combustíveis em fornos de clínquer nas fábricas de cimento de Minas Gerais, como assinalado, é prática que remonta à época da crise do petróleo na década

[21] De acordo com o BEE-MG (2000), o consumo total de energia do setor industrial de Minas Gerais foi de 10,7 milhões de tEP em 1999.

[22] A CEMIG, responsável pela elaboração do Balanço Energético Estadual, não publicou o BEE-MG incluindo os dados relativos aos anos 2000 e 2001.

de 70, espelhando o cenário nacional de então, mas somente em 1991, com a concessão da Licença de Operação à fábrica Holcim[23] de Pedro Leopoldo, é que a atividade oficializa-se no Estado de Minas Gerais, apresentando-se com nova roupagem, pois agora é considerada uma ação coordenada entre as indústrias cimenteiras e as geradoras de resíduos, *contextualizada na esfera ambiental*, e vista pelos geradores, com aprovação dos órgãos de meio ambiente, como uma *solução definitiva* para a destinação dos rejeitos indesejáveis gerados nos processos industriais.

Cinco das dez fábricas de cimento instaladas em território mineiro têm licença do Conselho de Política Ambiental – COPAM, órgão deliberativo do Sistema Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais, para processar resíduos em seus fornos de clínquer – Holcim – Unidade de Pedro Leopoldo e Unidade de Barroso, Camargo Corrêa Cimentos, Soeicom e Cia Cimento Portland Itaú. Empresas do grupo Lafarge e a Cimento Tupi estão se movimentando para obter essa autorização, o que demonstra que o interesse das fábricas de cimento em co-incinerar resíduos está se ampliando.

A análise da eficiência energética da indústria de cimento instalada em Minas Gerais para o período 1980 – 1999 mostra que a evolução do consumo específico de energia para fins térmicos acompanha a evolução do consumo específico de energia total, espelhando o cenário nacional. Observa-se uma redução no consumo específico de energia térmica no período, a qual pode ser justificada pelo fato de que as medidas de conservação de energia priorizaram a energia para fins térmicos[24].

Nota-se que o consumo de energia para fins térmicos na produção de cimento não reflete as opções pelo emprego de determinados energéticos nas diversas fábricas. Há uma estreita relação entre a composição da matriz de insumos energéticos para fins térmicos e o preço e a disponibilidade desses insumos no mercado, fazendo com que cada fábrica procure a opção que concilie menor custo e oferta regular (Santi, 1997). A opção pela co-incineração de resíduos como combustíveis complementares, sob a perspectiva da indústria de cimento, é uma demonstração dessa afirmativa.

[23] À época, a razão social da empresa era Holdercim do Brasil – Divisão CIMINAS

[24] A evolução do consumo específico de energia do setor de produção de cimento de Minas Gerais está apresentada na Tabela A.3, no Anexo.

Capítulo 2

Resíduos na cadeia produtiva do petróleo e da indústria em geral. Definições e argumentações do tratamento térmico, da co-incineração e do co-processamento

O objetivo deste Capítulo é: (a) analisar as rotas de geração e de destinação de resíduos industriais que, preferencialmente, estão sendo processados nos fornos rotativos de clínquer de fábricas de cimento; (b) apresentar as diretrizes e regulamentações para a co-inicneração de resíduos em fornos de clínquer; (c) demonstrar o interesse crescente do gerador de resíduos por essa forma de destinação para seus rejeitos e analisar os arranjos empresariais que estão sendo montados – mercado de resíduos, gestores de resíduos, centrais de pré-tratamento e destinação de resíduos –, de forma a evidenciar algumas faces do cenário onde o sistema pesquisado se insere.

2.1. Introdução

Como resultado do modelo de desenvolvimento e dos padrões de consumo da sociedade moderna, é cada vez maior a quantidade de *resíduos*[25] produzidos nos sistemas industriais e maiores os impactos negativos sobre a saúde humana e a qualidade do meio ambiente causados pela geração, manipulação e destinação desses materiais.

Os resíduos entraram na pauta das discussões mundiais sobre os grandes problemas ambientais no Encontro de Founeux[26], realizado em junho de 1971, na Holanda, quando analisou-se a *relação intensa e circular entre meio ambiente e desenvolvimento* (Sachs,I., 1993). O marco histórico para a integração dos resíduos ao conjunto de poluentes que deveriam ser controlados foi o reconhecimento pelas autoridades americanas, em 1976, dos agravos à saúde da população que residia nas proximidades do *Love Canal*, em *Niagara Falls*, causados pela contaminação do ar e do solo devido ao descarte de resíduos perigosos realizado, durante muitos anos, pelas indústrias locais.

---

[25] O termo "*resíduo*" é uma generalização para milhares de tipos, tamanhos e configurações de materiais que, aparentemente, não têm utilidade. Lixo doméstico, entulhos de construções, restos de laboratório, rejeitos de processamento industrial e de extração mineral, por exemplo, são todos denominados resíduos. Resíduos industriais são os resíduos que resultam da atividade industrial, incluindo os lodos provenientes das instalações de tratamento de efluentes líquidos e aqueles gerados nos equipamentos de controle da poluição atmosférica.

[26] O Encontro de Founeux antecedeu a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano realizada em Estocolmo em 1972.

Várias recomendações, regulamentações, normas e leis foram, então, propostas pelas autoridades ambientais, de diversos países, com o objetivo de evitar que novos episódios ocorressem envolvendo os resíduos industriais, tomando-se como base para as ações de controle o *estabelecimento de um conjunto de diretrizes para a geração e destinação de resíduos*, diferentemente das políticas adotadas para o controle da poluição do ar e das águas, que previram padrões de emissão e de qualidade ambiental.

Ao *manejo ambientalmente saudável dos resíduos perigosos*[27] foi dedicado um capítulo inteiro na *Agenda 21* – principal documento produzido na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro em 1992 –, onde foi reconhecido que "*o controle efetivo da geração, do armazenamento, do tratamento, da reciclagem e reutilização, do transporte, da recuperação e do depósito de resíduos perigosos é de extrema importância para a saúde do homem, a proteção do meio ambiente, o manejo dos recursos naturais e o desenvolvimento sustentável*". O documento recomenda "*a prevenção e a redução, ao mínimo, da geração de resíduos perigosos; o fortalecimento da capacidade institucional de manejo dos resíduos perigosos; o fortalecimento da cooperação internacional dos movimentos transfronteiriços dos resíduos perigosos; o tráfico internacional ilícito dos resíduos perigosos; e a ratificação da Convenção de Basiléia sobre o Controle dos Movimentos Transfronteiriços dos Resíduos Perigosos*[28]" (Brasil/MMA, 2002).

O *gerenciamento de resíduos industriais*, como concebido pelas políticas públicas de meio ambiente, pode ser entendido como um conjunto de práticas que englobam o controle sistemático da geração, coleta, segregação na fonte, estocagem, manipulação, transporte, tratamento, reciclagem e disposição no solo, com o objetivo principal de preservar, proteger e melhorar a qualidade do meio ambiente (Wentz, 1989), não causar prejuízos à saúde humana, e assegurar uma utilização prudente e racional dos recursos naturais.

Dentro dessa concepção, muitos métodos, técnicas, equipamentos e produtos foram desenvolvidos para proporcionar ferramentas dinâmicas e inter-relacionadas adequadas à

---

[27] "***Resíduos perigosos*** são definidos como aqueles que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, toxicidade, reatividade e patogenicidade podem apresentar riscos ou problemas crônicos à saúde humana, contribuindo para um aumento da mortalidade ou da incidência de doenças, ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados e dispostos de forma inadequada" (Norma NBR 10004).

[28] A *Convenção de Basiléia* foi adotada em 1989 como resposta da comunidade internacional para os problemas causados pela geração de milhões de toneladas de resíduos perigosos em todo o mundo e das quais 10%, cerca de 40 milhões de toneladas, cruzam as fronteiras nacionais. O tratado regula não somente o movimento transfronteiriço

implantação de programas de gerenciamento de resíduos industriais, que podem ser agrupadas, de acordo com sua função, em *tecnológicas* – para a minimização da geração de resíduos industriais na fonte (novas tecnologias, medidas de conservação de energia e consumo de matérias-primas, modificações no processo e no produto); para a recuperação e a reciclagem de resíduos (técnicas de segregação, manuseio e transporte, tecnologias para reaproveitamento na própria unidade industrial onde o resíduo foi gerado ou em outras); para o tratamento do resíduo, com objetivo de minimizar sua periculosidade ou seu volume (tecnologias para tratamentos biológicos e físico-químicos); e para a correta disposição do resíduo no solo (projetos para aterros de resíduos industriais) –; em *normativas* – normas da ABNT, dos órgãos ambientais e de outras instituições públicas –; e *legais e reguladoras* – leis e decretos nos níveis federal, estadual e municipal, resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente e instrumentos correspondentes das esferas estadual e municipal, além das portarias inter-ministeriais.

Os programas para gerenciamento de resíduos industriais no Brasil têm como referência a metodologia proposta pela *US Environmental Protection Agency - USEPA*, que se baseia numa *série de etapas de decisão*, aplicadas seqüencialmente, em ordem decrescente de interesse (Lindgren, 1989): 1ª. prevenção da geração; 2ª minimização da quantidade gerada; 3ª segregação e concentração; 4ª reutilização; 5ª reciclagem; 6ª tratamento; 7ª disposição final[29]; e em diversos níveis, ou seja, para um resíduo específico, para uma unidade industrial, ou para subsidiar a definição de programas regionais de gerenciamento de resíduos pelo órgão ambiental, por exemplo.

Em 1989, o PNUMA propôs uma estratégia para ação preventiva, conhecida como *P+L – Produção Mais Limpa*, com o objetivo de aumentar a eficiência ambiental das indústrias e reduzir os riscos ao homem e ao meio ambiente causados pela poluição. Ela se aplica tanto aos processos produtivos – conservação de matérias-primas e energia, eliminação de matérias-primas tóxicas e redução da quantidade e toxicidade dos resíduos e emissões –; quanto aos produtos – redução dos impactos negativos ao longo do seu ciclo de vida. A estratégia P+L requer mudanças de atitude, gerenciamento ambiental responsável e avaliação de alternativas tecnológicas, e é representada pela equação seguinte:

---

desse lixo perigoso, como também obriga os países signatários a se certificarem de que tais resíduos serão tratados e dispostos de forma adequada, e atua na prevenção do tráfico ilegal desse lixo (Brasil PNUMA, 1998).

[29] A hierarquia estabelecida pela União Européia para o gerenciamento de resíduos prevê quatro etapas: 1. *redução da geração*, 2. *reutilização* dos resíduos para a finalidade inicial ou outros fins, 3. a *reciclagem* e *valorização* (dar utilização aos resíduos, aproveitando os recursos nele existentes) e 4. *eliminação* (disposição em aterros ou incineração) (Biarnes, 1999).

produção industrial + proteção ambiental = desenvolvimento sustentável

No ano seguinte, a USEPA estabeleceu que a prevenção da geração de poluentes passa a ser o objetivo maior dos programas de gestão ambiental. A estratégia é conhecida como *P2 – Prevenção da Poluição* e pode ser entendida como qualquer prática, técnica ou tecnologia que implique na redução das quantidades de poluentes geradas[30]. A estratégia P2 impõe mudança de conceito: o objetivo dos programas de gerenciamento de resíduos voltam-se para a redução (ou eliminação) da geração, em contraposição às ações adotadas até então, direcionadas para o controle e a remediação da poluição[31].

Aos resíduos que são inevitavelmente gerados deve ser dada alguma destinação de acordo com o que está prescrito nas regulamentações ambientais e com as tecnologias disponíveis. No Brasil, a classificação dos resíduos quanto aos seus riscos potenciais à saúde pública e ao meio ambiente, segundo a norma NBR 10004[32] – Classe I: Perigoso; Classe II: Não Inerte; ou Classe III: Inerte – é o ponto de partida para a escolha da forma de destinação. A classificação é também parâmetro indicativo da necessidade de maior rigor no controle das operações de manuseio, armazenamento e transporte desses materiais.

A utilização de resíduos como combustíveis complementares ou como matérias-primas secundárias nos fornos de clínquer de plantas de fabricação de cimento trata-se, na perspectiva do gerador do resíduo, portanto, de uma opção para a destinação desse poluente. De acordo com a metodologia da USEPA, ele será submetido a um *tratamento por meio de um processo químico*, cujo resultado será o aproveitamento de seu conteúdo energético para geração de energia térmica – co-incineração – necessária ao processo de clinquerização, e a integração da sua fração inorgânica ao clínquer.

O tratamento térmico de resíduos em fornos de clínquer não pode ser considerado como uma prática de P2 ou de P+L, pois a reciclagem do resíduos com recuperação de energia ou substituição de matéria-prima em unidades externas à fonte geradora e o tratamento químico propriamente dito, são procedimentos que não implicam na redução da quantidade de resíduos gerados.

---

[30] As práticas de reciclagem fora do processo, tratamento e disposição dos resíduos gerados não são consideradas atividades de P2, uma vez que não implicam na redução das quantidades de resíduos ou poluentes na fonte geradora, mas atuam de forma corretiva sobre os efeitos e as conseqüências associadas ao resíduo gerado.

[31] A CETESB adota as diretrizes de P2 como base para os programas de gestão ambiental a serem implementados pelo setor produtivo no Estado de São Paulo (CETESB, 2002).

[32] ABNT NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação (em revisão).

Os programas de gerenciamento de resíduos propostos para as fábricas instaladas no Brasil evidenciam que iniciativas para a redução da geração de resíduos na fonte, ou minimização da toxicidade dos rejeitos nas plantas industriais não estão na pauta das prioridades do setor industrial brasileiro. Percebe-se uma preocupação crescente com a destinação dos resíduos gerados, mas as opções são aquelas que envolvem menor custo, ou aquelas que podem dar algum retorno financeiro rápido, como a reutilização e a reciclagem. A vantagem econômica passa a ser uma forma de estímulo, mas tal postura não retrata as diretrizes estabelecidas para o gerenciamento de resíduos no contexto do desenvolvimento sustentável.

Pode-se especular que a destinação de resíduos aos fornos de clínquer contribui, mesmo que involuntariamente, para que o industrial relaxe em relação à implantação de práticas para a minimização da geração de resíduos. Há uma certa comodidade para o gerador quanto aos resultados, "*rápidos e eficientes*", da "*destruição definitiva*" de seus resíduos nos fornos de clínquer. O emprego do termo "*destruição*" associado ao tratamento térmico de resíduos é usual entre os técnicos da área ambiental e está assinalado nas regulamentações e nos procedimentos normativos que tratam do assunto – Resolução CONAMA nº 264, de 26-8-1999, Resolução CONAMA nº 316, de 29-10-2002 e norma ABNT NBR 11 175, dentre outros – como indicador da eficiência do processo de queima de resíduos em incineradores ou em fornos de clínquer. O termo é originado da legislação americana, que faz referência à *Destruction and Removal Efficiency*. A adoção desta terminologia pode prejudicar o entendimento sobre a eficiência do processo, pois não ocorre destruição definitiva, uma vez que há formação de novos compostos devido à combustão incompleta da massa de resíduos ou pela reação entre os compostos químicos presentes nos gases de combustão, os quais também apresentam algum grau de periculosidade e serão emitidos para o meio ambiente em alguma extensão. Tal terminologia pode tornar-se uma armadilha, diante da Lei de Conservação da Massa, para os mais desavisados.

Dada a complexidade do processo – misturas de materiais (matérias-primas, combustíveis e resíduos) muito variada; e reações químicas complexas que ocorrem dentro da planta de clinquerização –, é muito difícil, para não dizer impossível, identificar qualquer pista sobre os responsáveis pelas contaminações que poderão advir de tal prática.

Nos Estados Unidos e nos países da União Européia, assim como no Brasil, as discussões sobre o emprego de resíduos nos fornos de clínquer está inserido no universo do gerenciamento ambiental, embora pode-se verificar que o início dessa prática ocorreu como resposta aos

choques do petróleo da década de 1970, um problema de planejamento energético, como largamente anunciado nos estudos realizados à época.

O emprego de resíduos como combustíveis alternativos ou complementares para a geração de energia térmica nos fornos de clínquer é vista, nos dias de hoje, como um ganho ambiental, e ainda não está sendo avaliada no cenário do planejamento energético, mesmo com as evidências que já sinalizam para a mudança da matriz energética das fábricas de cimento, o que, aliás, é uma característica desse setor produtivo – a constante busca por energéticos de baixo custo, associada às possibilidades tecnológicas para processamento dos mais variados tipos de combustíveis, faz com que a matriz energética das cimenteiras esteja sempre se alterando. A opção por determinado combustível é determinada pela relação custo/benefício, visando tornar o preço do cimento mais competitivo.

No contexto atual, a co-incineração de resíduos em fornos de clínquer insere-se no universo dos sistemas energéticos, mas está sendo tratada pelos setores governamentais pela ótica ambiental, o que é muito interessante para as fábricas de cimento e para os próprios analistas ambientais, pois essa forma de abordagem reduz a *complexidade do sistema* a um único ponto: a destinação *segura e eficiente* de resíduos perigosos que poderiam contaminar o meio ambiente, causando efeitos danosos à saúde humana, tendo em vista as vantagens operacionais dos fornos de clínquer em relação aos incineradores; e, ao mesmo tempo, a ela podem ser associados ganhos: reduz a poluição que será causada pela disposição dos resíduos em aterro – ou pelo descarte inadequado –, recupera energia e promove economia de recursos naturais – combustíveis não renováveis e matérias-primas –, o que a sociedade pode perceber com facilidade. Para o setor industrial, entretanto, o apelo é essencialmente econômico, "*quer seja em virtude do custo da energia, uma vez que o combustível responde por um terço dos custos da produção do cimento, quer seja em função da ampliação da vida útil das jazidas de calcário*" (Maringolo, 2001).

Gordóbil (1997) expressa a forma de pensamento predominante: "*a ignorância (dos leigos) sobre as características do forno de clínquer faz com que a queima de resíduos seja interpretada como uma simples fonte de poluição. É essencial que a atividade seja vista como uma contribuição da indústria de cimento à sociedade: oferece a oportunidade para dispor resíduos que não podem ser reciclados em condições ambientais seguras, a um custo razoável*".

2.2. Tratamento térmico de resíduos em processos de incineração

As leis e regulamentações ambientais que foram estabelecidas impuseram, de forma crescente, restrições ao descarte inadequado dos resíduos gerados nas instalações industriais. A implantação de aterros projetados e construídos considerando-se o grau de periculosidade dos resíduos e as normas técnicas estabelecidas constituiu-se, inicialmente, na escolha principal dos geradores. Os aterros foram implantados em áreas industriais próprias, ou os resíduos encaminhados para centrais de tratamento, de propriedade de terceiros, que se instalaram para prestar esse tipo de serviço, assumindo, conjuntamente com os geradores a responsabilidade pelos materiais recebidos e eventuais danos a eles associados.

O grau de periculosidade de alguns resíduos influenciaram nas decisões sobre a forma a ser adotada para sua destinação, evidenciando a preocupação crescente de alguns geradores quanto ao risco de contaminação ambiental ao longo do tempo e os ônus que disso poderiam advir. A incineração tornou-se, então, uma opção atraente, pois o processo de decomposição térmica por meio da oxidação em temperaturas elevadas oferece vantagens visíveis como método de destinação de resíduo, com a redução do volume a uma pequena fração dos valores iniciais – embora as cinzas produzidas possam aumentar a toxicidade das frações inorgânicas devido ao aumento da concentração de metais pesados. Além disso, para alguns tipos de resíduos, a incineração é prescrita pelas agências ambientais como o *tratamento padrão* para esses materiais, citando-se como exemplos os resíduos contaminados com pesticidas e bifenilas policloradas.

As características físico-químicas de um resíduo determinam se é possível sua destinação aos incineradores. A composição química, particularmente o teor de constituintes orgânicos, a presença de compostos halogenados e sulfurosos, o teor de nitrogênio e compostos nitrogenados, de metais pesados e de cinzas são parâmetros observados quando a opção para a destinação do resíduo é a incineração. As características dos resíduos e seu comportamento durante a combustão determinam como devem ser misturados, estocados e introduzidos na zona de queima do incinerador. Atualmente, a incineração é considerada a melhor solução para o tratamento de resíduos altamente persistentes – organoclorados –, tóxicos e muito inflamáveis, e não é recomendada para resíduos inorgânicos e resíduos com teores elevados de umidade e de metais pesados (Rocca et al., 1993).

O processo de incineração de resíduos é constituído de quatro etapas: preparação do resíduo para a queima; combustão do resíduo; tratamento dos gases efluentes; acondicionamento e disposição em aterros das cinzas e dos resíduos gerados nos sistemas de tratamento de efluentes

atmosféricos. Diversos tipos de incineradores, com graus de complexidade variados, foram projetados. Os *incineradores de injeção líquida* e os *incineradores de forno rotativo* são os dois tipos mais empregados na incineração de resíduos industriais (Rocca et al., 1993; Wentz, 1989).

A eficiência do processo de incineração está diretamente relacionada à concentração de oxigênio na zona de combustão, à temperatura de chama, à turbulência e ao tempo de residência dos materiais no forno. É determinada considerando-se a extensão da remoção dos principais compostos orgânicos perigosos presentes no resíduo[33].

A incineração é também uma fonte de resíduos secundários: as cinzas, as escórias e as emissões atmosféricas que são geradas representam risco para o meio ambiente. O tratamento térmico de resíduos é fonte de emissão de gases ácidos, dioxinas e metais como o mercúrio, o cádmio e o chumbo.

No Brasil, a eficiência do processo de incineração é avaliada segundo padrões de desempenho estabelecidos na norma NBR 11175[34] e na Resolução CONAMA nº 316[35], destacando-se os seguintes: compatibilidade do resíduo com o projeto do incinerador; excesso de ar para garantir a eficiência de queima e minimizar a formação de produtos de combustão incompleta; temperatura mínima dos gases na saída do pós-combustor igual ou superior a 1200°C; tempo mínimo de residência dos sólidos igual ou superior a 30 minutos para os incineradores de forno rotativo. Além disso, recomendam a realização de teste de queima para comprovar a "*eficiência de destruição e de remoção*" dos *principais compostos orgânicos perigosos* – PCOPs ($\eta \geq 99{,}99\%$) e das *bifenilas policloradas* – PCBs ($\eta \geq 99{,}999\%$) (ABNT, 1990).

Foram estabelecidos padrões de emissão para alguns poluentes atmosféricos: ácidos halogenados, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, dioxinas e furanos, material particulado total e material particulado inorgânico, neste caso, como a somatória das concentrações de metais pesados e seus compostos – cádmio, mercúrio, tálio, arsênio, cobalto, níquel, selênio, telúrio, estanho, chumbo, cromo, cobre, manganês, paládio, ródio, vanádio antimônio, platina – , cianetos e fluoretos facilmente solúveis.

---

[33] Os principais compostos orgânicos perigosos – PCOPs – são selecionados entre os compostos presentes num dado resíduo que constam da Listagem nº 4 da NBR 10004 e que são difíceis de serem queimados.
[34] ABNT NBR 11175: Incineração de resíduos sólidos perigosos – padrões de desempenho
[35] Resolução CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002, que dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos (no caso dos industriais, em incineradores).

A necessidade da disposição dos resíduos do processo de incineração – cinzas e lodos gerados no tratamento de efluentes do sistema de lavagem dos gases de combustão – em aterros, juntamente com os custos do tratamento, são apontados como os principais pontos negativos desta forma de destinação de resíduos.

No Brasil, há sete unidades de incineração – Tribel, no Rio de Janeiro; Basf, Clariant, Teris, Elanco, em São Paulo; Cetrel na Bahia e Cinal, em Alagoas –, que totalizam a capacidade para incinerar 52 mil toneladas de resíduos perigosos por ano[36] (Cerqueira, 2000; Freitas, 2001). Esses equipamentos estão estrategicamente instalados em distritos industriais, como é o caso dos incineradores da Cetrel, no Pólo Petroquímico de Camaçari, e da Cinal, no Pólo Cloroquímico de Alagoas, ou próximos às plantas produtivas das empresas a que pertencem. Além de atenderem à demanda das unidades fabris associadas, prestam serviços a terceiros, incinerando resíduos dos mais diversos segmentos industriais: automobilístico, alimentício, eletrônico, farmacêutico, petroquímico, químico, veterinário, entre outros. As unidades de incineração cobrem a fatia do mercado de tratamento térmico de resíduos perigosos que, de acordo com as normas e regulamentações ambientais, não podem ser co-incinerados nos fornos de clínquer das fábricas de cimento.

No cenário brasileiro, observa-se que as empresas incineradoras, *por medida de segurança*, terceirizam os serviços de disposição final de resíduos gerados no processo de combustão (cinzas e escórias), que são encaminhados para aterros, escolhidos a critério do gerador do resíduo, abrindo novas oportunidades no mercado de aterros industriais (Cerqueira, 2000), mas contribuindo para a disseminação dos riscos associados aos resíduos perigosos.

2.3. Tratamento térmico de resíduos em fornos de clínquer

O agravamento da crise energética mundial configurada pelos choques do petróleo ocorridos na década de 70 generalizou o emprego de combustíveis alternativos para atender as demandas de energia térmica dos processos industriais. A indústria de cimento refletiu o quadro de escassez na oferta de derivados de petróleo com a utilização em maior escala de resíduos em substituição aos combustíveis tradicionalmente empregados. Esse movimento retratou um cenário no qual as indústrias tentavam identificar novos materiais combustíveis, não havendo nele relação com compromissos ambientais para destinação dos resíduos gerados.

[36] A Tabela A.4, no Anexo, apresenta o perfil dos incineradores instalados no Brasil que prestam serviços a terceiros.

Nos anos 80, o afloramento da conscientização dos problemas ambientais decorrentes da destinação inadequada dos grandes volumes de resíduos que iam sendo produzidos ou que estavam estocados induziu a regulamentação e o controle da geração e destinação desses poluentes e a necessidade da adoção de novas posturas pelo setor industrial em relação ao seu gerenciamento. Ao mesmo tempo, ocorreu a regularização do mercado de óleo combustível e a maioria das indústrias de cimento optou por reutilizar os energéticos tradicionais, embora algumas unidades industriais continuassem a alimentar resíduos em seus fornos de clínquer (Santi, 1997).

Ainda que se tenha constatado que a indústria de cimento européia, norte americana e mesmo brasileira co-incineram resíduos em fornos de clínquer há algum tempo (Santi, 1997), no Brasil, somente a partir da segunda metade da década de 90 é que os interesses econômicos da indústria de cimento – redução de gastos com combustíveis – e a obrigatoriedade dos geradores em destinar seus resíduos – principalmente após a publicação da Lei 9605, de 13 de fevereiro de 1998 – *Leis dos Crimes Ambientais*[37] –, convergiram, e o tratamento térmico de resíduos nos fornos de clínquer passou a ocupar posição de destaque entre as opções de destinação dos resíduos industriais e dos grandes passivos ambientais.

Para o setor de produção de cimento, a atividade relacionada ao tratamento de resíduos em fornos de clínquer "*constitui uma das formas mais eficientes e econômicas de destruir e reciclar resíduos em grande volume*" (Kihara, 1999). A normatização do tratamento térmico de resíduos em fornos de clínquer promovidos pelos órgãos ambientais de São Paulo e de Minas Gerais, em 1998, e a publicação da norma federal (Resolução CONAMA nº 264/99), em 1999, também, contribuíram para a constituição desse cenário.

Os sistemas para tratamento térmico dos resíduos nas plantas de fabricação de cimento constituem-se, basicamente, do *forno rotativo* de produção de clínquer, de um ou mais *dispositivos de alimentação de resíduos* no forno, que são projetados considerando as características físico-químicas dos materiais – se sólido ou líquido, se embalado em tambores ou a granel, por exemplo – e instalados junto à caixa de fumaça, situada entre o último estágio do pré-aquecedor e a entrada do forno, ou na zona de queima do forno; e de uma *área de estocagem* temporária. Em alguns casos, o resíduo é previamente misturado com as matérias-primas nas etapas preliminares de sua preparação e introduzidos no forno juntamente com a *farinha crua*, no

[37] Dispõe sobre as sanções penais e administrativas às pessoas físicas e jurídicas que exerçam ações lesivas ao Meio Ambiente.

pré-aquecedor (Santi, 1997). Embora o leque de resíduos que podem ser processados nos fornos de clínquer seja grande, a concepção tecnológica básica para os sistemas de alimentação de resíduos nos fornos tem sido a mesma de uma fábrica para outra.

Os argumentos em prol do emprego de resíduos como combustíveis alternativos em fornos de clínquer são os seguintes (Kihara, 1999; Lemarchan, 1999; Freitas, 2001; Maringolo, 2001): as características térmicas da combustão nos fornos – temperaturas de processo maiores do que 1450 °C, tempo de residência de cerca de 30 minutos para os materiais sólidos e 3 segundos para os gases, condições de oxigenação adequadas, turbulência elevada; ambiente alcalino; interação dos gases de combustão com a matéria-prima (farinha), o que permite a neutralização e a adsorção de alguns contaminantes e a incorporação de compostos inorgânicos dos resíduos (cinzas) na matriz do clínquer (habilidade do clínquer de assimilar teores controlados de cinzas sem prejuízo para as propriedades do cimento); elevada capacidade de alimentação de resíduos; equipamentos de despoeiramento de alta eficiência; e preços competitivos, quando comparados aos praticados pelas incineradoras[38].

Outras vantagens apontadas estão associadas à questão ambiental: minimização dos impactos decorrentes da disposição final dos resíduos no solo; redução do consumo de recursos naturais não renováveis; e redução da emissão de gases estufa mediante a substituição dos combustíveis fósseis por materiais que teriam que ser incinerados em outros equipamentos.

Do ponto de vista da indústria cimenteira e dos órgãos ambientais, o tratamento térmico de resíduos em fornos de clínquer deve atender às seguintes premissas: não causar impacto ambiental – relacionado com a natureza das emissões e dos limites de metais pesados e gases emitidos pela chaminé da planta de clínquer –; não interferir no processo de fabricação do cimento – operação do forno e características físico-químicas do clínquer –; não alterar a qualidade do cimento – determinados elementos podem atuar como fundentes ou mineralizadores, modificando a cinética da reação de clinquerização –; e não provocar danos à saúde ocupacional.

A taxa de alimentação dos resíduos no forno rotativo depende da composição química dos mesmos e é determinada a partir do balanço de massa dos principais elementos que *supõe-se* influenciar de maneira negativa no processo de produção, na qualidade do cimento e nas

[38] A incineração exige investimentos da ordem de US$20 milhões para a queima de 100 a 150 kg de resíduos por hora, enquanto que os fornos de cimento já estão instalados e demandam investimentos mínimos para a sua adequação ao processo e permitem a alimentação de 2 a 3 toneladas de resíduos por hora (Aguiar, 1997).

emissões atmosféricas. A taxa máxima de alimentação de um resíduo no forno de clínquer é calculada considerando a concentração do elemento no resíduo, a taxa de retenção do referido elemento no clínquer e a taxa de emissão para a atmosfera fixada pelas normas ambientais (COPAM, vários anos). Algumas características físico-químicas dos resíduos são fatores de restrição ao seu tratamento nos fornos de clínquer: corrosividade (pH<3 ou pH>12); radioatividade; altos níveis de mercúrio e tálio; reatividade (Kihara, 1999).

Vários são os tipos de resíduos que, de acordo com as normas e regulamentações ambientais, podem ser processados nos fornos de clínquer: borras oleosas, solventes usados, finos de carvões, alcatrões, borras de tintas, lamas e lodos de estações de tratamento de efluentes industriais ou de esgoto sanitário, terras de filtração contaminadas, coque de petróleo, resíduos plásticos, resíduos petroquímicos, resíduos da indústria de tintas, borras asfálticas, cascas e palha de arroz, pneus. Em geral, não é permitido o tratamento de resíduos contendo bifenilas policloradas, resíduos radioativos, resíduos hospitalares, pesticidas e resíduos domésticos. Não há restrições sobre o emprego de misturas de resíduos, desde que não contenham frações dos resíduos citados (CETESB, 1998; COPAM, 1998; Brasil/MMA/CONAMA, 2002).

Os resíduos industriais apresentam propriedades físicas e químicas muito variadas e são estocados sob as mais diversas condições. Para gerenciar o emprego de resíduos tão diferentes nos fornos rotativos, e com o objetivo de melhorar os rendimentos operacionais do processo de clinquerização, foi desenvolvida tecnologia para produzir *combustível secundário*[39] a partir do pré-tratamento e da mistura de centenas de resíduos industriais[40]: uma mistura (*blend*) com poder calorífico estável, o que permite sua alimentação contínua no forno; composição química que atenda aos padrões ambientais; e forma física que possibilite seu fácil manuseio.

As operações básicas que acompanham o pré-tratamento são o descarregamento dos resíduos nas áreas de estocagem, as análises físico-químicas, a britagem e a moagem dos mesmos. A possibilidade de implantação de algumas dessas unidades no Brasil deve-se à variedade de resíduos gerados pelo parque industrial e ao mercado, agora cativo, constituído pelas cimenteiras. Embora o "*produto*" das unidades de pré-tratamento que vai para o forno seja mais homogêneo, grande quantidade de um número considerável de tipos de resíduos continua chegando às plantas de clínquer, agora misturados. São *novos riscos* sendo agregados ao sistema de produção de cimento.

---

[39] Nos Estados Unidos é conhecido como *waste derived fuel*.

[40] A Resolução CONAMA nº 264/99 referencia essas áreas industriais como Unidades de Mistura e Pré-condicionamento de Resíduos.

Dados da Associação Européia de Cimento – CEMBUREAU (Chandelle, 1999) mostram que o nível de substituição dos combustíveis convencionais por resíduos alcança 10% da energia térmica empregada pela indústria de cimento, o que equivale a cerca de 2,5 milhões de toneladas de carvão por ano. A co-incineração é adotada em 12 países membros da União Européia, em aproximadamente um terço das 250 plantas de fabricação de clínquer[41]. Na maioria das fábricas que empregam resíduos como combustíveis alternativos, o nível de substituição situa-se entre 10% e 30%. Em algumas instalações, o nível de substituição supera os 50% (Serra, 1998).

Poucas são as estatísticas que tratam das quantidades de resíduos alimentados nos fornos de clínquer das indústrias de cimento instaladas no Brasil. Até 1996, o consumo de energéticos para fins térmicos, incluindo os alternativos ou complementares, era disponibilizado, para cada fábrica de cimento, nos relatórios anuais editados pelo Sindicato Nacional da Indústria de Cimento e está compilado em Santi (1997). Os dados do Balanço Energético Nacional (2001) sinalizaram o crescimento do consumo de *coque de petróleo* e dos materiais enquadrados como "*outras fontes não especificadas*" para o setor nacional de produção de cimento, não fazendo, entretanto, referências explícitas sobre o consumo de *resíduos industriais* para fins térmicos.

O que evidencia o crescimento da co-incineração no País são as solicitações, em número crescente, de licenças ambientais para a co-incineração de resíduos nos fornos de clínquer e para o transporte de resíduos. O número de publicações em revistas especializadas dedicadas ao assunto chama a atenção para as oportunidades de mercado para o setor industrial gerador de resíduos, para os fabricantes de cimento e para as empresas gestoras de resíduos, pincelando as vantagens ambientais associadas à prática. Destacam-se alguns trabalhos da Associação Brasileira de Cimento Portland, que tem desenvolvido estudos e pesquisas para avaliar o impacto da utilização de resíduos na qualidade do clínquer e do cimento e as possíveis alterações nas características do produto final (Kihara, 1999; Maringolo, 2001).

Até 1995, o setor brasileiro de cimento processou cerca de 1,8 milhão de toneladas de 34 tipos diferentes de resíduos agrícolas e industriais, representando uma economia de 800 mil toneladas de óleo combustível (Marciano Jr., Kihara, 1997). Segundo os mesmos autores, "*nas*

[41] Não há uniformidade entre os países europeus em relação ao assunto: países como a Noruega e Portugal estão apontando as cimenteiras como componentes do sistema de gestão de resíduos combustíveis; na França, Alemanha, Áustria e Reino Unido, há legislação clara regulando as condições técnicas e ambientais para unidades de incineração de plantas de clínquer, que competem entre si; Espanha, Itália e Grécia são países onde há dificuldades enormes para se utilizar resíduos como combustíveis, por motivos que vão desde a falta de sistemas efetivos de coleta e seleção de resíduos até a oposição de organizações e partidos políticos à adoção de tal prática (Serra, 1998).

últimas décadas as cimenteiras brasileiras vêm utilizando escória siderúrgica, sílica ativa, cinzas de termoelétricas, filler calcário e gesso sintético, entre outros resíduos, na produção de cimentos especiais". Os resultados apontam que, entre 1952 e 1998, os fornos de clínquer de fábricas de cimento utilizaram mais de 72 milhões de toneladas de escória siderúrgica, 10 milhões de toneladas de cinzas volantes e 6 milhões de toneladas de gesso sintético[42]. Tais insumos possibilitaram uma economia de mais de 100 milhões de toneladas de calcário e de 25 milhões de toneladas de argilas e corretivos. Na avaliação de Kihara (1999), em 10 anos, o Brasil deverá elevar substancialmente a quantidade de resíduos destinados aos fornos de clínquer, atingindo entre 500 mil e 600 mil toneladas por ano, estimativa feita com base no número de fábricas de cimento que estão se movimentando para obter o licenciamento ambiental para a co-incineração. A previsão é de que todas as cimenteiras instaladas nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul tenham autorização para co-incinerar resíduos a médio prazo. O prognóstico se baseia na *oferta do resíduo em larga escala*, pois as fábricas de cimento estão instaladas muito próximas aos grandes centros industriais (Aguiar, 1999).

É notável que, em 1988, o Conselho Nacional de Meio Ambiente publicou a Resolução CONAMA nº 6, que determinava aos órgãos ambientais estaduais realizarem o inventário de resíduos industriais e até este momento não estão disponíveis informações sobre a geração e destinação de resíduos em Estados onde expressivos parques industriais estão implantados. Em Minas Gerais, por exemplo, só recentemente a Fundação Estadual do Meio Ambiente propôs a realização do inventário de resíduos, na tentativa de tornar mais transparente o quadro que é hoje *desconhecido* e, portanto, *inseguro*. Nota-se que a autorização dada pelo órgão ambiental mineiro às fábricas de cimento para o tratamento térmico de resíduos em fornos de clínquer é anterior.

Fica a dúvida: como é possível, então, realizar diagnóstico dos resultados advindos do tratamento térmico dos resíduos em fornos de clínquer, se não há parâmetros suficientes para fechar os balanços de massa?

2.3.1. Atividades associadas: o transporte de resíduos

Em algum momento do processo de co-incineração, os resíduos deverão ser transportados para as fábricas de cimento ou para as unidades de pré-tratamento e mistura e destas para a planta

[42] O gesso sintético é um subproduto da fabricação de ácido fosfórico a partir da reação da rocha fosfática (apatita) com ácido sulfúrico. O ácido fosfórico é importante intermediário químico usado na produção de fertilizantes fosfatados.

de clínquer. O transporte rodoviário é a modalidade mais empregada no Brasil para essa finalidade. Os resíduos são transportados acondicionados em tambores metálicos, *big-bags*, bombonas, ou na própria carroceria, e a carga, em geral, é envelopada e enlonada. Utilizam-se caminhões com carroceria aberta, tipo carga seca, caminhões basculantes, com caçambas ou caminhões tanque (Sevá F°., Santi, Valente, 2001).

O transporte terrestre de resíduos da unidade geradora até as plantas de fabricação de cimento é regulamentado e normatizado no Brasil. Destacam-se como principais instrumentos legais o *Decreto Federal n° 96044*, de 18 de maio de 1988, que aprova o regulamento para o transporte rodoviário de produtos perigosos e resíduos, estes considerados como "*substâncias, soluções, misturas ou artigos que contêm, ou estão contaminados por um ou mais produtos sujeitos às disposições (do referido) Regulamento, para os quais não seja prevista utilização direta, mas que são transportados para fins de despejo, incineração ou qualquer outro processo de disposição final*"; a *Portaria n° 204 do Ministério dos Transportes*, de 26 de maio de 1997, que aprova as instruções complementares ao regulamento do transporte rodoviário de produtos perigosos; o *Decreto Federal n° 98973*, de 21 de fevereiro de 1990, que aprova o regulamento para o transporte ferroviário de produtos perigosos (Araújo, 2001); e as normas ABNT da série NBR 7500: Transporte de cargas perigosas; NBR 13221: Transporte de Resíduos; NBR 14064: Atendimento e emergência no transporte rodoviário de produtos perigosos[43]. Há orientação dos órgãos de meio ambiente para que os geradores observem as regulamentações específicas para o transporte de produtos e resíduos perigosos, quando for o caso[44].

Os Estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul adotam procedimentos diferenciados para o transporte de resíduos industriais. Em São Paulo, não é exigida licença especial para a atividade. A empresa deverá apresentar o CADRI – Cadastro de Destinação de Resíduos Industriais, onde é indicada a forma de destinação do resíduo. No Rio de Janeiro, a declaração do transporte é feita por meio do Manifesto de Resíduos[45]. No Rio Grande do Sul e no Paraná o transporte de resíduos perigosos é licenciado de acordo com a legislação ambiental estadual e a legislação federal que dispõem sobre o transporte de produtos perigosos.

---

[43] Lista de normas da ABNT para o transporte rodoviário de produtos e resíduos perigosos encontra-se na Tabela A.5 do Anexo.

[44] A Resolução CONAMA n° 264/99 estabelece que "*o transporte de resíduos ou mistura de resíduos para as unidades de co-processamento deverá ser realizado de acordo com os dispositivos legais vigentes*".

[45] Consiste em um sistema que controla a movimentação do resíduo do ponto de origem até sua destinação por meio de recibos que são emitidos pelo gerador, transportador e destinatário ao órgão ambiental.

Em Minas Gerais, a atividade de transporte de resíduos enquadrados nas Classes I e II da NBR 10004 é considerada potencialmente poluidora e degradadora do meio ambiente[46] e, desta forma, está sujeita ao licenciamento ambiental, quando são avaliadas informações sobre a empresa responsável pelo transporte do resíduo, os veículos e equipamentos utilizados, as propriedades físico-químicas do resíduo – especialmente aquelas que lhes conferem periculosidade –, as medidas de controle e prevenção de acidentes, e as rotas preferenciais (Sevá F°., Santi, Valente, 2001).

A Deliberação Normativa COPAM n° 26, de 28 de julho de 1998, que dispõe sobre a co-incineração de resíduos em fornos de clínquer destaca a necessidade da licença de transporte para os resíduos, a qual deverá considerar também as exigências da norma NBR 13221.

2.3.2. Leis, decretos e regulamentações ambientais: o controle da atividade de co-incineração de resíduos em fornos de clínquer

O meio ambiente tornou-se objeto de políticas de governo no Brasil a partir de 1973, com a criação da Secretaria Especial de Meio Ambiente e o surgimento de agências e órgãos ambientais em alguns estados brasileiros, na onda ambientalista que se formou em todo o mundo após a Conferência de Estocolmo, ocorrida em 1972.

O Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA e as diretrizes e instrumentos da política nacional de meio ambiente foram estabelecidos em 1981, com a publicação da Lei 6938, de 31 de agosto de 1981. Em 1984, foi criado o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que tornou-se o foro articulador da política ambiental no nível federal (Acselrad, 2001). O Ministério do Meio Ambiente foi criado em 1992.

Embora o SISNAMA fosse constituindo-se dentro do aparelho do Estado, "*os órgãos ambientais foram se caracterizando por acentuada descontinuidade administrativa, fusões e desintegrações organizacionais e subordinações a um número variado de instâncias ministeriais*" (Acselrad, 2001), o que resultou na descontinuidade também das políticas de meio ambiente, e, consequentemente, da aplicação dos instrumentos normativos e legais que regem seu funcionamento. Isso se repetiu nas esferas estaduais e municipais, e permitiu o tratamento, em níveis diferenciados pelos órgãos ambientais, dos assuntos que permeiam todas as questões relativas ao meio ambiente.

[46] Conforme estabelecido na Deliberação Normativa COPAM n° 01, de 22 de março de 1990.

Assim sendo, não era de se esperar que os instrumentos regulatórios estabelecidos pelos órgãos estaduais para o tratamento térmico de resíduos em fornos de clínquer fossem homogêneos, embora baseados nas regulamentações vigentes em outros países, especialmente Estados Unidos e Alemanha.

A análise dos documentos normativos e reguladores que tratam da co-incineração estabelecidos nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná e Minas Gerais evidencia diretrizes comuns: valorização dos resíduos como combustíveis complementares ou como matérias-primas secundárias; taxas de emissão de poluentes atmosféricos menores que as taxas de emissão de incineradores convencionais para o tratamento térmico do mesmo resíduo; concessão de licença somente para as plantas de fabricação de cimento que tenham cumprido as determinações dos órgãos ambientais (Santi, Pérez, 1999). As exigências para a concessão de licença não são as mesmas em sua totalidade, e os padrões de emissão para a chaminé da planta de clínquer também não convergem para os mesmos valores de um Estado para outro.

Os órgãos ambientais concordam que os fornos de clínquer, se operados adequadamente, poderão ser utilizados para tratar uma grande variedade de resíduos, *desde que seja demonstrado que a atividade não causará impactos ambientais, não afetará as condições de segurança e de saúde pública, não causará prejuízos aos equipamentos da planta industrial e não afetará a qualidade do clínquer e do cimento* (Santi, Pérez, 1999).

Em 1999 o CONAMA editou a Resolução nº 264, definindo procedimentos, critérios e aspectos técnicos específicos para o licenciamento ambiental para o *"co-processamento de resíduos*[47] *em fornos rotativos de clínquer de cimento"*, cujas premissas refletem o conteúdo das normas estaduais, especialmente as do Estado de São Paulo. De especial relevância é o estabelecimento da obrigatoriedade da realização de estudos de análise de risco (crônico e agudo) para as unidades de pré-tratamento e mistura de resíduos[48].

Dempsey e Oppelt (1993) assinalaram que a fixação do limite mínimo de poder calorífico para a co-incineração de resíduos é um ponto controvertido dos procedimentos de co-incineração das agências ambientais estaduais. Essa restrição foi imposta pela *USEPA* como instrumento para

[47] Excetuam-se os resíduos domiciliares brutos, os resíduos de serviços de saúde, os radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins.

[48] Os critérios básicos para o licenciamento da co-incineração de resíduos e os padrões de emissão estabelecidos pelo CONAMA e pelos órgãos ambientais de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná estão apresentados nas Tabelas A.6 e A.7, no Anexo.

assegurar que os resíduos perigosos de baixo poder calorífico não fossem queimados em caldeiras ou fornos industriais a pretexto de recuperação energética, quando, de fato, o que os geradores queriam era evitar os altos custos e as regulamentações do processo de incineração. Essa medida, de cunho essencialmente político e mercadológico, de um outro país – portanto, de uma outra realidade – acabou por ser adotada no Brasil sem comprovação técnica de sua utilidade.

No âmbito internacional, evidenciam-se as regulamentações vigentes nos Estados Unidos e na União Européia.

A legislação ambiental americana é bastante criteriosa em relação aos resíduos perigosos. O processo de combustão em incineradores, caldeiras ou fornos industriais – categoria que inclui os fornos de clínquer – é uma das opções de destinação de um resíduo perigoso regulamentadas pela *US Environmental Protection Agency – USEPA* no documento *Burning of Hazardous Waste in Boilers and Industrial Furnaces – BIF*, que apresenta uma série de padrões de performance e operação dos equipamentos, bem como padrões de emissão para compostos orgânicos, metais, gases ácidos e material particulado (USA, 1991).

A estocagem de resíduos segue regras que se aplicam também às fábricas de cimento que armazenam resíduos em suas áreas industriais. A USEPA exige a elaboração de planos de contingência e programas de emergência nos casos de vazamentos, incêndio ou explosão, ou outro acontecimento súbito que exponha pessoas aos constituintes perigosos dos resíduos ou que representem risco de contaminação do meio ambiente.

O controle do transporte de resíduos perigosos é feito pelo *Sistema de Manifesto de Resíduos* e a USEPA coordena esforços junto ao *US Departament of Transportation – DOT* responsável pela regulamentação do transporte de todos os materiais perigosos, incluindo os resíduos perigosos em território americano. Em geral, as normas do órgão ambiental incorporam e exigem o cumprimento das determinações do *DOT*.

Em 1999 os padrões de emissão atmosférica foram revistos com a intenção de estabelecer níveis mais rigorosos de emissão para os incineradores, fornos de produção de clínquer e fornos de agregados leves, que são responsáveis pelo tratamento de mais de 80% do total de resíduos perigosos incinerados por ano nos Estados Unidos – os outros 15% a 20% restantes são destinados a outros fornos industriais e caldeiras.

Os padrões de emissão foram propostos com base na melhor tecnologia de controle disponível[49]. Foram incluídos padrões de emissão para dioxinas e furanos (0,2 ng/Nm^3), mercúrio, metais semivolátieis (cádmio e chumbo), metais de baixa volatilidade (arsênio, berílio, cromo e estanho), material particulado, hidrocarbonetos, gases ácidos (HCl e Cl_2) e monóxido de carbono. Segundo a USEPA (1998b), os fornos de produção de clínquer das fábricas de cimento estão entre as 174 maiores fontes de emissão de poluentes atmosféricos perigosos[50]. A regulamentação exige o monitoramento contínuo da concentração de material particulado e de mercúrio e o registro dos resultados , a partir dos quais *as comunidades locais poderão examinar se as plantas estão cumprindo as determinações da legislação ambiental*[51].

Nos Estados Unidos não há política de incentivo ou estímulo à queima de pneus usados, mas as cimenteiras usam o material como fonte de combustível. O país descarta cerca de 250 milhões de pneus a cada ano, mas o número de pneus destinado aos fornos de clínquer não é conhecido. Estima-se que cerca de um milhão de toneladas de resíduos de todos os tipos sejam processados, anualmente, somente nos fornos de clínquer (Marques, 1999).

A *Diretiva sobre Resíduos* n° 75/442/EEC é o documento básico da União Européia para o gerenciamento de resíduos e se pauta na prevenção da geração e no incentivo às práticas de reutilização e reciclagem.

O tratamento térmico de resíduos, em incineradores ou fornos industriais é objeto da *Diretiva sobre Incineração de Resíduos Perigosos* n° 67/94/EC. Para seus propósitos, são consideradas "*plantas de incineração*" qualquer equipamento usado para a incineração, por oxidação, de resíduos perigosos, com ou sem recuperação do calor gerado no processo de combustão. Na definição estão incluídas as indústrias que processam resíduos perigosos como combustível, de forma regular ou complementar, em qualquer processo industrial , e incluem as áreas de estocagem associadas.

De acordo com essa regulamentação, todas as *plantas de incineração* devem ser projetadas, equipadas e operadas de tal modo a prevenir que as emissões para o ar atmosférico elevem significativamente os níveis de poluição local. A proteção requerida e a manutenção de condições apropriadas de operação e dos limites de emissão para as plantas de incineração instaladas nos

---

[49] *MACT: Maximum Achievable Control Technology*

[50] Poluentes que são conhecidos ou suspeitos de causar câncer ou outros efeitos sérios sobre a saúde humana.

[51] A Tabela A.8, no Anexo, traz os padrões de emissão para fornos de clínquer estabelecidos pela *US Environmental Protection Agency.*

países membros da União Européia são exigências que visam salvaguardar a saúde humana e preservar o meio ambiente.

A Diretiva 67/94/EC denomina *co-incineração* o tratamento térmico de resíduos em plantas industriais cuja finalidade não é a incineração – mas o aproveitamento do conteúdo energético do resíduos – e nas quais a energia liberada na combustão não ultrapassa 40% das necessidades térmicas de processo. Nesses casos, a autorização para co-incineração se baseia nos tipos e nas quantidades de resíduos que podem ser processados nas plantas industriais, nas taxas de alimentação de resíduos mínimas e máximas, na faixa de poder calorífico, e nas concentrações de cloretos, fluoretos, enxofre, metais pesados, compostos orgânicos perigosos e bifenilas policloradas presentes na massa de resíduo. É necessário demonstrar a extensão da eficiência da incineração.

Os padrões de emissão estabelecidos para as *plantas de incineração* se aplicam a quaisquer instalações onde é realizado o tratamento térmico de resíduos – incineradores ou fornos industriais. É recomendado o aproveitamento do calor gerado no processo de combustão[52].

Schmid et al. (2000) concluíram que o volume de resíduos destinados à incineração crescerá nos próximos anos na União Européia como resultado das restrições à disposição em aterros de resíduos perigosos contaminados com substâncias orgânicas. Por outro lado, há uma tendência para que os resíduos líquidos perigosos utilizados nos fornos de clínquer sejam substituídos por resíduos não perigosos – papéis e plásticos. A expectativa é de que, em poucos anos, 70% dos fornos de clínquer da Alemanha estejam utilizando esse tipo de resíduo (Marques, 1999).

2.3.4. Panorama nacional da co-incineração de resíduos em fornos de clínquer

Estima-se que no Brasil, anualmente, 160 mil toneladas de resíduos industriais passam por algum tipo de tratamento – 50 mil toneladas são tratadas em incineradores convencionais, 50 mil toneladas dispostas em aterros e 60 mil toneladas processadas em fornos de clínquer. (Freitas, 2001).

O mercado de resíduos industriais movimenta, anualmente, cerca de US$50 milhões (Alves, Freitas, 2000), com a expectativa de que o faturamento seja triplicado, pois os volumes

de resíduos envolvidos nos negócios representam apenas 10% do total gerado pelo parque industrial brasileiro, que, segundo as estimativas, pode chegar a 8 milhões de toneladas anuais, ou seja, "*caso aumentem as pressões dos órgãos ambientais, esse é um mercado que pode explodir nos próximos anos*".

Oportunidade à vista, arranjos empresariais voltados ao gerenciamento de resíduos industriais – que incluem a caracterização dos resíduos em laboratórios, o transporte, o pré-tratamento e a destinação, principalmente em aterros industriais, nos fornos de clínquer de cimento e nos incineradores – estão sendo constituídos[53]. Observa-se uma tendência de internacionalização desses arranjos, evidenciada pela associação ou entrada de grupos estrangeiros no mercado nacional de resíduos – o que, na visão do empresário, traz tecnologia, *know-how* e capacidade de investimento em meio ambiente. O maior problema apontado é o desconhecimento sobre o tamanho do próprio mercado: "*os relatórios de fonte, geração, transporte e tratamento estão desatualizados nas agências ambientais responsáveis pelo controle*" (Freitas, Alves, 2002), quando eles existem. O setor empresarial, em vista dos interesses próprios, cobra das autoridades públicas para que seja realizado o *inventário de resíduos* – importante instrumento de gestão ambiental – com informações sobre onde o resíduo é gerado, como é transportado e quais as formas de destinação usuais, cientes de que há uma oportunidade concreta nessa direção, a partir da aprovação, pelo legislativo federal do ante-projeto de lei que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos que está em discussão[54]. Outra cobrança é para que se promova a harmonização dos níveis de exigência estabelecidos para o licenciamento ambiental de todas as etapas do processo de gerenciamento de resíduos estabelecidos pelos órgãos ambientais estaduais. Nada que sinalize para a redução da geração de resíduos nas plantas industriais.

Embora a ABCP reconheça que o tratamento térmico de resíduos em fornos de clínquer de fábricas de cimento terá grande desenvolvimento nas regiões Sudeste e Sul do País nos próximos anos, ela está ciente que *"a experiência internacional mostra que, se não houver um processo de*

---

[52] A Tabela A.9, no Anexo, traz os padrões de emissão para fornos de clínquer estabelecidos para a União Européia.

[53] A Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais – ABETRE congrega 15 empresas do setor de tratamento de resíduos industriais perigosos (Freitas, Alves, 2002).

[54] Em relação aos resíduos perigosos, instituirá o Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos e a obrigatoriedade da inscrição de geradores; definirá as atribuições da autoridade ambiental competente, por meio de norma regulamentadora (classificação dos resíduos quanto à natureza, definição de metas de reciclagem e retornabilidade de acordo com cada setor); disciplinará os planos de gerenciamento de resíduos perigosos; instituirá o sistema de retorno obrigatório; ampliará a lista de resíduos especiais – acumuladores de energia, lâmpadas fluorescentes, pneumáticos inservíveis, aerossóis, equipamentos contendo PCBs, embalagens, equipamentos eletro-eletrônicos e eletrodomésticos, entulhos e materiais da construção civil, medicamentos impróprios para o consumo –;

conscientização e integração da indústria com os órgãos ambientais e com a comunidade, tal prática não terá sucesso no país. O "co-processamento" de resíduos perigosos em fornos de clínquer não traz à sociedade uma solução definitiva para a gestão de resíduos, mas uma contribuição para o aproveitamento de resíduos pela sua valorização como combustível alternativo ou como substituto de matéria-prima, atenuando o impacto da exploração de bens minerais não renováveis" (Kihara, 1999).

Outro fator que deverá impulsionar o crescimento da co-incineração no Brasil é a utilização de pneus usados como combustíveis secundários[55], que apresentam elevado poder calorífico[56], em decorrência das exigências da Resolução CONAMA nº 258, de 26 de agosto de 1999, que determina aos fabricantes e importadores de pneumáticos a obrigatoriedade da coleta e da destinação final "ambientalmente adequada aos pneus inservíveis"[57] e estabelece um cronograma para o início do programa de coleta, que é progressivo, a partir de janeiro de 2002 (Mello, 2000; Freitas, 2001).

Para a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (Tegani, citado por Mello, 2000), "*existem várias iniciativas importantes surgindo para a destinação dos pneus inservíveis, mas diante do interesse já demonstrado pelas cimenteiras, a tendência é que a maior parte dos pneus seja mesmo incinerada, tornando o pneu velho um combustível alternativo. (...) As cimenteiras acreditam que a utilização do pneu em substituição a parcela do carvão proporciona uma vantagem energética e econômica muito grande. (...) Além da queima, que já existe em cimenteiras de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, todas em parceria com a indústria de pneumáticos, a CETESB fez uma avaliação em forno de clínquer no Sul do Estado de São Paulo, com resultados positivos. No entanto, não se pode dizer que o processo está de*

---

trará normas específicas para as tecnologias de tratamento de resíduos – incineração (geral, resíduos industriais, resíduos de serviço de saúde, crematórios), *co-processamento*, aterros, reciclagem, unidades de compostagem.

[55] Composição média de um pneu: 27% de borracha sintética, 14% de borracha natural; 28% de negro de fumo; 10% de óleos; 10% de aço (cinta); 4% de produtos petroquímicos diversos; 4% de fibras; 3% de enxofre, ZnO e TiO_2. Composição química elementar: 84% de carbono, 7% de hidrogênio; 2% de oxigênio; 1% de enxofre; 5% de cinzas; 1% de umidade. A concentração média de metais pesados é: 97 ppm de cromo, 77 ppm de níquel, 60 a 760 ppm de chumbo, 5 a 7 ppm de cádmio e 0,2 a 0,3 ppm de tálio. Os resultados da análise da concentração de metais em amostra de borracha de pneu mostram que a concentração de Zn é de 16000 ppm. Para o arame utilizado na fabricação dos pneus, evidenciam-se as concentrações de níquel (160 a 180 ppm), cromo (110 a 160 ppm) e chumbo (160 a 230 ppm) (Maganha, Komatsu, 1999; HOLDERCIM, 1998).

[56] O poder calorífico médio do pneu é 36.000 kJ/kg (Maganha, Komatsu, 1999). Segundo a ABCP, quando o pneu é alimentado inteiro no forno de clínquer, pode substituir até 10% do combustível tradicional. O limite é imposto pela concentração de zinco presente no aro dos pneus. O zinco retarda o tempo de pega do cimento e, em excesso, pode causar entupimento do forno e comprometer a qualidade do cimento (Aguiar, 1999).

[57] Pneus que não podem ser utilizados em veículos ou serem submetidos a processos de reforma, como a recapagem, recauchutagem ou remoldagem.

todo viabilizado, porque ainda não foi definida se a quantidade de pneus disponíveis é suficiente para abastecer os fornos".

A destinação de pneus para a queima em fornos de cimento no Brasil evidencia a disputa de mercado com o setor de reciclagem de borracha, que contra-argumenta com o fato de que o tratamento térmico nos fornos "*causa uma poluição tremenda*" e que "*a energia calórica proporcionada por um pneu incinerado é superior à proveniente de óleo ou gás, mas inferior à despendida para produzi-lo. Daí a importância da recuperação.*" (Mello, 2000), esquecendo-se de considerar nesta análise a quantidade de combustível que deixa de ser introduzido nos fornos quando os pneus são queimados. A literatura especializada faz várias referências à queima de pneus nos fornos rotativos em diversas fábricas de cimento na Europa e nos Estados Unidos. Hansen (1992), por exemplo, afirma que mais de 25% da energia dos fornos rotativos de clínquer são provenientes da queima de pneus, o que se tornou possível após o desenvolvimento de dispositivos para a introdução de unidades inteiras no pré-calcinador[58].

De qualquer modo, o emprego de resíduos industriais (ou de pneus) como combustíveis complementares ou matéria-prima secundária na fabricação de cimento é destacado pelo setor industrial como exemplo de ação relevante em direção à proteção do meio ambiente, que traz vantagens importantes: ligação da atividade cimenteira à solução de problemas ambientais da sociedade, de forma especial àqueles relacionados à gestão de resíduos e melhoria da competitividade das empresas devido à redução dos custos de produção. Os industriais consideram que a fábrica de cimento, pelas suas características, oferecem oportunidade ímpar para a valorização dos resíduos, o que eles, industriais, devem promover e utilizar, como forma, inclusive de dar sua contribuição ao meio ambiente (Biarnes, 1999).

Entretanto, por trás do discurso verde está, na verdade, um *novo* e *lucrativo negócio* para a indústria de cimento, muito mais do que uma prática de gestão ambiental que visa a redução do consumo de combustíveis não renováveis e o tratamento eficaz de resíduos industriais perigosos. Tal afirmação pode ser comprovada por uma análise simples que correlacione os volumes de resíduos processados, os valores pagos pelos geradores de resíduos para o tratamento térmico desses materiais e o faturamento das fábricas de cimento. Por exemplo, para uma fábrica de

[58] Relatório elaborado pela HOLDERCIM (1998) informa que a queima de pneus não influencia a emissão de material particulado, metais pesados e SO_2, e que a emissão de CO é pouco afetada se há controle da taxa de alimentação dos pneus e da concentração de O_2 no forno. Segundo Maganha e Komatsu (1999), "*testes realizados, considerando taxas de alimentação até 21,4%, indicam que, com exceção do zinco, as emissões sofreram alterações insignificantes em relação às emissões geradas com o uso de combustíveis fósseis convencionais. Os testes foram realizados em equipamento bem operado e com sistemas de controle de poluição adequados*".

grande porte, com produção anual de 1.300 mil toneladas de cimento, que processa resíduos em seu forno de clínquer com taxas de alimentação variando de 2 t/h a 5 t/h (valores compatíveis com os encontrados na pesquisa realizada), estima-se que o faturamento com a co-incineração corresponda à 8% do faturamento anual da referida fábrica[59]. Se este valor for acrescido do montante economizado com a compra de óleo combustível, considerando o poder calorífico médio dos resíduos equivalente à 50% do poder calorífico do óleo combustível, este percentual chega a 10% do faturamento.

É interessante destacar que os resíduos Classe III – Inertes enfrentam a barreira da viabilidade econômica, pois toda a estrutura do mercado nacional de resíduos opera com custos para o gerenciamento de resíduos industriais perigosos.

2.4. Da cadeia produtiva do petróleo aos planos de queima e *blends* de resíduos nas cimenteiras

A indústria brasileira de cimento, que experimentou uma enorme dependência do óleo combustível derivado de petróleo, e converteu-se, após os choques do petróleo da década de 70, para o carvão mineral e, em parte, para o carvão vegetal, especialmente nos anos 90, acrescentou os *resíduos industriais perigosos* ao seu variado elenco de combustíveis, integrando-se, assim, à cadeia de produção das diversas empresas que optaram por destinar seus rejeitos à co-incineração nos fornos de clínquer.

Apesar da grande variedade de resíduos processados, observa-se que são originados, predominantemente, de um número relativamente restrito de empreendimentos de grande porte ligados à produção e ao refino de petróleo, à indústria química, ao setor automobilístico e ao setor metal-mecânico: refinarias de petróleo, distribuidoras de combustíveis, indústrias de materiais plásticos e borrachas, montadoras e indústrias de autopeças, siderúrgicas, fábricas de alumínio, fundições, indústria de rerrefino de óleos lubrificantes, retíficas. Outra fonte de resíduos são as operações de manutenção e limpeza de equipamentos e de contenção de vazamentos e derramamentos acidentais de produtos perigosos utilizados ou produzidos nos processos industriais, que podem ocorrer nas plantas ou durante o transporte desses materiais em caminhões ou vagões ferroviários.

---

[59] Preço médio para a co-incineração de resíduos em fornos de clínquer: entre R$300,00 e R$600,00 por tonelada de resíduo; preço médio da tonelada de cimento na porta da fábrica: R$260,00 (US$ 1 = R$3,00).

A partir dos resultados da pesquisa realizada para identificar o elenco de resíduos que estão sendo destinados aos fornos de clínquer e as respectivas plantas industriais geradoras, foi possível estabelecer quatro rotas principais de resíduos e frações viscosas derivadas da produção e refino de petróleo, as quais irão passar por uma, duas, até dez etapas de transformação, utilização e de geração de novos resíduos: (a) a ***rota do OC – a família dos óleos combustíveis***, que são especificados comercialmente como *combustíveis líquidos*, classificados pelo poder calorífico, viscosidade, ponto de fulgor e teor de enxofre, e que incluem os resíduos de refinaria tipo ResVac, da destilação a vácuo, Rasf, da desasfaltação, e resíduos do craqueamento catalítico do gasóleo: RAro, resíduo aromático e LCO, Light Cycle Oil. Essa família foi o principal combustível das fábricas de cimento até os anos 70, sendo, ainda hoje, o mais empregado em várias delas; (b) a ***rota do CoPe – coque de petróleo***, ou coque verde de resíduo ultra-viscoso, também especificado comercialmente como *combustível sólido*, caracterizado pela sua granulometria, poder calorífico, teor de enxofre e teor de cinzas. Esse resíduo está sendo cada vez mais utilizado nos fornos de clínquer de cimenteiras, e também na preparação de pastas carbônicas tipo Sodeberg, juntamente com alcatrão e finos de carvão vindos de coquerias, utilizadas no revestimento de cubas e fabricação de bastões para eletrólise de alumínio, na qual, por sua vez, produz-se mais resíduos sólidos de processamento e da filtração de poeiras; (c) a ***rota de um grupo de HC*** – **hidrocarbonetos de uso petroquímico**, empregados na fabricação de artefatos de borracha (família dos C4, C6, butadieno, estireno, polímeros de tintas), cujos *refugos, resíduos e sucatas pós-uso* também vêm sendo co-incinerados nos fornos de clínquer; (d) a ***rota de um grupo de fluidos industriais*** – solventes, aguarrás, óleos lubrificantes, ceras e graxas, utilizadas em todas as indústrias e máquinas, nas montadoras de motores, compressores, bombas, turbinas, máquinas operatrizes, nas frotas e em cada oficina de manutenção mecânica, cujos *resíduos contaminados, borras oleosas e de tratamento* também podem ser destinados aos fornos de clínquer.

A Figura 2.1 mostra, em sentido horário, começando pelo canto esquerdo superior, as quatro rotas descritas, cada uma representada por um volume de controle individualizado, com perímetro pontilhado. No total, são vinte e dois tipos de resíduos – numerados de 1 a 22, em marrom – vão compor a maioria e, em alguns casos, todo o *blend de combustíveis residuais*, e entrar nos *planos de queima* dos fornos rotativos de clínquer das fábricas de cimento.

As etapas de geração de resíduos na cadeira de petróleo e das indústrias selecionadas totalizam onze, e estão também representadas na Figura 2.1 por volume de controle individualizado, com perímetro pontilhado, numeradas de I a XI, indicando os fluxos de entrada e de saída do balanço de massa:

I. nas plataformas de produção de óleo cru, são produzidas as borras oleosas da primeira separação da corrente de óleo cru, cascalho, gases, água salgada e lamas contaminadas das perfurações e outros itens (grupo 1-Bpl)[60];

II. nos terminais de óleo cru, em terra, é feita a drenagem de água do cru armazenado nos tanques e derramentos em valas e canaletas; há separadores de óleo e água, onde são geradas borras residuais (grupo 2-Btq);

III. nas refinarias, nas operações iniciais de drenagem e dessalgação, também são produzidos *borra de tanque* (4-Btq), o efluente da dessalgadora, uma salmoura oleosa (3-SaOl), que deve ter parte do óleo recuperado, e a água contaminada, enviados para a EDTI (IV, no centro da figura). Nas fases de destilação e tratamento de derivados, há emprego de produtos químicos (representadas pelos cubos alaranjados) e geração de *borras de tratamento de derivados* (5-BtrD). Na fase de craqueamento catalítico é gerado *resíduo de catalisador* (6-ReCt), uma mistura granulada fina de silicatos e aluminatos, com traços de vanádio e outros metais, contaminado com gasóleo e coque. No armazenamento de derivados, dentro e fora das refinarias, nos terminais e distribuidoras, é produzida também *borra de fundo de tanque* (7-BtqD). Nas unidades de coqueamento retardado – RBPC, REGAP, REPLAN e REVAP – muita água é utilizada no apagamento do coque, gerando água oleosa contaminada, cujo tratamento produz uma *borra de água de coque* (8-BCo). Nos vasos de selagem do *flair* é gerada uma borra ácida contaminada com H_2S e outros compostos orgânicos da corrente, todos destinados à queima no próprio *flair* (9-Bfl).

IV. nas ETDIs – Estações de Tratamento de Despejos Industriais (também conhecidas como ETEs), onde são tratados grandes fluxos de efluentes líquidos nas refinarias de petróleo e em muitos outros tipos de indústrias (representadas pelos etapas V, VI, VII, VIII, IX e X), são gerados grandes volumes de *borras oleosas* (10-Bol) vindas dos separadores de água e óleo e outras *borras de estações de tratamento de efluentes* (11-Bet); além da corrente principal de efluentes tratados (EfTr), descarregada nos corpos d'água;

V. nas indústrias, frotas, oficinas e montadoras que utilizam os fluidos de processo e de manutenção, como os óleos lubrificantes, ceras, graxas, tintas e solventes, seus fluxos resultantes são bastante variados: supõe-se que haja algum separador de água e óleo onde seriam gerados mais fluxos de *borra oleosa* (Bol 10); mesmo com alguma recuperação interna de tintas e solventes, haverá produção de *borras de tintas* (12-Bti); e de *solventes contaminados* (13-SolC), também destinados à co-incineração em fornos rotativos de clínquer. Supõe-se que uma parte

[60] Há casos comprovados de contaminação radioativa de borras oleosas da primeira separação da corrente de óleo cru, cascalho, gases, água salgada e lamas contaminadas das perfurações, que estavam estocadas em tambores no parque de tubos da Petrobrás de Rio das Ostras (Sevá F°., 1997).

desses efluentes é lançada, de forma regular ou intermitente, diretamente nos corpos d'água (EfLD);

VI. nas lavanderias de roupas industriais são gerados resíduos contaminados com óleos e graxas: uniformes, equipamentos de proteção individual, estopas, panos, esponjas, material de limpeza em geral, que podem ser lavados ou "desengraxados", gerando, neste caso, um grupo de *borras de lavanderia* (15-Bla). Uma parte do material gasto ou sujo poderá ser reutilizado outras vezes; o restante vai resultar em resíduos do tipo *equipamentos de proteção e materiais de limpeza contaminados* (14-EpLiC);

VII. nas recicladoras ou rerrefinadoras, os óleos lubrificantes e graxas gastos ou contaminados provenientes de indústrias e de oficinas são tratados com produtos químicos e vapor, e no processo é gerada a *borra ácida* (16-Trlub). Os lubrificantes recuperados são destinados novamente aos usuários ou aos mercados secundários;

VIII. nas fábricas de borrachas sintéticas e de seus artefatos – os principais são as placas de pisos, tapetes e solados, os pneus e câmaras, as correias de transmissão, esteiras transportadoras, mangueiras, juntas e emborrachamento de rolos, cilindros etc. – são utilizadas quantidades relevantes de butadieno, estireno e outros hidrocarbonetos, solventes, além de enxofre para a vulcanização, e, eventualmente, látex vegetal. Parte da produção fica fora de especificação, defeituosa, gerando *resíduos sólidos da fabricação de borracha e de artefatos* (17-ReFb), que podem ser recuperados na própria indústria, ou então vão para a co-incineração nos fornos de clínquer;

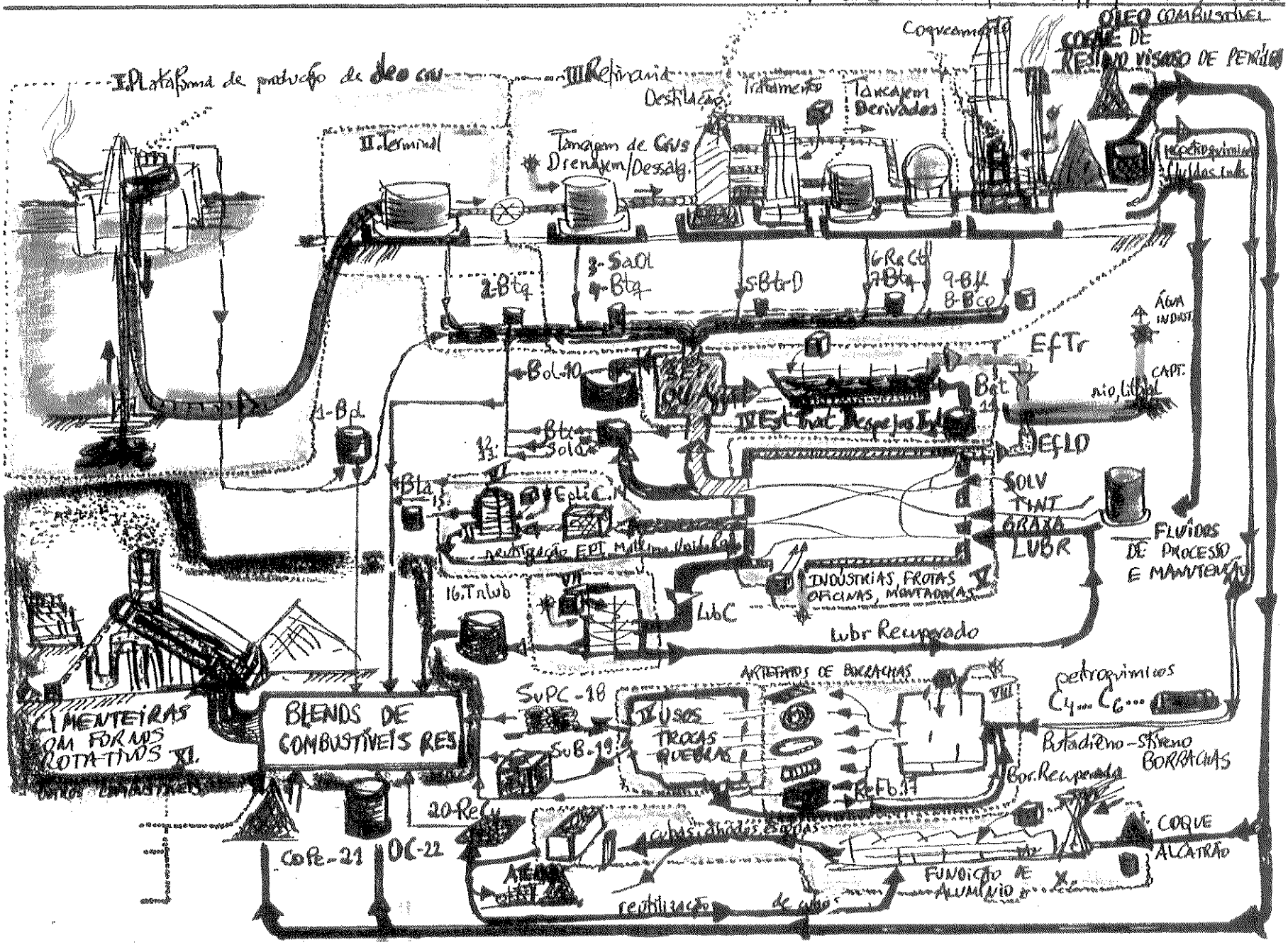
IX. na mesma cadeia industrial, após os usos das peças de borracha são formados fluxos de resíduos sólidos, aqui agrupados como *sucatas de pneus e câmaras* (18-SuPC) e *sucatas de outros artefatos de borracha pós-uso* (19-SuB). Ambos vão para lixões ou aterros, alguns servem para reutilização artesanal – solados de calçados, ou são usados em proteções em estacionamentos e pistas de corrida, muros de arrimo etc. –, e outros são destinados à co-incineração em fornos de clínquer de fábricas de cimento e às retortas de xisto da Petrosix, em São Mateus do Sul, PR;

X. nas fundições eletrolíticas de alumínio primário, é adicionado nas cubas, juntamente com a alumina pulverizada, um fluxo de compostos químicos – sais de flúor, uma mistura conhecida como criolita . Destaca-se grande consumo de pasta carbônica para ânodos e cátodos (cerca de 50 kg por tonelada de metal fundido) e é produzido, regularmente, um fluxo de cubas com crostas de material sólido, e de ânodos não queimados, quebrados, gastos, e de escórias, que constituem os *resíduos de cubas de fundição de alumínio* (20-ReCu), que podem passar por uma "operação de limpeza" e depois serem reutilizadas nas fundições, ou dispostas em aterros, ou destinadas à co-incineração ou ao co-processamento (aproveitamento do alumínio) na fabricação de clínquer;

XI. no *plano de queima* das cimenteiras, entram esses 20 tipos de resíduos, mais o coque de petróleo (21) e os óleos combustíveis (22), agrupados na Figura 2.1, em um perímetro retangular denominado "*Blends de Combustíveis Residuais*".

Não foram apresentados na Figura 2.1 os demais combustíveis não petrolíferos utilizados pelas cimenteiras – carvão mineral e coque, resíduos de madeira e finos de carvão vegetal, resíduos orgânicos e de processamento agroindustrial e outros tipos de resíduos industriais.

Figura 2.1 – ROTAS DO ÓLEO COMBUSTÍVEL, DO COQUE, DOS HIDROCARBONETOS PETROQUÍMICOS (FLUÍDOS INDUSTRIAIS; BORRACHA E ALUMÍNIO) DA CADEIA PRODUTIVA DO PETRÓLEO AOS PLANOS DE QUEIMA E "BLENDS" DE RESÍDUOS NAS CIMENTEIRAS [croquis D.SEVÁ; proj. A.SANTI, 1999-2002]



UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Capítulo 3

Co-incineração e co-processamento de resíduos nos fornos de clínquer: novos riscos na cadeia de fabricação e uso do cimento

O objetivo deste Capítulo é mostrar (a) como a co-incineração e o co-processamento de resíduos nos fornos de clínquer agrega novos riscos em toda a cadeia de produção e uso do cimento; e (b) quais são as implicações para as condições de trabalho, de vida, e de saúde; é fazer uma análise para além dos muros das fábricas.

3.1. Introdução

Na investigação realizada neste trabalho, pôde-se observar que as inúmeras publicações referentes à co-incineração ou ao co-processamento de resíduos nos fornos de clínquer de fábricas de cimento enfocam o tema considerando os aspectos tecnológicos do processo produtivo; as restrições legais quanto aos níveis de emissão de poluentes, especialmente, na chaminé da planta de clínquer; o elenco de resíduos mais interessantes à indústria cimenteira em vista de suas propriedades físico-químicas e quantidades disponíveis; a garantia da qualidade do produto final; e as oportunidades que a prática oferece tanto aos fabricantes de cimento, quanto aos geradores de resíduos e aos donos de passivos ambientais.

Evidencia-se uma escassez de estudos sobre a contaminação ambiental das áreas que perpassam os limites das plantas cimenteiras, e suas conseqüências para as pessoas – processo de adoecimento e morte – que estão envolvidas em toda a cadeia de produção de cimento com emprego de resíduos.

Mais raros são os trabalhos que se dedicaram à determinação dos múltiplos riscos associados aos resíduos industriais perigosos, dos componentes que lhes conferem periculosidade, e da contaminação química, atualmente em curso, causada pelo descontrole das atividades de manuseio, transporte e tratamento desses materiais, embora já se vão cerca de trinta anos do reconhecimento dos efeitos sobre a saúde dos moradores de *Love Canal* causados pelo descarte de resíduos industriais, e a conseqüente proposta de uma nova legislação nos Estados Unidos e uma maior atenção nesse e em outros países para o manejo dos resíduos industriais que, até então, vinha sendo realizado com falta total de cuidado, como ocorre até hoje em muitos países. Aliás, não se esperava quadro diferente, pois, na atualidade, apesar das mais de 100 mil

substâncias químicas industrializadas e em uso rotineiro, apenas umas 6 mil foram estudadas (Freitas, Porto, Moreira et al., 2002).

Reconhece-se que as substâncias químicas – e os resíduos industriais não são nada mais do que uma mistura complexa delas – que entram no ambiente como resultado das diversas atividades antropogênicas, podem causar efeitos físicos, químicos e biológicos sobre o meio ambiente e os seres vivos; que esses efeitos podem ser diretos ou indiretos; e que, muitas vezes, são resultado da exposição crônica a quantidades muitos baixas, e, por isso, não podem ser detectados de imediato ou pelos métodos analíticos usuais (Albert, 1997). A extensão da contaminação dependerá da natureza química dos materiais envolvidos, de suas características físico-químicas, da sua concentração e da freqüência e duração da exposição.

A percepção da enorme variedade de efeitos adversos potenciais causados pelos numerosos compostos químicos e suas misturas promoveu o desenvolvimento de técnicas para avaliação de riscos ambientais e de saúde relacionados à exposição aguda e crônica às substâncias químicas em suas múltiplas formas – produtos utilizados como matérias-primas e insumos; produtos diversos para uso da sociedade; poluição emitida pelas chaminés e emissários das unidades fabris, descarregada no ar e nos cursos d'água; poluição estocada nas áreas industriais como resíduo sólido; poeiras e vapores suspensos na atmosfera do interior das fábricas e nos aglomerados urbanos etc.

Nesse contexto, a análise da produção de cimento com emprego de resíduos industriais, para gerar energia ou para substituir matéria-prima, não pode se limitar aos aspectos tecnológicos de processo, às políticas de planejamento energético e ao cumprimento das regulamentações ambientais. É preciso estender a visão para toda a cadeia de produção que se inicia com a geração do resíduo, engloba sua estocagem, acondicionamento, transporte, processamento na produção, e utilização do cimento. Na verdade, se observada com atenção, a cadeia de produção de cimento não tem um final bem definido, pois são milhões de consumidores, e num dado momento do futuro, os materiais de construção virarão entulho, com destinação provavelmente desconhecida. Por trás dessa cadeia de produção estão trabalhadores e cidadãos. Todos, de alguma forma, expostos aos riscos da fabricação e do uso do cimento.

De acordo com Wynter (1997), "*risco é a probabilidade de que ocorra um efeito adverso no indivíduo ou na população, pela exposição a uma concentração ou dose específica de um agente perigoso. Esta definição engloba duas dimensões: a possibilidade de que haja um resultado negativo; e a incerteza sobre o aparecimento, duração e magnitude do resultado*

adverso". Para o caso em estudo, significa a possibilidade de que as pessoas adoeçam ou morram, ou que o ambiente seja contaminado, sem, entretanto se saber, quando, em que extensão, e em que magnitude isso ocorrerá.

3.2. Avaliação e Análise de Riscos: instrumentos para o controle e a prevenção dos riscos crônicos e acidentais

Embora tenham suas origens no século XVII, a *Avaliação e a Análise de Riscos* desenvolveram-se particularmente a partir da década de 1970, quando a impressa mundial noticiou os efeitos da contaminação envolvendo substâncias perigosas – crianças com má formação congênita, solos contaminados com pesticidas e os graves acidentes de Seveso (1976), Three Mile Island (1979), Bhopal (1984) e Chernobil (1986) – e a oposição pública aos *riscos tecnológicos* se fortaleceu. *"A avaliação e a análise de riscos emergem num determinado período histórico como resposta técnica a um problema que também é social"* (Freitas, 1996). A institucionalização da avaliação de riscos como instrumento de tomada de decisão no nível governamental foi retratada na *Agenda 21*, que dedicou o Capítulo 19 ao *"manejo ecologicamente saudável das substâncias químicas tóxicas, incluída a prevenção do tráfico internacional ilegal de produtos tóxicos perigosos"*.

A *Avaliação de Riscos* é considerada importante ferramenta que permite caracterizar de forma sistêmica e científica o potencial adverso dos efeitos *das exposições crônicas* às substâncias, processos, ações ou eventos perigosos (Wynter, 1997; Brilhante, Caldas, 1999).

Não há um procedimento geral e uniformemente aplicado para o desenvolvimento da Avaliação de Riscos (Wynter, 1997; Brilhante, Caldas, 1999), mas é consenso que o desenvolvimento da metodologia contemple três etapas: (1) o processo de *avaliação de riscos*; (2) o *gerenciamento de riscos*; e (3) a *comunicação de riscos*. O objetivo é obter-se o maior número de informações possíveis para subsidiar as decisões a serem tomadas em relação ao gerenciamento dos riscos, o qual, por sua vez, deverá ser comunicado *de maneira clara e inequívoca a todos os que podem ser afetados pelos riscos*.

A etapa de a*valiação de riscos* consta de quatro fases[61] (USEPA, 1996b): identificação do perigo; avaliação da relação dose-resposta; avaliação da exposição; e caracterização do risco. A

[61] O modelo para o desenvolvimento da avaliação de riscos foi proposto pela Academia Nacional de Ciências e o Conselho Nacional de Investigação dos Estados Unidos, e tem sido utilizado por várias agências governamentais, em

identificação do perigo inclui a coleta e a avaliação de dados sobre os tipos de danos à saúde que uma dada substância pode produzir e em que condições de exposição os danos se manifestam; e permite determinar se é cientificamente correto inferir se os efeitos tóxicos observados em condições específicas podem ocorrer em outras situações. As informações necessárias nesta etapa são obtidas a partir de estudos de laboratório realizados em cobaias, de investigações epidemiológicas em populações expostas, e registros de casos de exposição de pessoas. A *avaliação dose-resposta* é a estimativa da extensão do efeito de uma dada substância (resposta) aos seres humanos em particular, em função dos diversos níveis de exposição (dose) a que estão submetidos. É determinada a partir da extrapolação dos resultados dos estudos com cobaias, fato que tem provocado discussões e *aponta a existência de um grande número de incertezas* (Wynter, 1997; Brilhante, Caldas, 1997). A *avaliação da exposição* inclui a estimativa do número de pessoas expostas a uma determinada substância, as vias de exposição, assim como a magnitude, a duração e a freqüência da exposição. Os níveis de concentração das substâncias perigosas no ambiente, determinados pelas características da fonte geradora e da quantidade emitida; pelos fatores que controlam o transporte, a persistência e a degradação da substância no meio ambiente; pelos fatores que determinam o contato das pessoas com a substância e os mecanismos de absorção no corpo humano são utilizados como referência na estimativa da exposição ao agente perigoso. Normalmente, os dados sobre exposição humana a uma mistura de poluentes são escassos, existindo uma tendência a não considerá-los nos estudos, ampliando-se, com isso, as incertezas (USEPA, 1996b; Brilhante, Caldas, 1999). Na fase de *caracterização do risco* é estimada a magnitude do risco para a saúde pública e identificados os cenários de exposição a partir dos dados e informações obtidas, no contexto em que o risco acontece, considerando as suposições, bem como as incertezas qualitativas e quantitativas que permearam todo o processo de avaliação de riscos (USEPA, 1996b; Wynter, 1997).

Na etapa do *gerenciamento de risco* é realizada a análise, seleção, desenvolvimento e implementação das ações para o *controle* e a *prevenção* dos riscos identificados na etapa anterior. O pressuposto básico é que os riscos podem ser controlados (USEPA, 1996b). Como não há uma linearidade entre produzir, gerar riscos e causar agravos à saúde – a questão é remetida à comprovação e à legitimação do nexo causal –, e entre cada um desses elos há mediações relacionadas ao projeto industrial, à nocividade dos agentes de risco, às condições de trabalho e de exposição e à suscetibilidade individual das pessoas expostas, abrem-se possibilidades para a prevenção e minimização do risco em diversos níveis (Rigotto, 2002).

---

particular a USEPA, para avaliar o risco de câncer e outras conseqüências resultantes da exposição humana aos produtos tóxicos. É muito criticado por autores independentes como O'Brien (2000).

Na etapa de *comunicação de riscos*, as pessoas são informadas sobre os riscos para a segurança e a saúde, aos quais estão expostas. O planejamento da comunicação de risco pode recorrer a uma variedade de modelos, que abrigam propostas "*como a simples informação para o público das avaliações e decisões de especialistas – um modelo elitista –, ou o desenvolvimento de um processo de diálogo com o público, com a inclusão das dimensões da percepção do risco e a interação dos segmentos envolvidos, visando a construção social do processo decisório*" (De Martini Jr., 1998).

A *Análise de Riscos* foi proposta com o objetivo de prever a ocorrência de distúrbios em instalações industriais ou atividades potencialmente geradoras de *acidentes ambientais ampliados*, definidos como "*eventos agudos, tais como explosões, incêndios e emissões, individualmente ou combinados, envolvendo uma ou mais substâncias perigosas com potencial de causar simultaneamente múltiplos danos ao meio ambiente e à saúde dos seres humanos expostos*"[62] (Freitas, Porto, Machado, 2000). Destacam-se as minerações, as indústrias de transformação, o transporte rodoviário e ferroviário, o armazenamento e a transferência de materiais perigosos em dutos.

Os estudos de análise de riscos são desenvolvidos em cinco fases (Serpa, 2000): (1) *caracterização do empreendimento e da região*; (2) *identificação de perigos*; (3) *análise de conseqüências e de vulnerabilidade*; (4) *cálculo e avaliação de riscos*; (5) *gerenciamento de riscos*. A fase de *caracterização do empreendimento* e *da região* inclui a descrição geográfica da localidade; a distribuição populacional; as características climáticas; a descrição física e *layout* da instalação; a caracterização das substâncias químicas de processo (utilizadas ou produzidas) e as formas para sua manipulação, estocagem, transferência e processamento; as rotinas operacionais, de manutenção e de segurança. A *identificação de perigos* tem o objetivo de definir os diferentes cenários acidentais possíveis de ocorrer. São empregados vários métodos: análise histórica de acidentes, análise preliminar de perigos, análise de modos de falhas e efeitos, e HAZOP[63]. Tendo como referência os cenários acidentais estabelecidos, é realizada a *análise de conseqüências e vulnerabilidade* das pessoas e do meio ambiente a esses eventos, por meio de modelos matemáticos dos fenômenos acidentais esperados (incêndios, explosões e vazamentos). O *cálculo e a avaliação dos riscos* são realizados utilizando-se a técnica da análise de árvore de falhas, que

[62] O artigo 3° da Convenção n° 174 da OIT define "*acidente maior*" (ou acidente ampliado) como "*todo evento subitâneo, como emissão, incêndio ou explosão de grande magnitude, no curso de uma atividade em instalação sujeita a riscos de acidentes maiores, envolvendo uma ou mais substâncias perigosas e que implica em grave perigo, imediato ou retardado, para os trabalhadores, a população ou o meio ambiente*".

permite identificar as possíveis falhas dos equipamentos e as probabilidades de ocorrerem erros operacionais. Na etapa do *gerenciamento de risco* são propostas e implantadas medidas de prevenção (para redução da freqüência dos acidentes) e de proteção (para minimização das conseqüências dos acidentes[64]).

Os resultados obtidos na *Avaliação de Riscos* e na *Análise de Riscos* são estimativas quantitativas dos riscos – considerado pelos especialistas como *fenômenos probabilísticos* –, valores que serão comparados com outros considerados *socialmente aceitáveis*, apresentados na literatura especializada[65]. É preciso, entretanto, levar em conta que os resultados numéricos obtidos podem apresentar grande margem de erro, devido às incertezas inerentes que permeiam esses processos de avaliação e às hipóteses simplificadoras que são assumidas, como, por exemplo, em relação às quantidades de contaminantes inaladas, ingeridas ou absorvidas pelas pessoas durante o tempo de exposição, o que, por sua vez, depende de diversas outras variáveis. Questiona-se se os resultados são reprodutíveis quando são considerados os indivíduos isoladamente ou cada instalação industrial (mesmo operando com os mesmos padrões tecnológicos de outra planta tomada como referência), pois os resultados, para esses casos, dependem também das características do território e do perfil da população onde os empreendimentos estão instalados.

Diferentemente de outras ferramentas de análise e auxílio à tomada de decisão desenvolvidas nos anos 70, como os estudos para Avaliação de Impacto Ambiental, "*a Avaliação e Análise de Riscos pouco evoluíram no sentido de incorporar procedimento para o envolvimento público, e segue sendo bastante contestada*" (Sanchez, 2000), pois, como bem colocado por De Martini Jr. (1998), os responsáveis pelo gerenciamento de riscos tecnológicos, por vezes, resistem em considerar que a população percebe e entende o risco, uma vez que estão acostumados a decidir com base nos resultados probabilísticos para o risco objetivo – o que considera-se uma abordagem tradicional da Análise de Riscos, dentro dos escritórios, e não leva em conta os riscos subjetivos decorrentes da *percepção leiga do risco* e, consequentemente, a participação efetiva da população no processo decisório.

---

[63] HAZOP é a sigla de *Hazard & Operability Study*

[64] Os planos para resposta à emergência são considerados medidas de proteção, pois têm por objetivo a minimização dos impactos decorrentes dos acidentes.

[65] Valores estabelecidos para os países desenvolvidos.

3.3. Resíduos perigosos são fonte de novos e inéditos riscos e de contaminação

A geração de resíduos é inerente às atividades humanas. As quantidades geradas, o grau de periculosidade e as formas de eliminação desses materiais tornaram-se motivo de preocupação crescente, uma vez que não é mais possível desconhecer a freqüência e a gravidade dos níveis de contaminação por eles causados, bem como a comprovação de seus efeitos adversos sobre o meio ambiente e a saúde.

O debate em torno dos riscos e da contaminação associados aos resíduos decorrem do fato de que muitos deles são ou podem ser potencialmente perigosos, embora, como alerta Wynne (1987), dependendo do grau de percepção, ou da grande margem de incerteza e de variação dos critérios técnicos e normativos para sua classificação, resíduos poderão ser considerados perigosos ou não.

Frente à dificuldade para a realização das análises necessárias à determinação da composição química e das propriedades dos resíduos, por tratar-se de materiais complexos, constituídos de misturas de substâncias químicas múltiplas, em variados níveis de concentração – o que tornam os custos das análises elevados –, organismos internacionais e órgãos ambientais estabeleceram *critérios* para a classificação de resíduos baseados na definição de uma *série limitada* de substâncias e de propriedades físico-químicas capazes de conferir periculosidade aos materiais, e na identificação de resíduos de processamento industrial considerados perigosos, também listados nas normas técnicas e regulamentos ambientais.

Exemplos podem ser encontrados na norma NBR 10004 – Resíduos Sólidos, utilizada para a classificação de resíduos no Brasil e no texto da Convenção de Basiléia, onde estão explicitadas categorias de resíduos perigosos por fonte geradora: resíduos oriundos da produção, formulação e utilização de solventes orgânicos; resíduos oriundos de operações de tratamento térmico e de têmpera, que contenham cianetos; resíduos de alcatrão resultantes de refino, destilação ou qualquer outro tratamento pirolítico; resíduos oriundos da produção, formulação e utilização de tintas em geral, corantes, pigmentos, lacas, vernizes etc. (ABNT, 1987; São Paulo/SMA, 1997).

Citam-se como exemplos de elementos constitutivos que conferem periculosidade aos resíduos os radicais carbonilos metálicos, berílio, arsênio, selênio, cádmio, antimônio, telúrio, mercúrio, tálio, chumbo e seus compostos; cianetos inorgânicos; fenóis e compostos fenólicos; compostos de cromo hexavalente; compostos de cobre e zinco; éteres, solventes orgânicos,

compostos fosforosos orgânicos, soluções ácidas e soluções básicas, qualquer congênere de dibenzofurano ou de dibenzo-p-dioxina; e compostos orgânicos halogenados (São Paulo/SMA, 1997). Propriedades como inflamabilidade, reatividade, corrosividade, toxicidade e patogenicidade (esta especialmente relacionada aos resíduos dos serviços de saúde) são as propriedades escolhidas para determinar o grau de periculosidade de um dado resíduo.

Os exemplos confirmam que está em jogo uma multiplicidade de substâncias perigosas, que têm potencial para contaminar o meio ambiente e para adoecer as pessoas, e que, "*em associação, podem desenvolver ações sinérgicas provocando efeitos adversos mais intensos*" (Brilhante, Caldas, 1999).

As peculiaridades dos resíduos mostraram que as práticas convencionais para o controle ambiental dos efluentes atmosféricos e líquidos, que na última etapa do processo de depuração são diluídos no ar atmosférico e em cursos d'água, não puderam ser aplicadas para esses materiais. Diferentemente dos efluentes atmosféricos e líquidos, os resíduos não são dispersos e diluídos no meio ambiente. São *materiais concentrados* e nessa condição devem ser manipulados, transportados e tratados antes do eventual tratamento térmico, contenção ou disposição a que estarão sujeitos.

Há múltiplas opções tecnológicas para a realização das operações às quais os resíduos são submetidos visando seu controle ambiental, e, assim, um único resíduo pode sofrer alterações na composição química, na forma ou no seu valor agregado, podendo, inclusive, ser vendido, dependendo da opção que se faz. Tais possibilidades definem a natureza e o *status* dos riscos e dos aspectos legais, regulatórios e econômicos de sua destinação (Wynne, 1987), e demonstram que *não há um único ciclo de vida possível para um dado resíduo.*

A dificuldade em gerenciar as etapas intermediárias do processo de destinação do resíduo é ampliada por procedimentos preliminares que são adotados como, por exemplo, misturar resíduos para produzir um *blend* de resíduos com propriedades mais adequadas a um determinado uso ou tratamento, ou para reduzir os custos de transporte. As misturas, por suas características físico-químicas diferentes das características dos resíduos orginais, potencializam o risco e dificultam o controle ambiental da destinação desses materiais tal como estabelecido nas normas reguladoras, pois o resíduo já não é o mesmo. Essas modificações, realizadas em qualquer tempo e lugar, entretanto, não eximem o gerador da responsabilidade pelos danos ou pela contaminação causados pelas misturas de resíduos durante todo o ciclo de vida do material.

Assim, as inúmeras possibilidades de movimentação do resíduo – para estocagem, transporte, tratamento ou outra finalidade, no caminho até sua destinação final – somados à sua periculosidade, conferem um grau extra de incerteza ao sistema estabelecido pela geração e destinação do resíduo, já complexo e indeterminado.

3.4. Disseminação dos riscos e da contaminação na cadeia de produção e uso do cimento fabricado com emprego de resíduos

As questões que se colocam na avaliação do processo de produção de cimento com emprego de resíduos, para além dos aspectos relacionados ao gerenciamento de resíduos ou ao planejamento energético, como tem sido abordado, estão relacionadas aos riscos e à contaminação por substâncias tóxicas presentes na massa dos resíduos – classificados como perigosos ou não –, nas emissões atmosféricas das plantas cimenteiras e no próprio cimento, como já ficou evidenciado. Para discuti-las é necessário seguir as pistas dos movimentos das substâncias perigosas e a mobilidade dos riscos, em toda a cadeia de produção, inclusive porque algumas substâncias podem causar agravos à saúde mesmo em concentrações extremamente baixas.

O caminho a ser trilhado começa na *fonte geradora do resíduo*. Logo após a geração, supondo que foi respeitado o critério da segregação na fonte, o resíduo é estocado ou transferido para áreas externas[66]. O *transporte do resíduo até a fábrica de cimento* exige a preparação da carga, o transporte em si e o descarregamento do material. Na fábrica de cimento, em geral, o resíduo fica estocado temporariamente para, em seguida, ser direcionado aos sistemas alimentadores de resíduos dos fornos rotativos de clínquer.

Em todas as etapas consideradas, da geração do resíduo até a entrada do material no forno, há riscos de acidentes com vazamento ou derramamento de substâncias perigosas; há riscos de emissão de substâncias voláteis, quando presentes na massa do resíduo, ou de poeiras geradas nas eventuais operações de pré-tratamento (britagem, mistura). Se o resíduo é inflamável, há risco de incêndio e explosão, com formação de nuvens de poluentes atmosféricos perigosos (Santi, Sevá F°, 1999). Os cenários das conseqüências prováveis serão contaminação do solo e das águas, poluição do ar, danos à fauna e à flora, intoxicação de trabalhadores e das populações vizinhas às

[66] Há a possibilidade do resíduo ser reutilizado ou tratado nas próprias instalações industriais, mas essa situação não configura o cenário em análise neste trabalho.

plantas industriais e aos locais de acidentes envolvendo o transporte (rodoviário ou ferroviário) do resíduo, perda de equipamentos e materiais.

Em todas as etapas há interferência de trabalhadores na realização das atividades, do que pode-se concluir que as pessoas diretamente envolvidas estão na indústria geradora do resíduo, são motoristas ou seus ajudantes, ou estão nas plantas cimenteiras. As distâncias que os separam podem somar milhares de quilômetros, mas todos estão sujeitos aos riscos de contaminação pela exposição às substâncias perigosas do resíduo, seus vapores e particulados, e às substâncias formadas nos eventuais cenários de acidentes com fogo ou explosão, e ao desenvolvimento de doenças ocupacionais.

Poder-se-ia imaginar um rastro de contaminação ao longo das rodovias por onde trafegam os caminhões carregados de resíduos perigosos, especialmente se, no trajeto, ocorrer algum acidente. Nesses casos o risco de contaminação, por exposição aos resíduos ou aos poluentes gerados em reações não controladas, se estende aos policiais rodoviários, aos bombeiros, aos policiais militares, aos agentes da defesa civil e dos órgãos ambientais, aos técnicos das empresas que prestam serviços de socorro que estão no local do acidente, aos cabineiros de pedágios e à população que, por ventura, esteja assentada próxima à rodovia. As fábricas de cimento e as empresas gestoras de resíduos, que intermediam os negócios da co-incineração, são co-responsáveis pelas conseqüências dos acidentes que possam ocorrer durante o transporte dos resíduos.

O problema é real: casos de intoxicação aguda e impregnação cutânea nos motoristas de empresas transportadoras de resíduos perigosos destinados às fábricas de cimento instaladas no município de Cantagalo, RJ, foram constatados pela população local e encaminhados à Vigilância Sanitária daquele município e às ONGs Greenpeace e Defensores da Terra. Os motoristas faziam consultas freqüentes ao posto médico, com queixas de dores de cabeça, náuseas e vômitos. O Serviço de Saúde local confirmou os sintomas de intoxicação por resíduos químicos – irritação na pele e nos olhos, vômitos e diarréia. Os próprios moradores das comunidades vizinhas às indústrias de cimento reclamam de problemas respiratórios e de cheiro desagradável, que, segundo eles, seriam causados por *resíduos tóxicos* (Porto et al., 1998). As empresas de cimento da região que co-incineram resíduos estão sendo investigadas, desde 1993, pelo Ministério Público do Trabalho do Estado do Rio de Janeiro em face às denúncias de problemas ambientais e riscos para a saúde dos trabalhadores (Dantas, 2000).

Como não foi possível contestar as evidências da contaminação, uma das empresas envolvidas alegou que a origem dos problemas de saúde dos motoristas é "*a falta de treinamento, de EPIs e de uniformes. Os motoristas não usam roupas próprias e esperam o descarregamento do caminhão, já suportando o cheiro forte de alguns resíduos durante toda a viagem. Assim, passam a ter problemas de intoxicação (...) O uso de EPIs, principalmente o uso de máscaras (sic), poderia ser uma exigência rígida como é para os funcionários (da empresa)*" (Dantas, 2000).

As pesquisas desenvolvidas pelo Centro de Estudos de Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana da FIOCRUZ e pela Secretaria de Estado da Saúde do Rio de Janeiro, por meio do Programa de Saúde do Trabalhador, para atender à solicitação do Ministério Público, avaliaram o processo de co-incineração de resíduos nos fornos rotativos das fábricas de cimento de Cantagalo "*como sendo de altíssima gravidade para a saúde dos trabalhadores e para o meio ambiente do município*" (Mattos, Ribeiro, 1997).

Nas *unidades de pré-tratamento e mistura* são preparados *blends* de resíduos com composição química e poder calorífico mais homogêneos, o que possibilita a utilização de mais tipos de resíduos como combustíveis nos fornos de clínquer, agregando novos riscos à cadeia de produção e uso do cimento: a manipulação, moagem, peneiramento, mistura e o transporte de grandes quantidades de resíduos perigosos e de *blends*; a emissão de material particulado, constituído do substrato, do resíduo, e de substâncias voláteis emitidas durante a manipulação dos resíduos para o ambiente de trabalho e para a atmosfera; a geração de efluentes líquidos, constituídos das águas de lavagem de pisos ou contaminadas com resíduos; e as embalagens de resíduos descartadas. Somam-se aos riscos de exposição aos materiais perigosos, os riscos de acidentes devido ao derramamento de material, incêndios e explosões.

Acompanhar o movimento dos componentes tóxicos dos resíduos no *sistema de produção de clínquer* não é tarefa simples, porque, além das extensas e complexas reações químicas que ocorrem dentro do forno rotativo, substâncias tóxicas semelhantes são introduzidas no sistema reagente pelas matérias-primas, que além dos carbonatos e óxidos de silício, alumínio e ferro contêm ainda pequenas concentrações de uma série de outros minerais secundários como haletos, sulfetos e álcalis, e metais pesados, que interferem de modo significativo na operação do forno devido aos *ciclos químicos* que formam na rota de fabricação entre o sistema de pré-aquecimento e a zona de clinquerização.

Os compostos formados podem ser emitidos para a atmosfera juntamente com o material particulado e com os gases de combustão, ou serem incorporados ao clínquer. Na primeira situação, provocam alterações no ambiente próximo à fábrica e impactos negativos na saúde da população, devido à sua toxicidade e aos seus efeitos cumulativos, insidiosos, levando as pessoas expostas ao adoecimento (Sprung, 1985; Santi, Sevá F°, 1999).

Embora os fornos de clínquer apresentem condições operacionais adequadas à decomposição térmica dos resíduos, sua operação com emprego desses materiais como energéticos ou matéria-prima secundários traz alguns embaraços, pois a heterogeneidade dos resíduos, principalmente em relação a sua composição química, conforme constatado por Porto et al. (1998), "*ocasionam alterações na composição do produto e problemas operacionais graves*".

Os *ciclos químicos internos* formados pelos compostos que se vaporizam na zona quente do forno, condensam-se nas partes inferiores do pré-aquecedor e são reintroduzidos no equipamento juntamente com o fluxo descendente de matérias-primas, e os *ciclos químicos externos* formados pelo pó de clínquer coletado nos equipamentos de controle da poluição (precipitador eletrostático ou filtro de mangas) que é realimentado no sistema do forno juntamente com a farinha crua, resultam em zonas de concentração e enriquecimento de metais pesados e outros compostos (Sprung, 1985; Neumann,1990; Schäfer, Hopenig, 2001; Maringolo, 2001). Essas substâncias são constantemente arrastadas pelos gases que deixam o forno rotativo e podem ser emitidas para a atmosfera, inclusive pela chaminé do resfriador de clínquer, ou serem incorporadas no clínquer, passando para o cimento, fazendo com que trabalhadores e populações vizinhas às fábricas fiquem sujeitos aos riscos da exposição crônica às substâncias de elevada toxicidade emitidas pela unidade industrial.

Os resultados da pesquisa realizada por Maringolo (2001) para avaliar as possíveis alterações no clínquer produzido com co-incineração de uma mistura de resíduos – equivalente a 30% de substituição energética – em comparação com o clínquer produzido somente com utilização de óleo combustível[67] mostraram que há um aumento considerável na concentração de alguns metais no clínquer: Zn (de 21,3 ppm para 158,4 ppm); Cu (de 5,8 ppm para 80,2 ppm); Ni (de 21,6 ppm para 61,3 ppm); Co (de 2,8 ppm para 17,0 ppm); V (de 45,2 ppm para 64,3 ppm). No pó de clínquer analisado, concentraram-se os elementos voláteis e semi-voláteis: Cd (de 100

[67] Os ensaios foram realizados com clínqueres produzidos pela Companhia de Cimento Ribeirão Grande, SP, que tem capacidade para produzir 3000 toneladas de clínquer por dia, em amostras coletadas no período de dezembro de 1997 a dezembro de 2000, tendo sido analisadas também duas farinhas e dois pós de clínquer (pó do precipitador eletrostático) (Maringolo, 2001).

ppm para 408 ppm); Pb (de 12,4 ppm para 118,7 ppm); tendo sido registrado um aumento da concentração de tálio e de mercúrio. O pesquisador afirma que o clínquer fabricado com co-incineração de resíduos é "*caracteristicamente enriquecido em elementos traços*", e que o "*enriquecimento em determinado elemento está diretamente relacionado à composição do blend, que varia de acordo com as correntes de resíduos utilizadas na mistura*".

Os resíduos também influem na cadeia de reações intermediárias que ocorrem no forno de clínquer, contribuindo para a formação de outros compostos que aumentarão o potencial de risco dos efluentes atmosféricos dos fornos. Estudos realizados pela *US Environmental Protection Agency* (Porto et al.,1998; USEPA, 1998) mostraram que dibenzo-p-dioxinas e dibenzofuranos[68], podem ser emitidos para a atmosfera a partir de plantas de fabricação de cimento. No início da década de 90, o órgão ambiental americano detectou a presença de dioxinas e furanos no material particulado e nos gases de exaustão de fornos de clínquer e indicou que *as fábricas de cimento que processam resíduos perigosos são fontes significativas de dioxinas e furanos* (Porto et al.,1998).

No relatório publicado em 1998, a USEPA informou que as dioxinas e furanos são formados nos equipamentos de controle de emissão de material particulado, que operam com fluxos gasosos provenientes do forno de clínquer, em fase de resfriamento, mas ainda em temperaturas superiores a 150°C, que favorecem a reação, e concluiu que "*os níveis de emissão desses compostos são cerca de 80 vezes maiores, quando o clínquer é produzido com emprego de resíduos: 0,29 ngTEQ*[69] *contra 24,34 ngTEQ*". Ainda de acordo com Porto et al. (1998), as fábricas de cimento que processam resíduos foram a segunda maior fonte de dioxinas e furanos entre todas as fontes emissoras conhecidas nos Estados Unidos: 850 gTEQ, correspondente à 19,6% da quantidade total.

Os resultados das pesquisas comprovam que substâncias perigosas são emitidas pelas chaminés das plantas de fabricação de cimento e que as quantidades lançadas para o ambiente aumentam quando resíduos perigosos são introduzidos no processo.

Outras formas de poluição e de risco derivam-se da co-incineração de resíduos nos fornos rotativos de clínquer: o *chorume* que vaza dos tambores (ou outras embalagens) onde os resíduos

[68] Em 1997, a Agência Internacional de Pesquisas do Câncer classificou as dioxinas mais tóxicas como sendo carcinogênicas para os humanos (Greenpeace, www.greenpeace.org.br)
[69] Toxicidade Equivalente em relação aos compostos 2,3,7,8 polidiclorodibenzo-p-dioxinas (PCDD) e polidiclorodibenzo furanos (PCDF).

estão armazenados e as águas de lavagem de pisos e de uniformes. Esses efluentes, que são líquidos, estão contaminados com as mesmas substâncias perigosas contidas nos resíduos, devendo ser criteriosamente segregados, coletados e tratados para minimizar a exposição aos agentes perigosos.

As embalagens utilizadas no acondicionamento dos resíduos e que não foram introduzidas no forno junto com o material são fonte de poluição e de contaminação: em geral, os *big-bags* são devolvidos aos geradores e fornecedores dos resíduos. Empilhados nas carrocerias dos caminhões, estariam sendo levados para as indústrias geradoras, para serem novamente enchidos com os mesmos resíduos, com todos os cuidados necessários à sua segregação e manipulação, ou teriam uma outra destinação? Os tambores metálicos são prensados e enviados às usinas siderúrgicas para reciclagem. Como se vê, as possibilidades de disseminação dos riscos ampliam-se, para direções, às vezes, desconhecidas.

Os empregados das fábricas de cimento que trabalham nas áreas de recebimento, preparação, estocagem e transferência de resíduos estão sujeitos à *exposição crônica* aos vapores orgânicos, poeiras inaláveis, fluoretos, compostos de metais pesados, arsênio, mercúrio na forma de particulado (Dantas, 2000) e à outras tantas substâncias químicas perigosas que podem ser exaladas ou emitidas durante a manipulação dos materiais, uma vez que os sistemas operacionais são abertos; e aos *riscos de acidentes* relacionados aos vazamentos e derramamentos de resíduos – é comum os tambores com resíduos chegarem às fábricas de cimento apresentando vazamento – e aos incêndios nos tanques de resíduos líquidos ou com sólidos inflamáveis, que podem causar lesões corporais graves, além de danos ao meio ambiente, às instalações e à população vizinha à planta industrial[70] (Dantas, 2000).

Observa-se que existe uma preocupação muito grande por parte de geradores de resíduos, cimenteiras e empresas gestoras de resíduos em demonstrar que não há contaminação associada à co-incineração nos fornos de clínquer, utilizando como argumento o fato de que os resultados das análises realizadas estão dentro dos padrões estabelecidos nas resoluções e normas ambientais, trabalhistas, nacionais e até internacionais. Cita-se um exemplo relacionado à saúde ocupacional (Dantas, 2000): "*A empresa (de pré-tratamento de resíduos para co-incineração) possui um sistema de medição e monitoramento da exposição dos funcionários a agentes químicos. O resultado das medições mostrou que não há atividade ou operações insalubres por exposição a*

agentes químicos, pois todos os valores encontrados para as variáveis medidas ficaram abaixo dos limites estabelecidos", que espelha bem o discurso das empresas, e no qual se baseiam os analistas ambientais e de saúde do trabalho para autorizar a realização da co-incineração de resíduos nos fornos de clínquer. É sabido, que mesmo com todas as normas e seus resultados, os trabalhadores brasileiros continuam adoecendo no chão das fábricas, como demonstram as estatísticas e os estudos referentes à saúde ocupacional.

Essa discussão, aliás, não poderia desenrolar-se sem que se faça referência ao processo de globalização que tem levado a mudanças nas relações entre produção e trabalho, à reestruturação produtiva e às políticas neoliberais recentes, que, como colocado por Druck e Franco (1997), "*têm implicado a reorganização dos setores industriais, a tendência à perda de conquistas sociais, a precarização das condições de trabalho, a vulnerabilização das condições de segurança industrial e a fragilização das resistências e ação coletiva, compondo um cenário nada propício para a reconstrução ética do mundo do trabalho e da produção*", impedindo o esboço de quaisquer reações frente às condições insalubres e inseguras de trabalho. Somam-se a esses acontecimentos, o fato de que uma boa parte das funções mais insalubres e inseguras são realizadas pelos trabalhadores com menor nível de instrução, portanto, mais ignorantes na percepção dos riscos crônicos a que estão expostos, tornando-os mais vulneráveis ao adoecimento e morte. Entretanto, mesmo que percebam os danos que as tarefas diárias lhes causam, sujeitam-se a essas condições, como forma de garantir o posto de trabalho.

As pessoas que vivem nas áreas vizinhas às unidades industriais – e também nas áreas nem tão vizinhas, mas que estão na direção dos ventos – são *receptores* dos diversos compostos químicos poluentes gerados nas fábricas. Estão sujeitas aos riscos de adoecimento, que podem ser agravados com a co-incineração de resíduos perigosos pelas cimenteiras; e aos riscos acidentais, decorrentes de derramamentos e explosões envolvendo os resíduos. Os impactos negativos são potencializados pelo efeito da sinergia[71] que pode ocorrer entre as diversas substâncias presentes no ambiente (Ruiz, van der Goes, 1997) e pelo fato de que na superfície porosa do material particulado estão adsorvidas substâncias orgânicas perigosas e metais pesados presentes na corrente gasosa do forno de clínquer, como demonstrado.

---

[70] As fábricas de cimento, inclusive, estão preparando brigadas de emergência para atuar nesses acidentes, que exigem procedimentos operacionais específicos tendo em vista a periculosidade dos materiais envolvidos (Dantas, 2000; COPAM, 1999)

[71] Nesses casos, o efeito combinado das substâncias químicas é muito maior que a soma dos efeitos individuais de cada substância.

Os poluentes emitidos pela chaminé das plantas de clínquer formam uma pluma, cuja dispersão na atmosfera depende das condições meteorológicas – velocidade e direção do vento, precipitação e inversão térmica –, das características do poluente e da fonte emissora – velocidade, temperatura e vazão dos gases, altura da chaminé. Durante esse processo, que caracteriza a poluição do ar, substâncias químicas, gases e material particulado em suspensão poderão ser inalados ou entrar em contato com os olhos ou a pele das pessoas, causando agravos à saúde humana. Como afirmam André et al. (2000) e outros pesquisadores, os resultados dos estudos epidemiológicos "*convergem para o consenso de que a poluição do ar é prejudicial à saúde pública, e os efeitos são observados inclusive em concentrações de poluentes abaixo dos limites estabelecidos pela legislação ambiental em vigor*", constatação que sugere que os padrões de emissão de poluentes atmosféricos prescritos nas normas e regulamentações ambientais não cumprem com sua finalidade de estabelecer níveis de emissão seguros, que garantam o maior grau de limpeza possível do ar atmosférico.

Agrega-se ao quadro já complexo, a exclusão social e as desigualdades que fazem com que a poluição ambiental afete, de forma mais grave, as populações mais pobres e marginalizadas, que são aquelas que, normalmente, habitam as áreas de risco de poluição e de acidentes (FUNASA, 2001).

A próxima etapa do processo é a *moagem do clínquer* com as adições para produzir o cimento Portland, que, por sua vez é ensilado, aguardando o despacho a granel, ou ensacado, para ser distribuído ao comércio varejista. Como enfatizado na literatura especializada, documentos e resultados de análises (Sprung, 1985; Sprung, Rechenberg, 1994; Maringolo, 2001), a fração inorgânica dos resíduos que contém metais pesados semi-voláteis e não voláteis foi agregada à massa de clínquer, resultando em concentrações tais que podem ser quantificadas por métodos analíticos disponíveis, e serão incorporados ao cimento.

Nas etapas de moagem, ensacamento e expedição do cimento ocorre emissão de material particulado pelas chaminés dos sistemas de controle da poluição e a exposição dos empregados que trabalham nessas unidades ao pó de cimento. A contaminação ocorre pelas vias dérmica, oral, ou por inalação, sendo bem conhecidos os efeitos toxicológicos do cimento e as alterações graves à saúde que promove: enfermidades do aparelho respiratório, da pele, transtornos à visão (conjuntivite, queimadura nas córneas), gastrite crônica, dermatites e bronquites crônicas associadas a enfisema (Plunkett, 1974; Baptista, 1995).

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Dentre as ocupações com risco de exposição ao cromo, são citadas as indústrias de cimento (Albert, 1997), e os trabalhadores das áreas de moagem e ensacamento são os mais afetados (Ali, 1994; Baptista, 1995). Sinaliza-se para as possibilidades de aumento da concentração de cromo no cimento produzido com utilização de resíduos, por se tratar de um elemento comumente encontrado nos resíduos industriais, e do agravamento dos riscos de desenvolvimento de doenças ocupacionais, como a dermatite de contato alérgica, provocada por uma sensibilização ao cromo hexavalente, que, segundo Ali (1994), ocorre mesmo em pequenas concentrações de cromato no cimento – cerca de 2 ppm. A contaminação do cimento por metais, já que o produto pode trazer aos trabalhadores da construção civil doenças como dermatose e vitiligo ocupacional, foi questionado por auditores ambientais em trabalho realizado junto a indústria cimenteira de Cantagalo, RJ, como relatado por Dantas (2000).

As fábricas de cimento refletem o comportamento dos grandes empreendimentos industriais na busca da propalada competitividade com a implantação de políticas de gestão e organização do trabalho orientadas pelas práticas que constituem o modelo japonês da Qualidade Total e os programas de terceirização, com o objetivo, nada explícito, mas facilmente identificável, de promover a flexibilização do trabalho, com a redução dos empregados próprios, da racionalização dos processos de trabalho, da transferência de atividades e de responsabilidades para outras empresas, e da redução dos conflitos, lutas e resistências dos trabalhadores (Druck, 1997). A diminuição do quadro de empregados, normalmente formado pelos trabalhadores especializados, principalmente das áreas de manutenção – eletricistas, mecânicos, técnicos em instrumentação – pode comprometer a qualidade e a segurança do trabalho, pois suas atividades pressupõem o uso do conhecimento adquirido com a qualificação formal. Os serviços são realizados por trabalhadores terceirizados, que, em menor número, recebem menores salários, são menos treinados, estão sujeitos à maior rotatividade e, consequentemente, mais expostos aos impactos negativos da atividade insalubre. Há um *risco intrínseco e novo* relacionado à presença de resíduos perigosos nas plantas cimenteiras, mas os maiores riscos estão relacionados à falta de costume dos trabalhadores no manuseio desses materiais e nas operações de manutenção de equipamentos que transportam ou processam resíduos perigosos. Provavelmente, aos trabalhadores menos qualificados caberão realizar as atividades mais insalubres.

A *construção civil*, em grandes obras ou nas reformas domiciliares, é a próxima etapa da cadeia de produção e uso do cimento. Aí laboram os *trabalhadores da construção civil*. Por ficarem em contato com o cimento por grandes períodos, normalmente em condições de trabalho precarizadas, estão expostos aos riscos de contaminação com o cimento que incorporou materiais

tóxicos. Estarão sujeitos aos mesmos agravos à saúde que acometem os trabalhadores das áreas de moagem e ensacamento de cimento, devido à inalação de poeiras e ao contato dérmico com cimento durante a preparação da massa e na sua aplicação. Há ainda as pessoas que trabalham nas lojas de materiais – cimento também é vendido "no quilo" – e os depósitos de cimento, que atuam como atacadistas, e os operários das fábricas de pré-moldados, que também estão sujeitos à exposição ao produto.

As estatísticas sócio-econômicas mostram que o maior consumo de cimento se dá no mercado varejista, por meio do pequeno consumidor. São milhões de pessoas, potencializando os riscos de contaminação pelo uso do cimento que incorporou materiais tóxicos, em incontáveis direções.

Ao final, fica demonstrado que a produção de cimento com emprego de resíduos *expande o alcance dos riscos*, que permeiam os caminhos dos resíduos, do cimento e da poluição liberada para o meio ambiente pelas unidades industriais, formando inúmeros cenários de exposição crônica ou acidental aos componentes perigosos que se movimentam de um ponto a outro da cadeia de produção e uso do cimento, com grande potencial de agravo à saúde dos trabalhadores e da população, e de comprometimento da qualidade ambiental, o que, indiretamente também afeta os seres humanos, a flora e a fauna, pela contaminação dos recursos ar, água e solo, com possíveis reflexos na cadeia alimentar, inclusive.

O delineamento do raio de ação dos riscos e da intensidade de suas conseqüências é objeto dos estudos de Avaliação e de Análise de Riscos, mas são conhecidas as limitações e as incertezas dos métodos, e as restrições para sua aplicação no espaço ocupado pelo sistema constituído pela produção de cimento com emprego de resíduos, dadas as diversas localidades e distâncias das fontes geradoras de resíduos, as centenas de tipos de resíduos que estão sendo destinados aos fornos de clínquer, as inúmeras possibilidades de rotas para o transporte dos resíduos até a planta cimenteira e as milhares de formas e locais de utilização do cimento.

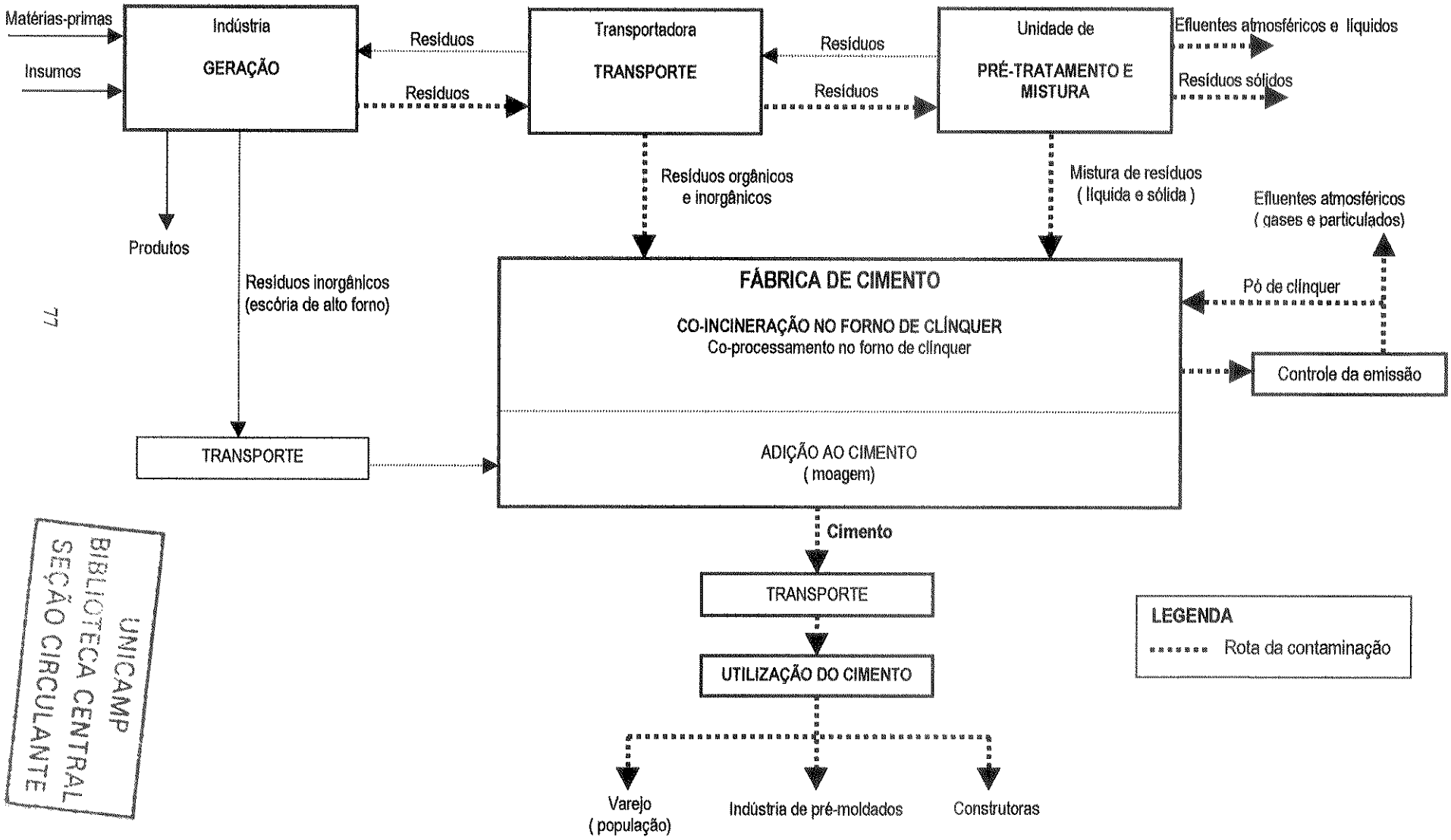
Como este sistema é complexo, fortemente não linear, não se aplica a ele o Princípio da Superposição, e não é possível descrevê-lo de modo apropriado dividindo-o, a priori, em subsistemas, ou considerando isoladamente seus vários aspectos. Nesses sistemas, os diversos subsistemas e os vários aspectos interagem fortemente uns com os outros, e a reunião dos resultados de estudos isolados para os subsistemas, ainda que feitos com extremo cuidado – por exemplo: a planta de fabricação de cimento e seu entorno imediato + algumas áreas que

englobam pontos de rodovias onde há a maior probabilidade de acidente envolvendo o transporte de resíduos + os efeitos epidemiológicos sobre a população no entorno da fábrica – não fornecerão a descrição do comportamento do sistema (Santi, 1997). Desse modo, mesmo com a utilização de ferramentas modernas como a Avaliação e a Análise de Riscos e com os recursos computacionais disponíveis na atualidade, as probabilidades calculadas para a ocorrência de eventos indesejados e a extensão de seus efeitos se restringirão a um pequeno trecho da cadeia de produção e uso do cimento.

Não há, portanto, como garantir que não haverá efeitos danosos pela co-incineração de resíduos para gerar energia térmica necessária ao processo de clinquerização ou para adicionar matérias-primas secundárias, os quais se somarão aos impactos negativos *tradicionais* associados à produção de cimento e aos *efeitos conhecidos* sobre a saúde do trabalhador da construção civil e das próprias fábricas cimenteiras.

A Figura 3.1 apresenta os macro-fluxos das rotas dos riscos e da contaminação na cadeia inter-industrial de reaproveitamento de resíduos em fornos de clínquer de fábricas de cimento.

Figura 3.1 – Rotas dos riscos e da contaminação na cadeia inter-industrial de reaproveitamento de resíduos – macro-fluxos



UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Capítulo 4

Estudo Regional: na RMBH, a Região do Calcário, das grutas e lagoas, hospeda agora o maior pólo cimenteiro do País

> *" ... no local existiam excelentes condições climáticas e o povoado situado numa espécie de anfiteatro, formado pelas serras do Curral e de Contagem, ficava protegido dos ventos frios e úmidos. Sob o ponto de vista topográfico, a localidade era apropriada a uma cidade de 200 a 500 mil pessoas, seguindo todas as regras da higiene e da estática, com largas avenidas, extensos bulevares, belas praças e jardins e os mais modernos sistemas de transportes"*
>
> (Samuel Gomes Ferreira, engenheiro responsável pelo estudo das condições do Curral del Rey, local onde seria erguida a nova capital do Estado de Minas Gerais, 1894, citado por Coelho, 2002)

Neste Capítulo o objetivo é apresentar os territórios alterados e sob risco como um cenário do qual procurou-se focalizar o ambiente da Região Metropolitana de Belo Horizonte: os municípios com sua população, sua topografia, seus ribeirões, suas indústrias e alguns de seus problemas, de modo a possibilitar a compreensão das inter-relações que se estabelecem no cotidiano desse aglomerado metropolitano. Destacou-se a Região do Calcário, em sua vertente norte, onde estão inseridas as fábricas de cimento tomadas como referência para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

4.1. Introdução

A rápida urbanização das cidades, impulsionada pelo crescimento e a expansão dos processos produtivos sem precedentes, produziu um ambiente urbano segregado, altamente degradado e vulnerável, com efeitos muito sérios sobre a qualidade de vida de suas populações.

No contexto metropolitano brasileiro, os problemas ambientais cresceram a passos largos nos últimos trinta anos, e suas conseqüências ficaram publicamente conhecidas pela extensão de seus impactos: poluição do ar, das águas e do solo, poluição sonora, descarte inadequado de resíduos sólidos, ocupação de áreas de risco, falta de infra-estrutura em saneamento e de transporte, ausência de áreas verdes.

Embora a política de meio ambiente e a estrutura institucional necessárias ao gerenciamento e controle da degradação ambiental, que ganharam maior projeção a partir dos anos 80 com o estabelecimento de diretrizes, regulamentações de comando e controle, medidas

fiscais e econômicas, medidas preventivas e mitigadoras, os problemas ambientais e suas causas complexas receberam pouca atenção dos governantes e da opinião pública, "*sendo um dos maiores constrangimentos à sua efetividade a desarticulação com as políticas urbana, econômicas e sociais*" (FJP, 1997).

Políticos e administradores públicos ainda relegam a segundo plano ações de melhoria do meio ambiente, enquanto cresce a dívida ambiental nas cidades brasileiras, especialmente as de maior porte. Como observa Ribeiro (2000), "*desenvolver o município é percebido por prefeitos e tomadores de decisão como atrair indústrias e atividades que gerem emprego e fixem a população. Esse modelo domina a mentalidade dos políticos e reflete a mentalidade média dos cidadãos que os elegem: proteção ambiental é o avesso do impulso pelo desenvolvimento industrial*". Dessa forma, proteger e conservar o ambiente urbano ainda não é prioridade das autoridades públicas e nem mesmo dos cidadãos.

Nesse cenário constituiu-se e desenvolveu-se a Região Metropolitana de Belo Horizonte: 4,3 milhões de habitantes, 33 municípios, o maior pólo industrial do Estado de Minas Gerais (FJP, 2002), desigualdade social, degradação do ambiente natural.

4.2. A Região Metropolitana de Belo Horizonte

A Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH foi criada em 1973 e a integravam, à época, um conjunto de 14 municípios (FJP, 1997). De lá até hoje, outros 19 municípios passaram a fazer parte do aglomerado metropolitano – por força de lei ou pelo desmembramento de distritos –, totalizando 33: Belo Horizonte, Baldim, Betim, Brumadinho, Caeté, Capim Branco, Confins, Contagem, Esmeraldas, Florestal, Ibirité, Igarapé, Itaguara, Jaboticatubas, Juatuba, Lagoa Santa, Mário Campos, Mateus Leme, *Matozinhos*, Nova Lima, Nova União, *Pedro Leopoldo*, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Rio Manso, Sabará, Santa Luzia, São Joaquim de Bicas, São José da Lapa, Sarzedo, Taquaruçu de Minas e *Vespasiano* (FJP, 2002)[72].

A população é predominantemente urbana, distribuída em área de cerca de 9200 quilômetros quadrados. Belo Horizonte tem 2,2 milhões de habitantes e forma com os municípios de Contagem e Betim à Oeste, Brumadinho e Nova Lima ao Sul, Ribeirão das Neves, Santa Luzia e Vespasiano ao Norte, uma única mancha urbana, praticamente contínua, assentada em

[72] Os municípios de Baldim, Capim Branco, Itaguara, Jaboticatubas, Matozinhos, Nova União e Taquaruçu de Minas foram incorporados à RMBH pela Lei Complementar nº 56, de 12 de janeiro de 2000.

sua maioria na bacia do rio das Velhas e o restante na bacia do rio Paraopeba[73], rios que nascem e percorrem a região de maior atividade mineradora e industrial de Minas Gerais, e que vão desaguar no rio São Francisco. A Figura 4.1 apresenta um croqui da RMBH, onde estão assinalados, os limites municipais, as manchas urbanas, principais cursos d'água, rodovias, e destacados os setores produtivos de maior importância econômica para a região.

O aumento continuado do número de municípios que se incorporam à RMBH tornam-na cada mais diversificada em seus aspectos geográficos e populacionais, e acentuam a pressão sobre os sistemas de infra-estrutura, serviços públicos, equipamentos de uso coletivo existentes, e sobre os recursos naturais, dificultando sobremaneira o planejamento urbano-ambiental da região.

A estruturação espacial da RMBH se diferencia de um ponto a outro como resultado da distribuição da produção, dos serviços, do sistema viário e dos fluxos de mercadorias e assentamento da população. De modo geral, destacam-se (FJP, 2000): a) o *Núcleo Central*, que engloba centros de serviços de porte metropolitano, instituições financeiras, agências públicas federais, estaduais e municipais, e que concentra os benefícios urbanos, com áreas com padrão urbanístico caracterizado por elevados investimentos públicos; e onde estão as moradias das classes sociais de maior renda; b) a *Cidade Industrial*, local especializado da produção, da indústria e do operariado, a partir do qual se desenvolve o eixo industrial de ligação entre os municípios de Belo Horizonte, Contagem e Betim; c) as *Periferias*, áreas essencialmente carentes, nas quais se aglutinam os excluídos dos benefícios urbanos, e que são caracterizadas por residências em construção, ocupação rarefeita, baixo investimento público, desarticulação com o tecido urbano e presença de pequeno comércio local.

As estatísticas apontam tendência de diminuição da taxa de crescimento populacional em Belo Horizonte e nos municípios maiores, mas evidenciam um aumento da população nas cidades médias e menores, como conseqüência da transferência da população que não consegue se manter nas grandes cidades e busca uma alternativa de sobrevivência (IBGE, 2002; FJP, 1999), cujo resultado é a implantação e ocupação de loteamentos – em geral clandestinos – sem infra-estrutura e serviços urbanos, e a proliferação de favelas em cidades onde o problema, até então, não existia (FJP, 1999). A *migração populacional de baixa renda*, transformando as cidades em dormitórios, gerando aumento acelerado da demanda por serviços de infra-estrutura e sociais, mendicância e criminalidade é um dos graves problemas da RMBH. A *poluição ambiental*,

[73] Embora a sede do município de Contagem esteja localizada na bacia do Rio Paraopeba, as características de distribuição de população e das atividades econômicas do município geram pressões mais representativas na vertente da bacia do rio das Velhas.

especialmente dos cursos d'água e a causada pela destinação inadequada dos resíduos urbanos, bem como o *transporte intermunicipal* são considerados os maiores problemas pela população (FJP, 1999).

É interessante notar que a poluição ambiental causada pelo crescimento industrial, e que afeta a qualidade de vida na região metropolitana em todos os seus aspectos, parece ainda estar distante das preocupações da população, embora constata-se um aumento dos movimentos sociais organizados em defesa do meio ambiente no âmbito municipal, a ampliação dos foros de discussão sobre o assunto, principalmente na academia, e a atuação do Ministério Público.

O meio natural da RMBH é constituído por quatro complexos ambientais: o Quadrilátero Ferrífero, a Depressão de Belo Horizonte, a Bacia Sedimentar e os Planaltos Dissecados (FJP, 1997):

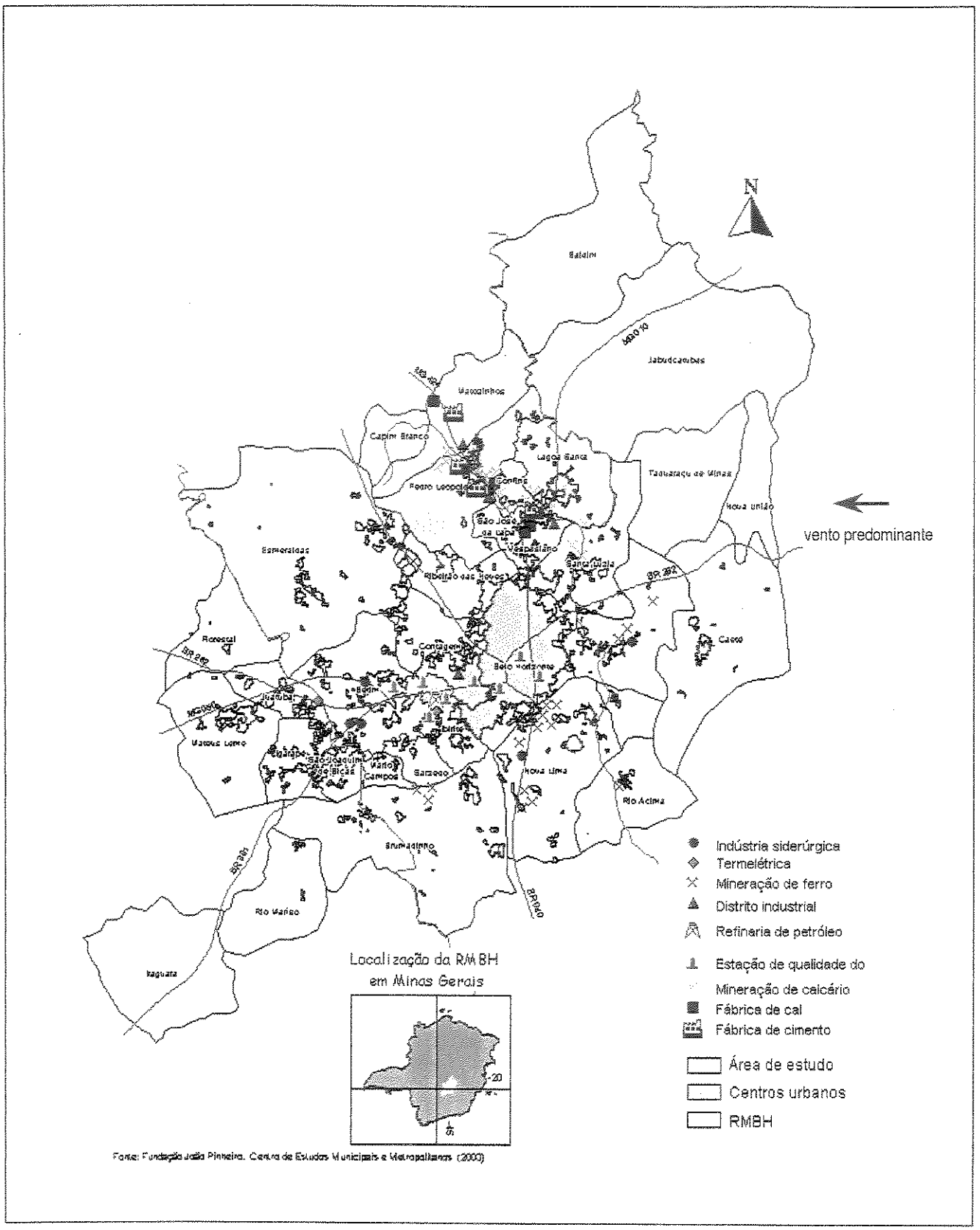
O *Quadrilátero Ferrífero* inclui uma parte da porção sul-sudeste da RMBH – municípios de Nova Lima, Raposos, Rio Acima e parte de Sabará, Belo Horizonte, Caeté, Brumadinho, Ibirité, Mário Campos, Sarzedo, São Joaquim de Bicas, Igarapé e Mateus Leme. As grandes reservas de ferro, ouro e manganês favorecem a exploração mineral, atividade realizada por grandes empresas mineradoras. Nessa região encontram-se os mananciais de água potável da COPASA[74] , que constituem os Sistemas Rio das Velhas, Rio Manso, Serra Azul, Vargem das Flores, Morro Redondo, Ibirité, Catarina e Barreiro, os quais somam a capacidade de produção de água de 11,7 mil litros por segundo, e abastecem 94% da população metropolitana. Os outros 6% correspondem aos sistemas independentes pertencentes a alguns municípios[75] (COPASA, 2002).

A *Depressão de Belo Horizonte* corresponde a mais de 60% da área da RMBH – municípios de Betim, Contagem, Juatuba, Esmeraldas, Ribeirão das Neves, São José da Lapa, Vespasiano, Santa Luzia e parte significativa dos municípios de Belo Horizonte, Ibirité, Mateus Leme, Mário Campos, São Joaquim de Bicas, Sarzedo, Igarapé, Florestal, Pedro Leopoldo, Sabará e Caeté. Seus limites correspondem, ao sul, à Serra do Curral e seus prolongamentos e, ao norte, ao vale do *Ribeirão da Mata*. Suas características geomorfológicas constituem um dos fatores que propiciaram a concentração urbano-industrial nessa área.

[74] Companhia de Saneamento de Minas Gerais

[75] A Tabela A.10 do Anexo apresenta dados sobre a responsabilidade de abastecimento dos sistemas de produção de água na RMBH.

Figura 4.1 – Mapa da Região Metropolitana de Belo Horizonte



Fonte: Fundação João Pinheiro. Centro de Estudos Municipais e Metropolitanos (2000)

A *Bacia Sedimentar* corresponde à Região Cárstica de Lagoa Santa, ao norte de Belo Horizonte – municípios de Confins, Lagoa Santa e *Matozinhos*, parte de *Pedro Leopoldo* e São José da Lapa – com predominância de rochas calcárias, ardósias, siltitos e um regime hídrico bastante peculiar, caracterizado pela drenagem subterrânea.

Os *Planaltos Dissecados* correspondem à região da Serra da Moeda e o prolongamento da Serra do Curral, limites que lhes conferem a intensa exploração de reservas minerais – município de Rio Manso e parte dos municípios de Brumadinho, Mateus Leme e Florestal. Nessa região, a grande densidade de nascentes favorece a captação de água para abastecimento público, como a formada pelos Sistemas Rio Manso e Serra Azul, da COPASA.

O clima predominante na RMBH é o tropical semi-úmido, com temperatura média anual de 21°C, caracterizado por regime pluviométrico unimodal, com duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa, que coincide com os meses mais quentes, iniciando-se em meados de outubro e terminando em março, e outra seca, iniciando-se em abril e estendendo-se até setembro. Os ventos predominantes são do quadrante N-NE-E, de acordo com os dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia – 5° Distrito. No município de Belo Horizonte o fenômeno de *calmaria* é freqüente, fato que, associado à menor velocidade do vento no município, torna as condições atmosféricas desfavoráveis à dispersão dos poluentes (Figuerêdo, 1994).

A deterioração da qualidade do ar é visível ao cidadão mais atento: um pouco antes do pôr-do-sol, pode-se observar uma camada de pó cinza sobre o centro da cidade de Belo Horizonte, formada pela fuligem que sai dos canos de descarga dos ônibus e automóveis que concentram-se aí, e uma "camada de ar" meio opaca, circundando toda a cidade, de cor alaranjada, evidenciando a presença de gases nitrogenados (óxido nitroso) de elevada toxicidade. Nas manhãs dos meses mais frios, época em que não há formação de nuvens, é fácil perceber a camada de inversão térmica: é como se alguém tivesse traçado no horizonte uma linha separando a parte de baixo, cinza-alaranjada, cheia de poluentes, do azul intenso do restante do céu.

A deterioração dos cursos d'água que restaram abertos, pois muitos foram enclausurados em galerias sanitárias e outros secaram, também é facilmente percebida: com volumes de água reduzidos, recebendo elevadas cargas de poluentes domésticos e industriais ao longo de seu percurso, tornaram-se verdadeiros esgotos a céu aberto, exalando mau cheiro e propiciando o desenvolvimento de vetores transmissores de doenças.

O parque industrial da RMBH se formou a partir da criação da *Cidade Industrial* em 1941, no município de Contagem, com a implantação da Magnesita, da Cia Industrial de Estamparia, da Fábrica de Cimento Itaú e, pouco depois, da Cia Siderúrgica Mannesmann (FJP, 2000), como resposta ao clima de industrialização rápida e intensiva do Brasil à época. A instalação de grandes empresas do setor mineral, a expansão do sistema rodoviário e a instalação da CEMIG[76] na década seguinte consolidou a região como grande pólo industrial do Estado. Na RMBH encontram-se instaladas inúmeras plantas de fabricação dos mais variados produtos e de portes diversos, com predomínio dos setores siderúrgico, automobilístico, mecânico, têxtil, elétrico, de autopeças, de refino de petróleo e de minerais não metálicos – refratários, cimento e cal (INDI, 2002). O setor mineral sempre foi de extrema importância na história da industrialização da RMBH. As riquezas minerais, especialmente o ferro e o calcário, foram responsáveis pela localização do parque de indústrias de transformação de bens minerais, principal pilar da economia do Estado de Minas Gerais.

O município de Contagem, a oeste de Belo Horizonte, possui dois importantes núcleos industriais: o Parque Industrial Juventino Dias e o Centro Industrial de Contagem - CINCO, com indústrias de alimentos e bebidas, produtos têxteis, produtos de minerais não-metálicos, metalurgia básica, máquinas e equipamentos, artigos de plástico e borracha, aparelhos e materiais elétricos e eletrônicos, autopeças, equipamentos de transporte. Destacam-se as seguintes: Aymoré Produtos Alimentícios, Cia Cervejaria Brahma, Magnesita, Risa Refratários, Belgo Mineira Bekaert Arames, Fiat Allis, Magotteaux Minas Metalúrgica, Delp Engenharia Mecânica, Toshiba do Brasil, General Eletric do Brasil, Nansen Instrumentos de Precisão, Gevisa, Aethra Indústria de Autopeças, Magneti Marelli do Brasil, Isomonte.

O crescimento do pólo industrial na direção do município Betim foi estimulado pela implantação da Refinaria Gabriel Passos – PETROBRAS no final dos anos 60 e da FIAT Automóveis dez anos depois. Esses empreendimentos, de importância fundamental para a economia do Estado de Minas Gerais, polarizaram a instalação de inúmeras indústrias do setor de autopeças no Distrito Industrial Paulo Camilo e na região da Refinaria Gabriel Passos, várias distribuidoras de combustíveis pertencentes à empresas do setor petróleo – Shell, Exxon-Texaco, BR Distribuidora, Ipiranga, Ale, Agip, Ultragás, Minasgás, Supergasbras, Betingás. As indústrias metalúrgicas são, em sua maioria, ligadas ao setor de autopeças – Teksid do Brasil, Alumbras e Metalsider. Dentre as indústrias cerâmicas destacam-se a Cerâmica Saffran , a Ikera e a Refratários Brasil. No primeiro semestre de 2002 foi inaugurado o primeiro módulo da Termelétrica de Ibirité, projetada para gerar 720 MW, operando com gás natural.

[76] Companhia Energética de Minas Gerais.

Na divisa dos municípios de Mateus Leme, Juatuba e Betim, na bacia do Rio Paraopeba, está instalada a Termelétrica de Igarapé, que pertence à CEMIG. Essa térmica, com potência instalada de 131 MW, opera com óleo combustível. Na mesma região está sendo implantada por empreendedores particulares, como parte do Programa Emergencial de Termelétricas do Governo Federal, a Usina Aureliano Chaves[77], projetada para gerar 192 MW a partir da queima de óleo combustível, em planta de tecnologia finlandesa da empresa *Wartcila Finland Oil*[78].

No Quadrilátero Ferrífero, as importantes reservas de ferro e ouro da região montanhosa de Nova Lima e Brumadinho, ao sul da RMBH, atraiu grandes grupos do setor mineral – Minerações Brasileiras Reunidas, Ferteco Mineração, Mineração Morro Velho, Mannesmann Mineração, Mineração Rio Verde, (INDI, 2002), cuja produção é voltada, principalmente, para a exportação.

O município de Sabará, que faz limite com Belo Horizonte à leste, destaca-se pela atividade siderúrgica – Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, que juntamente com outros empreendimentos industriais e de extração de minério de ferro, constituem área industrial de relevância na RMBH. O turismo nesse município é outra atividade importante, estimulado pelos monumentos, embora isolados, de arquitetura civil e religiosa de grande valor histórico, pois remontam ao período colonial.

O município de Santa Luzia abriga outra região industrial importante da RMBH, com fábricas ligadas aos setores de minerais não metálicos – Celite, Cecrisa, Argamassas Quartzolit, Cimento Davi[79]; alimentício – Moinho Vera Cruz, Frigorífico Alvorada; metal-mecânico – Krupp Metalúrgica; e moveleiro – Orthocrin (INDI, 2002).

No município de Belo Horizonte estão instalados inúmeros estabelecimentos industriais, de porte médio e pequeno, à exceção da Cia Siderúrgica Mannesmann[80]. A extensa frota de ônibus e o elevado número de automóveis, na casa das centenas de milhares, que trafegam diariamente na cidade, dificultam o vai-e-vem da população belorizontina e constituem a maior fonte de emissão de poluentes atmosféricos do município.

---

[77] O empreendimento possui Licença Prévia, concedida pelo Conselho de Política Ambiental em julho de 2002. A solicitação da Licença de Instalação ainda não foi encaminhada ao órgão ambiental.
[78] As informações foram prestadas pelo Engº Sérgio Zanute da Divisão de Infra-Estrutura em Energia da FEAM.
[79] Fabricação de cimento a partir da moagem de clínquer importado. Entrou em operação em 2001.
[80] Hoje, Vallourec & Mannesmann Tubes.

Finalmente avista-se, ao norte da RMBH, nos municípios de Vespasiano, Pedro Leopoldo, Matozinhos e São José da Lapa, um dos principais pólos de fabricação de cimento e cal do País. Destacam-se as fábricas de cimento Camargo Corrêa, Holcim, Soeicom e Brasil Béton (Cimento Lafarge) e as fábricas de cal Mineração Lapa Vermelha, ICAL, Cia de Cimento Portland Itaú (ITAUCAL) e Calmit. No município de Vespasiano estão instaladas outras unidades industriais de grande porte: Belgo Mineira Bekaert Artefatos de Arame, Cia Semeato de Aços, Demag e Indústrias Gessy Lever[81]; em Pedro Leopoldo, encontram-se a Indústria de Compensados Paraíso, a Precon Industrial, a Siderúrgica Citygusa, e a Mineração Fazenda dos Borges (INDI, 2002).

A maior parte das atividades industriais de grande porte são energo-intensivas, demandando quantidades consideráveis de energia por tonelada de mercadoria extraída ou processada, que são supridas pela energia elétrica gerada pelo extenso parque hidrelétrico do Estado – que está ligado e constitui, praticamente, o *miolo* do principal sistema elétrico brasileiro, o *Sistema Sul – Sudeste – Centro-Oeste* – (Barbosa, 1992), pelos combustíveis derivados de petróleo produzidos na Refinaria Gabriel Passos, pelo carvão vegetal vindo, agora, da Bahia e do Mato Grosso, um pouco sendo produzido nas áreas reflorestadas em Minas Gerais, e, em anos recentes, pelo gás natural proveniente da Bacia de Campos. O gás chega à RMBH pelo GASBEL e sua distribuição regional é realizada pela GASMIG[82], a partir do *city-gate* instalado em Betim, em área contígua à Refinaria Gabriel Passos, na direção sul. O consumidores de gás natural na RMBH estão ligados aos setores siderúrgico, automobilístico e de autopeças, metalúrgico, cerâmico, alimentício e de cal (GASMIG, 2002).

A RMBH é ponto de entroncamento de importantes rodovias federais que ligam o Nordeste ao Sul e Sudeste, e o Leste ao Centro-Oeste do País: – Rodovias BR 040, BR 381 e BR 262 – em trecho conhecido como *Anel Rodoviário*, que corta o município de Belo Horizonte na direção sul-norte-nordeste –, e onde circulam grandes volumes de produtos, de matérias-primas e de resíduos de processamento, destinados ou originados dos pólos industriais do Recôncavo Baiano, de São Paulo, do Estado do Rio de Janeiro e dos pólos da RMBH, se ampliando até outros distritos industriais na direção de Vitória – Vale do Aço –; na direção de São Paulo – Três Corações, Varginha, Pouso Alegre, Poços de Caldas, Itajubá –; na direção do Rio de Janeiro – Conselheiro Lafaiete, Barbacena, Juiz de Fora; e na direção do Triângulo Mineiro e Goiás – Araxá, Uberlândia, Uberaba (DER-MG, 2001; Sevá F°, Santi, Valente, 2001).

[81] Fabricação de detergentes.
[82] Companhia de Gás de Minas Gerais

O Anel Rodoviário também funciona como uma via de acesso da população urbana, com o tráfego intenso de automóveis e de ônibus municipais e intermunicipais.

Das rodovias federais derivam rodovias estaduais que desempenham papel importante na distribuição de mercadorias e no deslocamento da população, principalmente com destino à Capital. Algumas vias urbanas são intensamente utilizadas para o transporte de cargas, destacando-se a Avenida Amazonas, a Avenida Cristiano Machado, a Via Leste-Oeste (Via Expressa) em Belo Horizonte, e a Via do Minério em Contagem.

A malha ferroviária da RMBH é destinada, principalmente, ao escoamento da produção mineral, de derivados de petróleo, de cimento, e de outros produtos industriais dos setores metal-mecânico e eletro-eletrônico, e faz importante ligação com as áreas portuárias do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Os serviços são prestados pela Ferrovia Centro Atlântica e pela Estrada de Ferro Vitória Minas, esta pertencente à Companhia Vale do Rio Doce.

4.2.1. Aspectos ambientais da RMBH

A RMBH constitui-se em área crítica de poluição ambiental causada pelas atividades das inúmeras indústrias e minerações de elevado potencial poluidor, pela emissão de poluentes de centenas de milhares de automóveis, ônibus e caminhões que circulam diariamente em Belo Horizonte e cidades vizinhas, pelo lançamento do esgoto sanitário não tratado de mais de 4 milhões de habitantes, pelo descarte inadequado do lixo urbano em alguns de seus municípios, pelo desmatamento e pela impermeabilização do solo pelas construções e vias asfaltadas.

A poluição hídrica está disseminada por toda a RMBH: a qualidade das águas dos rios, córregos e ribeirões vem sendo comprometida pelo assoreamento crescente e pelo lançamento de cargas elevadas de poluentes – esgotos domésticos, agrotóxicos, efluentes industriais os mais diversos, resíduos sólidos –, em quantidades muito superiores à sua capacidade assimiladora[83], como evidenciam os relatórios de monitoramento ambiental (FEAM, IGAM, 2001). Poluição que vai descendo rio abaixo, como bem registrou Coelho (2002): "*no debate sobre a poluição do*

[83] Os órgãos ambientais estaduais (FEAM, IGAM, 2001) reconhecem que, "*a despeito dos níveis de restrição de emissão de efluentes definidos nas condicionantes das licenças ambientais, as cargas remanescentes podem representar importante fator para a deterioração dos corpos d'água. (...) A redução dos níveis de água, fenômeno percebido em todos os cursos d'água do Estado (...) se caracteriza em uma desoladora perspectiva não só para os aspectos antrópicos como também para os ambientais. Ademais, grande parte das atividades econômicas não são devidamente licenciadas, constituindo-se em uma fonte de preocupação para o monitoramento ambiental e planejamento do desenvolvimento econômico em bases sustentadas*".

rio das Velhas não há discordância (...) de ser ela causada principalmente pela poluição trazida pelos córregos Arrudas e Onças da Região Metropolitana de Belo Horizonte".

Os indicadores da situação ambiental dos cursos d'água superficiais, *Índice de Qualidade de Águas – IQA*[84] e *Contaminação por Tóxicos*[85], denunciam o lançamento de esgotos domésticos e industriais nos ribeirões Água Suja, Arrudas, Onça e da Mata, que drenam importantes áreas da Região Metropolitana de Belo Horizonte, os quais, como assinalado, vão comprometer a qualidade das águas da bacia do rio das Velhas. Na RMBH verificam-se os maiores focos de poluição hídrica de toda a bacia do rio das Velhas. Os principais agentes de poluição são os esgotos domésticos e os efluentes industriais não tratados, contribuindo ainda os efluentes gerados pela água utilizada na atividade mineradora da região do Quadrilátero Ferrífero, na parte sul da RMBH, que possuem elevada concentração de sólidos em suspensão e produtos químicos. No rio Betim, na bacia do rio Paraopeba, e no trecho do rio das Velhas, a jusante do ribeirão da Mata, o IQA médio anual configurou-se como *Muito Ruim* (FEAM, IGAM, 2001).

Nem mesmo a Lagoa da Pampulha, cartão postal de Belo Horizonte desenhado por Niemeyer, foi poupada da poluição. A urbanização intensa e desordenada na área da bacia hidrográfica da Pampulha a partir da década de 70 causou grandes problemas ambientais: lançamento de esgotos domésticos e industriais trazidos pelo córrego Sarandi, que corta a área industrial de Contagem, desmatamento, movimentação de terra para implantação de novos loteamentos. A Lagoa da Pampulha encontra-se, hoje, com cerca de 50% do seu volume assoreado e com perda de 20% de seu espelho d'água [86] (Belo Horizonte/Prefeitura Municipal, 2002).

---

[84] O Índice de Qualidade de Águas é calculado com base em um conjunto de nove parâmetros considerados os mais representativos para a caracterização da qualidade das águas – oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. O IQA varia de 0 a 100: Excelente (de 90 a 100); Bom (de 70 a 90); Médio (de 50 a 70); Ruim (de 25 a 50) e Muito Ruim (de 0 a 25) (FEAM, IGAM, 2001).

[85] A Contaminação por Tóxicos é avaliada com base nos parâmetros amônia, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianetos, cobre, cromo hexavalente, índice de fenóis, mercúrio, nitritos e zinco. Em função das concentrações observadas, a contaminação é caracterizada como Baixa (<20% do limite da classe de enquadramento do corpo d'água), Média (entre 20% e 100%) ou Alta (maior que o limite correspondente) (FEAM, IGAM, 2001).

[86] A Prefeitura Municipal de Belo Horizonte está desenvolvendo o PROPAM – Programa de Recuperação e Desenvolvimento Ambiental da Bacia da Pampulha, com metas de saneamento ambiental para a recuperação das áreas degradadas de vilas e favelas (dez ao todo), na drenagem, coleta de lixo, contenção e revegetação de encostas e proteção de nascentes, além de trabalho educativo junto às escolas locais; de recuperação da Lagoa: dragagem dos sedimentos acumulados, recuperação das ilhas e da orla e tratamento dos cursos d'água que chegam à lagoa; e de gestão ambiental, com caráter mais institucional e participação de Contagem, Belo Horizonte e iniciativa privada, para garantir a gestão, o controle e o monitoramento da lagoa e o fortalecimento dos órgãos municipais de meio ambiente (www.pbh.gov.br).

Estudos realizados há mais de dez anos já indicavam o comprometimento da qualidade do ar por material particulado no eixo Belo Horizonte-Contagem-Betim e nos municípios de Pedro Leopoldo e Vespasiano (Figuêredo, 1994). Este quadro não se alterou de acordo com os resultados de monitoramento da concentração de poluentes atmosféricos realizadas pela Fundação Estadual do Meio Ambiente em anos mais recentes (FEAM, 2002).

Embora os efeitos da degradação do ar ambiente na RMBH sejam evidentes aos cidadãos atentos, a região metropolitana não conta com uma rede de monitoramento da qualidade do ar para avaliar de forma adequada os níveis de concentração de poluentes atmosféricos. Atualmente, há oito estações automáticas de monitoramento, que cobrem parcialmente o eixo Belo Horizonte (três) – Contagem (uma) – Betim (quatro), que são de propriedade da Refinaria Gabriel Passos (seis) e da Mannesmann (duas), e operam interligadas com o órgão ambiental estadual. A estação da região central de Belo Horizonte (Praça Rui Barbosa, ou como batizada pela população, Praça da Estação), a da Praça da CEMIG, em Contagem, e três das estações de Betim, incluindo a que está instalada no centro da cidade, têm analisadores de particulado inalável (PM-10), monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e ozônio. As outras estações monitoram material particulado inalável (PM-10) e dióxido de enxofre, e todas elas têm medidores de parâmetros meteorológicos.

Considerando o porte e a localização dos pólos industriais e minerários da RMBH, o monitoramento realizado é insuficiente para garantir a avaliação dos níveis de poluentes atmosféricos na região, evidenciando a atuação precária dos órgãos ambientais nesse sentido, o que inviabiliza o estabelecimento dos nexos entre o aumento da incidência de doenças respiratórias e o agravamento das doenças cardiovasculares na população dos municípios em que há maior concentração de indústrias e intenso tráfego veicular, com os níveis de poluição do ar. Áreas impactadas pelas indústrias de cimento e cal, por exemplo, deveriam ser monitoradas ininterruptamente, considerando a emissão contínua de material particulado e óxidos de nitrogênio para a atmosfera.

A avaliação da qualidade do ar na RMBH, de forma sistemática, é ainda incipiente, o que deve ser creditado à falta de políticas institucionais vigorosas por parte dos órgãos ambientais estadual e municipais para suprir essa deficiência, pois é dever do Poder Público informar à sociedade sobre o ar que ela respira, bem como avaliar a eficácia das medidas de controle da poluição implantadas pelos empreendedores em suas unidades fabris. Outro assunto que deveria estar na pauta do dia são as políticas de transporte público (e de boa qualidade), uma vez que à

poluição de origem veicular é creditado o comprometimento da qualidade do ar de toda a cidade de Belo Horizonte.

O indicador da qualidade do ar adotado pelo órgão ambiental estadual é o "*número de dias no ano nos quais o padrão primário para partículas inaláveis, estabelecido pelo CONAMA, foi ultrapassado*"[87]. Os resultados publicados recentemente (FEAM, 2002) mostram que, para o período 1995-2001, o padrão foi ultrapassado apenas uma vez em Belo Horizonte, em 1995; 29 vezes em Contagem (6 vezes em 1995, 9 vezes em 1996, 11 vezes em 1997, e 3 vezes em 1998); e 18 vezes em Betim[88] (4 vezes em 1998, 10 vezes em 1999 e 4 vezes em 2000). Os resultados confirmam a hipótese de que as concentrações de poluentes atmosféricos aumentam quando se caminha em direção a Betim, por conta dos ventos predominantes, que carreiam os poluentes emitidos pelos veículos e indústrias de Belo Horizonte e de Contagem para aquela localidade.

Pesquisa realizada por Figuerêdo (1994) para avaliação da ocorrência de chuvas ácidas na RMBH mostrou que as áreas mais densamente ocupadas, industriais e poluídas com dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio dos municípios de Belo Horizonte, Contagem e Betim estão sujeitas à precipitação ácida. Segundo a pesquisadora, "*a precipitação na região pode ser considerada uma solução ácida mineral diluída de ácido sulfúrico e ácido nítrico, com pH médio de 5,15; o que significa que a chuva possui uma acidez livre moderada, com um valor médio mais de três vezes superior ao esperado em uma atmosfera acidificada naturalmente pelo CO_2 atmosférico*". Os principais íons encontrados na chuva da RMBH são, em ordem decrescente de concentração: Ca^{2+}, SO_4^{2-}, NH_4^+, NO_3^-, HCO_3^- e H^+.

O maior índice de poluição por chuvas ácidas foi encontrado em Betim, justificado não somente pela proximidade de grandes fontes de poluição e pelo tráfego intenso na Rodovia Fernão Dias (BR 381), que corta o município, mas também por conta do transporte de poluentes promovido pelos ventos preferenciais da região. A ocorrência de chuvas frontais que entram na RMBH segundo a direção sudoeste-oeste pode carregar a poluição ácida gerada no município de Contagem, onde a concentração industrial é maior, para Belo Horizonte (Figuêredo, 1994).

---

[87] A Resolução CONAMA nº 03, de 28-6-1990, fixa padrões de qualidade do ar, diários e anuais, para os poluentes partículas inaláveis, partículas totais em suspensão, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, ozônio, dióxido de enxofre e fumaça e estabelece que não é permitido que o padrão diário de qualidade do ar seja ultrapassado mais de uma vez por ano.

[88] A estação de Betim, no Bairro Jardim das Alterosas, entrou em operação em 1998.

4.3. Territórios alterados e sob risco: a Região do Calcário

Região do Calcário é o nome dado pela população à região cárstica situada no eixo norte da RMBH, na sub-bacia do Ribeirão da Mata – afluente da margem esquerda do rio das Velhas–, devido às extensas reservas de calcário aí encontradas, e corresponde às áreas dos municípios de Pedro Leopoldo, Matozinhos, São José da Lapa, Vespasiano, Capim Branco, Confins, Funilândia e Prudente de Morais. Os municípios de Pedro Leopoldo, Vespasiano e Matozinhos, que abrigam o maior pólo cimenteiro do Brasil, constituem o território sob investigação.

O relevo cárstico apresenta-se como um conjunto de feições muito características, com heterogeneidade de formas e mudanças altimétricas bruscas. Na superfície são comuns os maciços expostos, os paredões, os vales cegos, as bancadas rochosas, arcos e pontes naturais, as depressões amplas, conhecidas como dolinas. Por causa da grande irregularidade do terreno e de seu caráter de permeabilidade, formam-se sumidouros e os pontos de ressurgimento de águas até então subterrâneas. As depressões permitem o alagamento, sendo que na região são comuns e particularmente características as lagoas, com porte e dinâmica diferenciados. A região é caracterizada pela grande concentração de sumidouros, dolinas, vales cegos, maciços calcários, escarpamentos e lapidez, galerias, grutas e um sistema de drenagem alimentado pelos inúmeros sumidouros. Devido à diversidade de formas do relevo cárstico, as altitudes e declividades são variadas, encontrando-se topos de afloramentos em altitudes superiores a 800 m e fundos de dolinas a 700 m.

Certas associações de formas, vegetação e, por vezes, corpos d'água propiciam conjuntos de beleza única. Alguns estão tombados pelo IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artítico Nacional e pelo IEPHA – Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico, pois, além da beleza, apresentam relevância histórica e cultural, citando-se as regiões de Poções e de Cerca Grande, ambas em Matozinhos.

As formações cársticas ocorrentes em áreas dos municípios de Pedro Leopoldo e Matozinhos estão concentradas na APA Carste Lagoa Santa[89], de grande relevância em termos paisagísticos, de riquezas subterrâneas cênicas, minerais e fossilíferas, em aspectos históricos e pré-históricos, culturais e nas particularidades de seu sistema hídrico. Com cerca de 400 grutas

[89] Criada pelo Decreto Federal nº 98881, de 25-1-1990. A área da APA abrange parte dos municípios mineiros de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo, Matozinhos, Funilânida e Prudente de Morais e todo o município de Confins (antes distrito de Lagoa Santa), numa extensão total de 356 km^2 (Berbert-Born et al., 1998). A APA é administrada pelo IBAMA.

cadastradas apresenta a maior densidade de sítios espeleológicos por área do Brasil (Berbert-Born et al., 1998):

> *"Nenhuma outra localidade apresenta tal densidade de ocorrências, o que a torna um verdadeiro parque espeleológico. A diversidade de situações, de morfologias e de combinações propicia um apanhado completo e complexo da natureza cárstica em pequenos espaços de área. (...) Em outras palavras, num pequeno raio do terreno, pode-se observar o trabalho impetuoso de um rio subterrâneo alargando energicamente galerias e, em seguida, entender seu resultado final, ao se percorrerem canais já abandonados. Nesses mesmos locais ou nas vizinhanças, pode-se acompanhar a meticulosidade de águas gotejantes de características abrasivas, alargando imperceptivelmente pequenas fissuras, ou de características depositárias, elaborando formas belas e exóticas dos espeleotemas e recristalizando minerais. É possível mergulhar num lago à superfície e penetrar progressivamente espaços da rocha inundados pela água, experimentando a transição do ambiente exterior, em geral conformado por uma paisagem estética incomum, para o ambiente da escuridão e do quase completo silêncio, não fosse a existência de uma fauna quase invisível ao desatento, mas espantosamente variada. Um espírito mais aventureiro e curioso poderia saciar-se ainda mais ao se expor a técnicas desportivas especiais para transpor abismos verticais que levam a 75 metros de profundidade no interior da rocha."*

Compondo o complexo físico e cênico do Carste de Lagoa Santa "*encontra-se um conjunto aqüífero que é, provavelmente, o artífice principal na composição desse ecossistema tão especial*" (Berbert-Born et al., 1998). A possibilidade de existirem regiões ainda não exploradas leva a crer que, devido a presença de atividades exercidas de forma descontrolada, principalmente associadas às extrações minerais, o patrimônio natural da região corre perigo.

Em função das características da região cárstica, há ocorrência de um grande número de lagoas, distribuídas nas planícies de Mocambeiro[90] – Maria Angélica, Vargem da Pedra, do Brejo e Cerca das Achas, todas elas intermitentes –, e de Fidalgo[91] – lagoas Santo Antônio e do Sumidouro. Essas lagoas apresentam-se com ciclos anuais ou plurianuais, condicionadas ao regime pluviométrico associado ao nível freático e aos sistemas de fluxo do aqüífero cárstico (DELPHI, 2000).

Os representantes da fauna e flora da região são característicos das regiões de Cerrado, como formação predominante, e de Mata Atlântica, indicando uma situação de transição entre eles. Nos maciços há vegetação semelhante à caatinga e remanescentes de *mata seca* – assim referenciada porque seus arbustos perdem praticamente todas as folhas durante o período de

[90] Distrito do município de Matozinhos.
[91] Distrito do município de Pedro Leopoldo.

estiagem. As florestas ciliares apresentam-se extremamente degradadas, não sendo observado nenhum fragmento expressivo dessa formação ao longo do ribeirão da Mata, principal curso d'água da região (DELPHI, 2000).

A região da APA Carste Lagoa Santa, comparativamente a outras regiões cársticas brasileiras é a mais conhecida: as primeiras investigações científicas foram realizadas pelo naturalista Lund, em meados do século XIX. Mesmo assim, seu reconhecimento completo está longe de ser esgotado, restando ainda vários locais para serem estudados, especialmente aqueles já indicados pelos pesquisadores como promissores à existência de cavernas. Segundo Berbert-Born et al. (1998), conhecer a região da APA é *"a única garantia para a viabilidade e para um melhor planejamento da atividade mineradora, cuja ampliação é uma tendência irrefutável"*, o que não deve ser tomado como verdade absoluta, pois, embora esta seja a tendência atual, por se tratar de uma área de preservação ambiental de tamanha relevência, por meio da ação conjunta da população e do poder público, em defesa de um bem público, deve ser possível reverter esse quadro.

A situação da APA Carste Lagoa Santa é delicada, pois ela está situada em um dos principais vetores de crescimento da RMBH, com vocação industrial acentuada e concentrada na fabricação de cimento e cal e na extração mineral de calcário. Os limites legais da APA cortam os perímetros urbanos de Pedro Leopoldo, Matozinhos e Lagoa Santa e passam pelos limites dos municípios de Vespasiano e São José da Lapa, e assim sendo, a APA sofre pressão das atividades industriais e minerárias desenvolvidas nesses municípios, com o desmonte dos afloramentos calcários, que, além dos impactos ambientais sobre a flora e a fauna local e a própria estrutura geológica, suprimem a beleza paisagística que esses monumentos naturais proporcionam. "*As interferências transcendem os limites legais, que, em alguns casos são vias urbanas de grande movimento, como em Lagoa Santa*" (Mendonça, 1998), fato que reforça a necessidade de promover a gestão territorial e ambiental da região de forma sistêmica e rigorosa.

4.3.1. Os municípios onde estão instaladas as fábricas de cimento

Os municípios de Pedro Leopoldo, Vespasiano e Matozinhos integram uma ampla região polarizada por Belo Horizonte, e, de forma geral, subordinam-se à capital mineira na hierarquia funcional urbana e estão situados em um dos eixos de ligação de Belo Horizonte com Sete Lagoas, importante pólo regional do Estado de Minas Gerais.

De acordo com o último Censo Demográfico (IBGE, 2000) , Pedro Leopoldo possui 53957 habitantes, Vespasiano 76422 e Matozinhos 30164, com um padrão de ocupação predominantemente urbano – em torno de 90%. A dinâmica populacional desses municípios, refletido no intenso processo de urbanização acompanhado de crescimento industrial, são fatores que comprovam sua importância como eixo de expansão da RMBH.

Em escala local, verifica-se que a urbanização dos municípios de Pedro Leopoldo e de Vespasiano ocorreu, preferencialmente, no vale do ribeirão da Mata, mas há outras áreas de expansão populacional. Mendonça (1998) registra o fluxo significativo de trabalhadores entre as atividades econômicas da região (indústrias e mineração e, anteriormente, para a construção do Aeroporto de Confins), sendo que os mais qualificados, geralmente, residem em Belo Horizonte[92].

A base econômica dos municípios sustenta-se, predominantemente, nas atividades ligadas à extração e beneficiamento de calcário, sendo que os principais ramos industriais são o de transformação de minerais não metálicos (cal e cimento), destacando-se ainda os setores metalúrgico, mecânico e químico. O três municípios têm distritos industriais implantados com unidades fabris de relevância sob os aspectos econômico e ambiental. Em Pedro Leopoldo, as indústrias mais importantes ligadas ao setor de minerais não metálicos são a Holcim Brasil, a Camargo Corrêa Cimentos, a Precon Industrial e a Mineração Lapa Vermelha; em Matozinhos, a Brasil Béton (Cimento Lafarge) e a Calmit Industrial; e em Vespasiano, a Soeicom.

Na região, onde houver um curso d'água, encontram-se poderosas dragas de extração de areia – uma atividade pesada, lucrativa, mas muitas vezes clandestina – e um intenso movimento de caminhões-caçamba, deixando para trás os riscos de assoreamento, desbarrancamento de margens, destruição das matas ciliares, degradação da vegetação e contaminação dos rios.

O gás natural chega ao município de Vespasiano pelo Sistema Distribuidor Norte que compõe a Rede de Distribuição de Gás Natural da RMBH. A expansão do gasoduto até o município de Sete Lagoas seguirá o trajeto da rodovia MG-424 a partir da Estação de Gás de São José da Lapa, passando pelos municípios de Pedro Leopoldo e Matozinhos, com linhas laterais para Confins e Sete Lagoas e ramais de atendimento à Mineração Lapa Vermelha, Mineração Cauê, Holcim e Calmit. Em Matozinhos, o gasoduto atravessará área urbana em região com ocupação comercial e residencial e tráfego de veículos leves e pesados (DELPHI, 2000).

[92] Informações sobre infra-estrutura social e aspectos sócio-políticos de alguns municípios da Região do Calcário estão compiladas no Quadro A.1, constante do Anexo.

A região é atendida pelas rodovias estaduais MG-010 e MG-424 e por ferrovia, utilizadas para o escoamento da produção mineral e de cimento e cal e o transporte de matérias-primas e insumos energéticos, inclusive resíduos industriais empregados como combustíveis nos fornos de clínquer das fábricas de cimento. Há uma via de acesso pavimentada que liga Vespasiano à rodovia MG-424, passando por São José da Lapa.

O ribeirão da Mata[93], com nascentes localizadas no município de Matozinhos, Capim Branco e Esmeraldas tem 72 km de extensão, e sua bacia abrange área de 676 km^2. Os principais tributários são os ribeirões Braúnas, do Urubu, das Neves, Areias e os Córregos Carrancas e Sujo. Ao longo de seu curso, margeia as cidades de Capim Branco, Matozinhos, Pedro Leopoldo e Vespasiano, cujos efluentes sanitários são lançados em seu curso. Matozinhos e Vespasiano contam com estações de tratamento de esgoto, o que minimiza a carga de poluentes orgânicos lançados no ribeirão. As indústrias de ferro gusa, químicas, laticínios e cimento são as principais fontes de poluentes hídricos. A atividade mineral é intensa na bacia do ribeirão da Mata, destacando-se a extração de pedras ornamentais, areia, calcário e argila.

" *O ribeirão da Mata está doente*". Este foi o diagnóstico de técnicos da COPASA após estudarem os resultados das análises físico-químicas de amostras das águas do ribeirão[94], poluídas por óleos e graxas, manganês, ferro, metais pesados, chumbo, cádmio e outros metais pesados, fenóis, altas taxas de *Scherichia coli*, estreptococos fecais e outras bactérias causadoras de doenças (Barbosa, Cordeiro, 2001). Os resultados somente confirmaram o que era esperado: os lançamentos de efluentes sanitários e industriais são os principais responsáveis pela degradação da qualidade das águas do ribeirão da Mata.

Resultados semelhantes estão registrados no relatório de monitoramento da qualidade das águas publicado pela FEAM (2000): as amostras de água bruta do ribeirão da Mata apresentaram concentrações de coliformes fecais, fosfato total, manganês e sólidos em suspensão acima dos padrões estabelecidos. O IQA indicou qualidade Média na metade das análises realizadas e qualidade Ruim e Muito Ruim no restante. O Índice de Toxicidade indicou contaminação por fenóis, cádmio, chumbo e cobre. Esses resultados se repetem no relatório editado em outubro de

[93] No âmbito do Sub-Comitê da Bacia do Ribeirão da Mata, que compõe o Comitê do Rio das Velhas, está sendo desenvolvido o Programa de Recuperação da Bacia do Ribeirão da Mata. Os municípios que compõem a sub-bacia do ribeirão da Mata são Capim Branco, Confins, Esmeraldas, Lagoa Santa, Matozinhos, Pedro Leopoldo, Ribeirão das Neves, Santa Luzia, São José da Lapa e Vespasiano.

[94] As análises foram realizadas pela COPASA atendendo à solicitação do Comitê Pró-Recuperação do Ribeirão da Mata, do *Projeto Manuelzão*, Faculdade de Medicina da UFMG. O plano de monitoramento previu quatro campanhas – janeiro, abril, setembro e dezembro – em 2000, em nove pontos de amostragem, considerando 69 parâmetros físico-químicos.

2001 (FEAM, IGAM, 2001), merecendo citação o seguinte trecho: "*O despejo sem tratamento prévio dos esgotos sanitários gerados em grandes centros urbanos, como é o caso da RMBH, apresenta-se como principal fonte de contaminação das águas por coliformes fecais. (...) A situação é extremamente crítica nos (...) ribeirões Arrudas, Onça, das Neves e da Mata, onde a contagem média foi até 100 vezes superior ao padrão de classe 2*".

Os resultados do Cadastramento Industrial da Região Metropolitana de Belo Horizonte elaborado pelo CETEC em 1986 já apontavam para o comprometimento da qualidade do ar nos municípios de Pedro Leopoldo e Vespasiano, causado pelas fábricas de cimento[95], como assinalado. No período entre outubro de 1991 e setembro de 1992, a FEAM realizou o monitoramento da concentração de partículas totais em suspensão na região central do município de Pedro Leopoldo: o padrão diário (240 $\mu g/m^3$) foi ultrapassado duas vezes no período e a média geométrica[96] anual igual a 103 $\mu g/m^3$ excedeu, em muito, o padrão (80 $\mu g/m^3$) (FEAM, 1993) . Em 2001, o COPAM determinou a realização do monitoramento da qualidade do ar no município de Pedro Leopoldo, em área de influência ambiental da fábrica de cimento Holcim – bairro São Geraldo – e da Mina Fazenda Campinho – bairro Dom Camilo –, de forma continuada e por período indeterminado. O monitoramento da concentração de partículas totais em suspensão e partículas inaláveis obtidos nas duas estações de monitoramento da Holcim não se estendeu pelo período de 12 meses consecutivos, de modo que não foi possível avaliar o grau de comprometimento da qualidade do ar nessas regiões. Observa-se que o monitoramento realizado não é suficiente para permitir a avaliação da qualidade do ar e aferir a eficácia das medidas de controle ambiental adotadas pelas fábricas.

Embora não se disponha de séries históricas de dados de concentração de poluentes atmosféricos que representem a realidade da situação local, pode-se inferir, a partir da observação da distribuição espacial das unidades fabris e dos assentamentos urbanos dos municípios, que a população sofre impacto dos poluentes atmosféricos emitidos originados nas minas e nas fábricas de cimento – chaminés, ressuspensão de particulados de pilhas de materiais e pisos externos pela ação dos ventos e movimentação de veículos nos pátios e vias de circulação das áreas industriais.

A poluição do ar é agravada no período seco (abril a setembro): nessa época, além da ausência de chuvas, as temperaturas menores acentuam o fenômeno de inversão térmica, comum

[95] De acordo com o estudo, os municípios de Belo Horizonte, Contagem, Betim, Pedro Leopoldo e Vespasiano respondiam por 97,5% das emissões potenciais de material particulado na RMBH (Figuerêdo, 1994).
[96] A Resolução CONAMA 03/90 estabelece padrões anuais para Partículas Totais em Suspensão para a média geométrica calculada a partir das concentrações médias diárias obtidas no período de um ano. Para os demais poluentes, o padrão anual refere-se à médias aritméticas.

na RMBH, quando é possível observar, no início da manhã, a camada de poeira acinzentada sobre o vale do ribeirão da Mata.

Efeitos sobre a saúde humana associados à fabricação de cimento no município de Pedro Leopoldo foram investigados por Filogônio (1986) e Duarte e Mendes (1997). O trabalho desenvolvido por Filogônio (1986) teve como objetivo principal observar a associação entre o nível de poluição atmosférica e as manifestações respiratórias e alérgicas sobre a população infantil da região urbana central e do Distrito de Fidalgo do município de Pedro Leopoldo. Os resultados mostraram que as crianças residentes no centro da cidade apresentavam-se nitidamente mais sintomáticas que as crianças residentes em Fidalgo, com redução da função pulmonar e prevalência[97] muito maior de várias manifestações respiratórias, tais como tosse constante, expectoração, dispnéia, sibilos, rinorréia e espirros numerosos. O estudo evidencia nítida associação entre a poluição atmosférica na região central de Pedro Leopoldo e as manifestações respiratórias nas crianças residentes na área de maior concentração de poluentes do ar. O autor afirma que "*a exposição crônica em níveis elevados de poluentes pode ser uma das causas de tais sintomas*".

Duarte e Mendes (1997) analisaram o perfil de algumas doenças das vias aéreas inferiores com possível etiologia alérgica em crianças de 0 a 12 anos atendidas na Rede Ambulatorial da Secretaria Municipal de Saúde de Pedro Leopoldo. De acordo com os dados, a bronquite foi o diagnóstico mais freqüente, aparecendo em 82% dos casos; seguido da asma, com 10%. O bairro Centro concentrou o maior número de acometimentos (16%), seguido dos bairros Lagoa de Santo Antônio (14%) e Teotônio B. Freitas (13%). É lembrado que a região central de Pedro Leopoldo está situada na área de influência ambiental da Camargo Corrêa Cimentos, na direção predominante do vento; na região da Lagoa de Santo Antônio estão implantadas diversas minerações de calcário, inclusive a Mina Fazenda do Campinho, da Holcim e a Pedreira da Cauê, hoje pertencente à Camargo Corrêa. Segundo as autoras, "*essa região tem grande concentração de famílias de baixa renda, podendo ser essa a jutificativa para sua maior contribuição no acometimento de doenças*". Não foi identificada uma relação do acometimento de doenças respiratórias com a qualidade do ar de Pedro Leopoldo, por não haver dados mais recentes de monitoramento da concentração de poluentes.

[97] Prevalência é o termo descritivo da força com que subsistem as doenças numa coletividade, portanto, um indicador de morbidade. A medida mais simples para a prevalência é a freqüência absoluta dos casos de doenças (Almeida Fº, Rouquayrol, 1992).

A elevada incidência de doenças respiratórias em crianças residentes em bairros de Pedro Leopoldo onde há mineração de calcário e fábrica de cimento pode sinalizar o comprometimento da saúde da população pela referidas atividades industriais. Observa-se que o processo de adoecimento das crianças em Pedro Leopoldo, de acordo com Duarte e Mendes (1997) repete-se mais de dez anos após a pesquisa realizada por Filogônio (1986), fazendo crer que esse seja o quadro epidemiológico "*permanente*" do município.

Ousa-se inferir que tal situação deva se repetir também nos outros municípios onde a população está exposta aos poluentes originados nas plantas de fabricação de cimento.

4.3.2. As fábricas de cimento investigadas

As fábricas de cimento instaladas na *Região do Calcário* – Holcim Brasil SA, Camargo Corrêa Cimentos, Soeicom e Brasil Béton (Cimento Lafarge) formam o maior pólo produtor de cimento do Estado de Minas Gerais: 4,5 milhões de toneladas em 2001 (Revista do SNIC, 2000). O volume da produção anual evidencia as grandes quantidades de matérias-primas, energéticos e produtos que são manipulados em cada uma dessas unidades industriais.

As características tecnológicas do processo produtivo de fabricação de cimento, da extração do calcário até a expedição final do produto, e o porte das unidades fabris condicionam seu potencial poluidor. A proximidade das instalações industriais de núcleos populacionais é ponto comum às quatro cimenteiras da Região do Calcário. A Figura 4.2 apresenta um croqui da região, no qual está assinalada a localização das fábricas

Na entrada de Pedro Leopoldo, está instalada a fábrica de cimento da *Camargo Corrêa*, que ocupa área situada entre o ribeirão da Mata e a rodovia MG-424, que liga o município à Belo Horizonte. A malha urbana do município se distribui a partir dos limites da cimenteira, acompanhando o vale do ribeirão da Mata, em região plana, indo na direção do Centro da cidade, a cerca de dois quilômetros, com a maioria dos assentamentos populacionais na direção dos ventos predominantes, portanto, sujeitas ao impacto direto das emissões atmosféricas da fábrica de cimento. Os bairros Santo Antônio, São José e Várzea são os mais próximos.

Atualmente a Camargo Corrêa utiliza calcário e argila extraídos da Mina Fazenda Manoel Carlos, situada do outro lado da rodovia MG-424, na altura da fábrica, e os minérios beneficiados são transferidos para a planta industrial por correia transportadora. O calcário produzido na

"Pedreira da CAUÊ"[98], localizada em Mocambeiro, na divisa com Pedro Leopoldo, região da Lagoa de Santo Antônio, é transferido para a fábrica de cimento por teleférico, que pode ser avistado das margens da Lagoa.

Em Pedro Leopoldo, a fábrica de cimento *Holcim* encontra-se inserida na Área de Proteção Especial da sub-bacia do ribeirão Urubu[99], em região de várzea, nas proximidades da confluência dos ribeirões Urubu e da Mata. Em seu limite sudoeste estão os bairros São Geraldo, Triângulo, Joana D'Arc, Donato e o Conjunto Rômulo de Carvalho, que abrigam moradias e estabelecimentos comerciais característicos de população de baixa renda. À frente da portaria principal da fábrica, na margem esquerda do ribeirão da Mata, está instalada a indústria Citygusa, siderúrgica não integrada a carvão vegetal. A noroeste, na continuidade do vale do ribeirão da Mata, a área é rural. A ferrovia que atende a toda a Região do Calcário corta a área industrial na direção sudeste-noroeste (Suzuki, 2001).

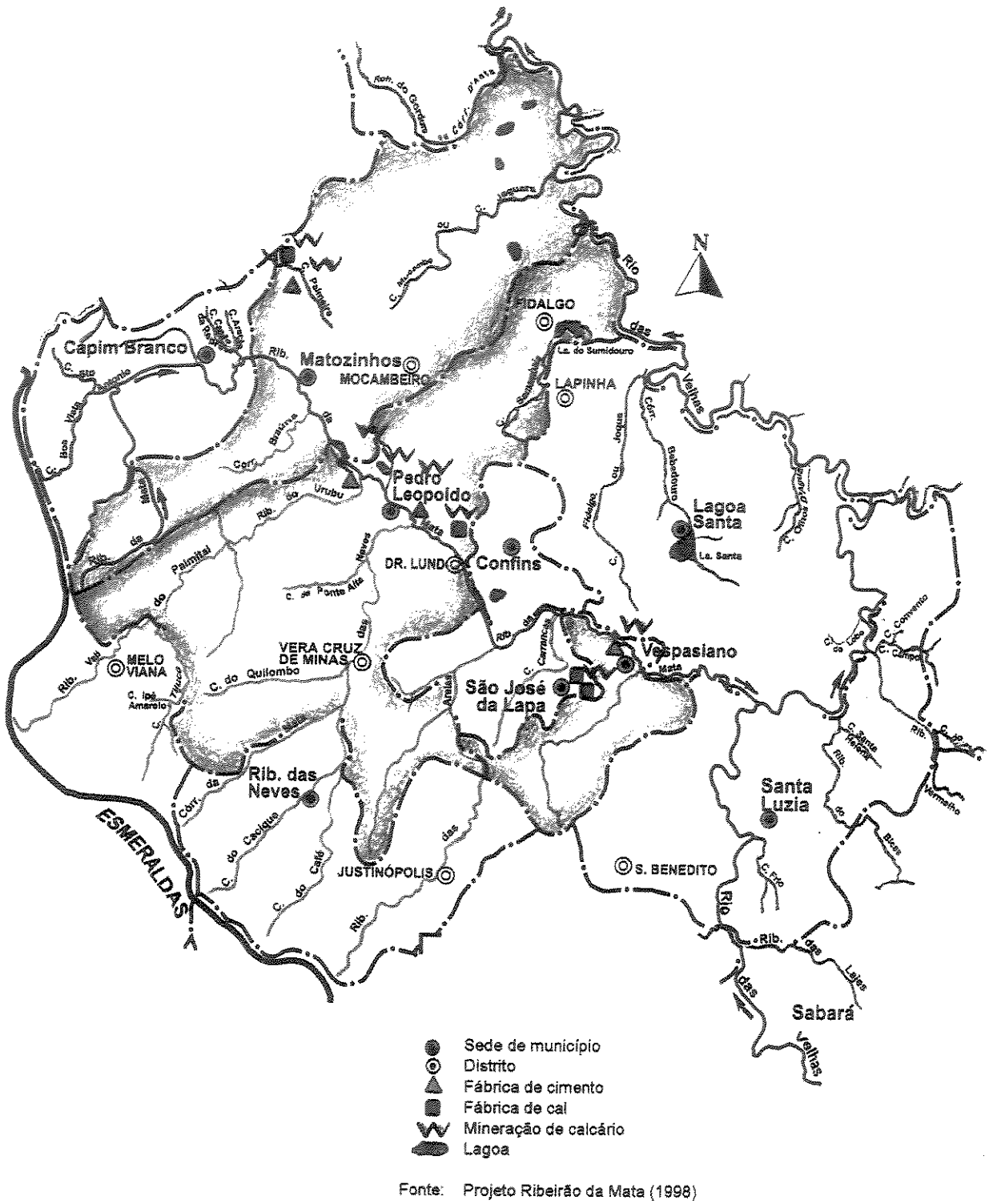
A Holcim processa calcário extraído da "Pedreira da CIMINAS", como é conhecida pela população a Mina Fazenda Campinho, localizada no bairro Lagoa de Santo Antônio, em área pertencente a APA Carste Lagoa Santa. O minério britado é transferido para a fábrica de cimento por correia transportadora, de cerca de 3 km, que se estende na direção nordeste-sudoeste ao longo da via pública denominada Estrada da CIMINAS, em área urbana de Pedro Leopoldo, cortando os bairros Dom Camilo, Felipe Cláudio de Sales, Novo Campinho, Distrito Industrial e da Lua.

A Lagoa de Santo Antônio encontra-se entre as ocorrências da APA Carste Lagoa Santa consideradas de grande beleza cênica, com afloramentos calcários característicos da região cárstica, que constituem as reservas minerais da Holcim de um lado, e da Camargo Corrêa de outro, e de onde elas extraem o calcário empregado na fabricação do cimento.

A fábrica de cimento *Soeicon* está instalada na divisa dos municípios de Lagoa Santa – fabricação de clínquer e cimento – e Vespasiano – ensacamento e expedição, e o ribeirão da Mata corta o interior da área industrial. Todos os acessos à fábrica são feitos por vias urbanas do município de Vespasiano, destacando-se a Av. Prefeito Sebastião Fernandes e a Av. Portugal, esta uma importante via de trânsito local.

[98] À época do desenvolvimento do trabalho de campo, as atividades dessa mina estavam paralisadas.
[99] Decreto nº 21280, de 28-4-1981.

Figura 4.2 – Mapa da bacia do Ribeirão da Mata



Fonte: Projeto Ribeirão da Mata (1998)

Com ritmo acelerado de urbanização, reflexo do processo de crescimento industrial da RMBH, o município de Vespasiano apresenta problemas ambientais análogos aos de outros municípios da região: urbanização desordenada, com problemas de poluição de recursos hídricos, poluição sonora, poluição atmosférica, erosões. A população de Vespasiano também está distribuída, preferencialmente, ao longo do vale do ribeirão da Mata, à oeste da rodovia MG-10. A Soeicon é vizinha de diversos assentamentos populacionais, sendo os principais os bairros Lourdes, Centro, Célvia e Jardim Alterosa. No fundo da fábrica, na direção leste, a topografia é acidentada. Destaca-se a Vista Chinesa, afloramento calcário com ocorrência de mata seca, tornada área de proteção ambiental pelo poder público municipal. A ferrovia atravessa a área urbana em toda a sua extensão e passa pela unidade industrial na altura dos silos de cimento.

Em vista da topografia da região e da direção predominante dos ventos (sudeste), as emissões atmosféricas da fábrica da Soeicon são, preferencialmente, paralelas aos assentamentos populacionais, mas há relatos sobre o incômodo causado pela poeira de cimento à população da área central da cidade.

O Distrito Industrial Professor José Vieira de Mendonça, implantado em 1972, fica na margem direita da rodovia MG-10, no vale do ribeirão da Mata, onde encontram-se instaladas algumas indústrias de grande porte, destacando-se a Gessy Lever, a Demag e a Belgo Mineira Bekaert. Os poluentes atmosféricos emitidos por essas plantas industriais, carreados pelos ventos predominantes, contribuem para a deterioração da qualidade do ar do centro urbano municipal.

A fábrica de cimento *Brasil Béton* (Cimento Lafarge) está localizada no limite nordeste do perímetro urbano do município de Matozinhos, na rodovia MG-424, sentido para Sete Lagoas, em área com pequeno adensamento populacional com características de população de baixa renda. Toda a área industrial, bem como o complexo minerário encontram-se inseridos na APA Carste Lagoa Santa, às margens do ribeirão da Mata, limite oeste do carste, em local conhecido como Poções. Trata-se de um dos principais cenários cársticos da região devido ao seu patrimônio natural e cultural. A Lapa do Ballet, inserida dentro da concessão da Lafarge Cimentos é um dos sítios rupestres mais importantes, tendo sido palco de intensos estudos e segundo Prous, citado por Berbert-Born (1998), "*trata-se do painel de cena mais espetacular da APA*":

> "*Antropomorfos itifálicos, de braços abertos para frente, andam para a saída da gruta; e acima, figuras femininas, das quais umas parecem grávidas, parecem ir dançando na mesma direção; em frente, uma curiosa figura compósita que pode ser senão um parto.*"

Na área da empresa há uma Reserva Particular de Patrimônio Natural de 174 ha, correspondente a 44% do total da propriedade. No local estão catalogadas mais de 31 cavernas, dois rios subterrâneos (Córrego das Perobas e o Córrego Palmeiras) e duas lagoas (Lagoa da Mina e Lagoa Bom Jardim).

O centro da cidade Matozinhos ocupa área em cota mais elevada, e vem seguido dos bairros São Miguel, São Cristóvão e Nossa Senhora de Fátima, na direção da fábrica de cimento. A população desses locais está exposta aos riscos da poluição atmosférica emanada das instalações industriais da Brasil Beton.

O ribeirão da Mata corta o município na sua parte leste. O vale é ocupado por propriedades rurais, na margem direita, e por cerâmicas de médio porte e indústrias do setor metal-mecânico, na margem esquerda, na saída para o município de Capim Branco.

Do outro lado do centro da cidade, na divisa com o município de Pedro Leopoldo, na rodovia MG-424, está implantado o Distrito Industrial de Matozinhos, onde encontram-se vários empreendimentos de pequeno e médio porte dedicados à fabricação de tijolos, adubos, pré-moldados, pigmentos, abrasivos, pedras ornamentais. O bairro Bom Jesus, aglomerado de população de baixa renda, ocupa área limítrofe ao norte do distrito industrial.

A rodovia MG-424, que faz a ligação da Região do Calcário com Belo Horizonte, em toda a sua extensão, apresenta grande movimento de veículos de carga, responsável pelo transporte de matérias-primas e insumos para as empresas da região, até o pólo de Sete Lagoas, e pelo escoamento de produtos. Após a entrada da fábrica de cimento Holcim, no sentido Pedro Leopoldo – Sete Lagoas, a rodovia torna-se estreita e sem acostamento, inadequada ao tráfego de caminhões, ônibus intermunicipais e automóveis na intensidade que ocorre no local.

4.3.3. Avaliando os impactos

A Região do Calcário apresenta-se como um local peculiar e muito complexo devido aos contrastes que se impõem em seu território pelas atividades econômicas – especialmente as grandes minerações e as fábricas de cimento e cal que utilizam o principal componente das regiões cársticas, o calcário, como matéria-prima de seus processos – e pela sua localização na periferia da Região Metropolitana de Belo Horizonte – constituindo-se como um dos principais eixos de crescimento da metrópole –, em relação aos inúmeros sítios espeleológicos de

reconhecida importância histórica e arqueológica e rara beleza, com centenas de cavernas que guardam espeleotemas e pinturas rupestres; lagoas, sumidouros e rios subterrâneos; e afloramentos calcários; que deveriam ser preservados como um tesouro milenar que foi ofertado pela natureza aos seus habitantes.

Constata-se que a região apresenta-se degradada, sendo a ação do homem o fator que mais contribuiu para a degradação, traduzido principalmente pela grande expansão urbana, pelo desmatamento, pelas minerações de calcário e pelo funcionamento das grandes fábricas de cimento e cal, que acarretam expressivas modificações na paisagem cárstica e na qualidade ambiental. Adicionam-se os impactos de outras indústrias que se instalaram no local, das atividades agrícolas, que permeiam algumas áreas rurais dos municípios, e a construção e operação do Aeroporto Internacional de Confins.

Em relação ao meio físico, observa-se que vários afloramentos calcários foram ou estão sendo mutilados pela mineração; que os cursos d'água estão contaminados pelo lançamento de esgotos e agrotóxicos e pela disposição inadequada de lixo em suas margens e leito, e assoreados pela exploração de areia e cascalho; que a qualidade do ar está comprometida pelas poeiras e tantas outras substâncias tóxicas emanadas das fábricas de cimento e de cal e das outras plantas industriais e pela poluição sonora; que as grutas e seus tesouros estão ameaçados tanto pela exploração dos bens minerais, quanto pelo turismo predatório; que a fauna e da flora nativas estão desaparecendo; e que os processos erosivos estão comprometendo a qualidade do solo.

Muitas grutas encontram-se sob algum tipo de ameaça. As mais comuns e notáveis são de ordem estética e resultam da visitação constante e despreparada da comunidade local, com danos irreversíveis nas pinturas rupestres, quebra dos espeleotemas, pichações e acúmulo de lixo: citam-se as grutas Faustina, Baú, Escada, Milagres, Túneis, Cerca Grande e Ballet. A ameaça maior, porém, é a que "*implica no desaparecimento do sítio, quando entra em confronto o patrimônio e o desenvolvimento econômico, retratado especificamente nas empresas mineradoras de calcário*". (CRPM, 1995, citado por Berbert-Born, 1998).

A história do ***Arco Calcário*** existente numa propriedade rural da empresa de mineração CALMIT, a Fazenda Caxambu, no município de Matozinhos retrata bem essa questão. O referido Arco era um patrimônio secular, bastante nítido e visível pela sua altura, com singular moldura e raras e belíssimas inscrições rupestres, e fazia parte de um dos mais notáveis sítios arqueológicos da região. Em agosto de 1989, técnicos da Fundação Estadual do Meio Ambiente, em visita ao local, constataram "*para maior surpresa e incalculável prejuízo ao acervo nacional que o*

monumento natural emoldurado na natureza sob a forma de um arco, já não mais existia. Todo aquele patrimônio de inestimável valor histórico, cultural, artístico, paisagístico e rara beleza cênica havia se transformado em um imenso amontoados de blocos rochosos. O referido Arco, que resistiu ao longo da história natural, teve um trágico fim marcado pelo poderio econômico, por meio de sua explosão, porém, sem nenhuma finalidade econômica." (FEAM, 1989)[100]. "*Um ato criminoso, realizado conscientemente ...*". Nota-se que, no ano anterior, o órgão ambiental manifestou sua preocupação quanto a grave ameaça que pairava sobre o monumento natural à Prefeitura de Matozinhos, ao Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico e à Secretaria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, solicitando a todos providências para a preservação do Arco, "*em decorrência da acentuada expansão da exploração mineral, considerando que essa atividade tem sido, ao longo do tempo, um fator de degradação do patrimônio natural*". (FEAM, 1989).

Outros danos às grutas considerados graves são a impregnação de superfícies por fuligem de fogueiras, crescimento de algas promovido por iluminação artificial, inundação, seca, alteração na composição físico-química e biológica da água e modificações de cursos naturais de água que alteram o ciclo de atividade dos espeleotemas e a evolução natural das formas. "*A atividade mineradora é responsável por muitos desses prejuízos*" (Berbert-Born, Horta, Prous et al., 1998), uma vez que remove a vegetação do solo, induzindo o aporte de detritos no interior das grutas e modifica as condições dos fluxos de água. O trânsito de máquinas pesadas, as explosões e as emissões em chaminés das plantas de beneficiamento de calcário e fabricação de cimento e cal geram poeiras diversas "*que não encontram obstáculo à penetração nas cavernas*". Os próprios abalos advindos das explosões para desmonte são agentes indutores de quebra de espeleotemas e desmoronamentos.

Os tremores de terra são uma realidade para os moradores do bairro Lagoa de Santo Antônio, no município de Pedro Leopoldo, e do Distrito de Mocambeiro, em Matozinhos. Em agosto de 1998, a Estação Sismográfica da CEMIG, no município de Carmo do Cajuru (135 km de Belo Horizonte), registrou dois abalos sísmicos na região, que causaram rachaduras em diversas casas e pânico nos moradores. Os tremores foram creditados, pelos moradores, às atividades das pedreiras da Holcim, da Carmargo Corrêa Cimentos e da Mineração Lapa Vermelha, havendo uma possibilidade real de serem resultado das explosões, de acordo com o chefe do Observatório Sismológico de Brasília, como relatado em reportagem veiculada à época[101], onde havia informação também sobre o assoreamento do sumidouro da Lagoa de Santo

[100] O fato foi registrado em reportagem do jornal Estado de Minas, publicado em 8 de agosto de 1989.
[101] Jornal O Tempo, circulado em 24 de agosto de 1998.

Antônio, ocorrido havia três anos (1995), que impediu a passagem das águas, interrompeu o ciclo natural típico das lagoas das regiões cársticas, ocasionou a elevação do nível das águas e o encobrimento de várias moradias que ficavam às suas margens.

Em abril, maio e julho de 2002, os moradores da região da Lagoa de Santo Antônio e Mocambeiro foram surpreendidos com novos abalos, registrados no Observatório Sismológico de Brasília. A magnitude dos tremores e o pânico e apreensão da população, provocou intensa mobilização da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil e das autoridades municipais locais para que o fenômeno fosse esclarecido, uma vez que, além das atividades de exploração de calcário, o assentamento de camadas de solo devido à formação geológica do carste foi apresentada também como justificativa para o ocorrido. A região está sendo monitorada por um sismógrafo colocado em ponto muito próximo à Pedreira da CIMINAS (Holcim)[102].

A atividade agrícola também é predatória, pois facilita o carreamento de matérias orgânicas e químicas para o interior das grutas devido ao revolvimento do solo. Segundo os especialistas (Berbert-Born, Horta, Prous et al., 1998), o desmatamento expõe as entradas das cavernas, fato que contribui para modificar as condições atmosféricas internas das cavidades e estimular o trânsito maior das pessoas. Sem a proteção natural da vegetação, as pinturas rupestres e outros vestígios arqueológicos tornam-se mais sujeitos à ação das intempéries e ao vandalismo. Ainda é comum a quebra generalizada de paredes, devido à própria lavra em pequena escala de concreções calcíticas, muitas vezes localizada nas proximidades das entradas da cavidades, não sendo raro o emprego de explosivos, e as escavações para busca de objetos arqueológicos e ossadas pré-históricas.

Completam o cenário atual da Região do Calcário, os núcleos populacionais dos municípios de Pedro Leopoldo, onde a fábrica da Camargo Corrêa tornou-se vizinha da população do centro da cidade, e em Vespasiano, onde a Soeicom está instalada muito próxima da área central. A Holcim e a Brasil Béton, inicialmente implantadas em área menos povoada, já compartilham o espaço com aglomerados urbanos que vão se constituindo. O quadro mostra, de forma inequívoca, que a população está sujeita aos riscos associados a essas atividades produtivas, especialmente os que decorrem da exposição crônica aos poluentes atmosféricos.

[102] Reportagens publicadas nos jornais Estado de Minas, de 8-5-2002; Observador de Pedro Leopoldo, de 10-5-2002, Folha de Pedro Leopoldo, de 10-5-2002 trataram do assunto, que também foi motivo de ofícios e relatórios da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil e das Prefeituras Municipais de Pedro Leopoldo e Matozinhos, cujas cópias foram cedidas pela CEDEC-MG, como colaboração a este trabalho de tese e encontram-se no Anexo.

É importante fazer referência às fábricas de cal e suas respectivas minas de calcário, que operam na região, por se tratar das quatro maiores fábricas de cal do Estado de Minas Gerais – CALMIT, Mineração Lapa Vermelha, ITAUCAL e ICAL. Duas delas, a ITAUCAL e a ICAL, estão instaladas em São José da Lapa, município que fica situado entre Vespasiano e Pedro Leopoldo e que também integra a Região do Calcário. Constata-se nesta localidade o grande impacto das atividades de mineração de calcário e fabricação de cal sobre a população. A exposição aos poluentes atmosféricos é visível nos telhados, muros e vegetação das casas – tudo coberto de pó branco da cal; sinalizadas pelas cortinas nos alpendres e nas portas e janelas permanentemente fechadas. As unidades produtivas da ITAUCAL estão separadas da população do centro urbano, por uma única rua, e a situação é agravada pela circulação preferencial dos ventos, que, passando antes pelas áreas mineradas e fábrica de cal, vão em direção à cidade. O impacto da ICAL é maior sobre os bairros que situam-se do outro lado da MG-424, onde se nota também o pó branco sobre as casas, embora em menor intensidade.

Há alguns movimentos da população, normalmente capitaneados por ONGs – Comitê Pró-Recuperação do Ribeirão da Mata do *Projeto Manuelzão* (UFMG) e *Movimento de Cidadania pelas Águas* na Bacia do Ribeirão da Mata – esforços de alguns líderes locais, estudos e pesquisas acadêmicas e institucionais, com o objetivo de contribuir para a preservação do que resta da região e minimizar os danos que a degradação do meio ambiente causa à população local. Essas pessoas, de alguma forma, se sensibilizaram frente aos problemas com os quais convivem diariamente as pessoas que transitam, labutam ou vivem aí, e se tocaram pela terra que, quando virgem, apresentava-se em grande beleza, com suas grutas e tesouros, suas lagoas e rios subterrâneos e seus belos afloramentos calcários, esculpidos durante milhões de anos e ornamentados pela vegetação típica do carste, que atraiu estudiosos vindos de longe, como o lendário Dr. Lund[103].

[103] *Peter Wihelm Lund*, pesquisador dinamarquês que, a partir de 1840, explorou e estudou, de forma sistemática as cavernas da região de Lagoa Santa. O resultado de suas pesquisas projetaram a região no mundo científico, com a descoberta de ossos e de vestígios dos mais antigos brasileiros – o "Homem de Lagoa Santa" (Berbert-Born, Horta, Prous et al., 1998).

Capítulo 5

O suprimento, as rotas e os volumes da co-incineração e do co-processamento de resíduos industriais perigosos. Investigação em quatro fábricas de cimento próximas entre si

Neste Capítulo, (a) descreve-se os sistemas tecnológicos constituídos pelas fábricas que formam o pólo cimenteiro da Região Metropolitana de Belo Horizonte; e (b) evidencia-se os tipos, a origem e as características dos resíduos industriais destinados à co-incineração em seus fornos de clínquer.

5.1. Introdução

As fábricas de cimento que constituem o pólo cimenteiro da Região Metropolitana de Belo Horizonte são quatro: Camargo Corrêa Cimentos Ltda e Holcim Brasil SA, instaladas no município de Pedro Leopoldo; Sociedade de Empreendimentos Industriais, Comerciais e de Mineração – Soeicom, em Vespasiano e Brasil Beton SA (Lafarge Cimento), em Matozinhos; fábricas que operam com *processo via seca* e são responsáveis pela produção de cerca de 5 milhões de toneladas de cimento ao ano, o que corresponde a mais de 50% da produção do Estado de Minas Gerais.

A Camargo Corrêa Cimentos, a Holcim e a Soeicom têm licença ambiental concedida pelo COPAM para co-incinerar e co-processar resíduos em seus fornos de clínquer. A Brasil Beton está licenciando essas atividades.

Constata-se um aumento significativo no número de solicitações de Licença de Operação para a co-incineração de resíduos nos fornos de clínquer dessas fábricas de cimento. O quadro que se apresenta é o seguinte: em 1995, foram solicitadas somente duas licenças em 1996 e 1997, foram quatro em cada ano; em 1998, o número saltou para 17; em 1999 para 34; havendo ligeira queda em 2000 e 2001, com 31 e 29 solicitações, respectivamente, como detalhado na Tabela 5.1. Ressalta-se que um pedido de licença, na maioria das vezes, inclui mais de um resíduo, todos originados da mesma fonte geradora.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Tabela 5.1 – Fábricas de cimento: solicitação de licença ambiental para a co-incineração de resíduos

Fábrica de cimento	Primeira LO	Número de licenças solicitadas (*)							
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Holcim Brasil SA - Pedro Leopoldo, MG	1991	1	3	3	9	7	8	14	7
Camargo Corrêa Cimentos Pedro Leopoldo, MG	1993	1	1	-	-	-	4	5	
SOEICOM Vespasiano, MG	1997	-	-	1	8	27	19	10	2
Cimento Lafarge - Brasil Beton Matozinhos, MG	-	Licença Prévia concedida em 19-11-2002							
TOTAL		2	4	4	17	34	31	29	9

(*) A *Licença de Operação* é solicitada por fonte (ou empreendimento) gerador de resíduo, e não para cada resíduo individualmente, havendo, na maioria dos casos, mais de um resíduo no mesmo processo de licenciamento ambiental.
Fonte: FEAM (2002)

Os procedimentos que precedem o processo de co-incineração abrangem a análise do mercado de resíduos, para identificação dos materiais que interessam à fábrica de cimento; a caracterização físico-química dos resíduos – estado físico, classificação segundo a NBR 10004, composição química, poder calorífico, teor de umidade, viscosidade, densidade, ponto de fulgor, pH, teor de cinzas, teor de voláteis, teor de enxofre –; a realização de estudo de viabilidade de queima, para se avaliar a extensão das possíveis alterações na qualidade do clínquer e do cimento, dos danos aos equipamentos industriais; dos agravos à saúde dos trabalhadores; dos impactos ao meio ambiente; e do atendimento aos regulamentos e normas ambientais vigentes. Esses procedimentos são proclamados pelas cimenteiras, suas gestoras de resíduos[104] e pelos órgãos ambientais como garantia para a eliminação dos riscos associados à co-incineração.

A taxa de alimentação dos resíduos no forno rotativo depende de sua composição química e é calculada a partir o balanço de massa teórico para os principais elementos químicos que *podem prejudicar* o processo industrial – metais pesados (cádmio, mercúrio, tálio, arsênio, cobalto, níquel, selênio, telúrio, antimônio, chumbo, cobre, estanho, manganês, vanádio), cianetos, cloro, flúor e enxofre – quanto à qualidade do cimento e quanto à emissão de poluentes. No caso dos metais pesados, os cálculos são realizados com base em duas hipóteses: os metais são totalmente incorporados ao clínquer ou os metais são emitidos na sua totalidade pela chaminé da planta de clinquerização – essa hipótese não leva em conta o teor de metais pesados nas matérias-primas. Tais suposições são consideradas as mais conservadoras pelos órgãos ambientais e permitem estimar o aumento máximo da concentração de metais pesados no cimento e nos gases da chaminé da planta de clinquerização ocorridos durante a co-incineração do resíduo.

Embora os resíduos sejam licenciados um a um, eles podem ser introduzidos ao mesmo tempo no forno de clínquer, em proporções definidas, estabelecidas no *plano de queima*, que inclui ainda informações sobre a taxa de alimentação de cada um dos resíduos, a estimativa da contribuição de cada resíduo no aumento da concentração de metais pesados, halogênios, metais alcalinos e enxofre no clínquer; a estimativa das taxas de emissão de poluentes atmosféricos[105]; a concentração dos elementos químicos no clínquer; e o percentual de substituição energética[106] ou de matéria-prima. O plano de queima é apresentado ao órgão ambiental no momento da solicitação da licença para co-incineração de determinado resíduo, sendo por ele autorizado ou não.

As regulamentações ambientais restringem a alimentação do resíduo a determinadas condições operacionais dos fornos de clínquer em relação à taxa de alimentação de farinha crua, temperatura dos gases no forno, alimentação de combustível, concentração de monóxido de carbono e oxigênio no segundo estágio do pré-aquecedor, temperatura dos gases na saída da câmara de fumaça e operação normal do precipitador eletrostático. A tecnologia empregada pelas fábricas deve possibilitar a imediata interrupção da alimentação de resíduos no forno nos casos onde as condições operacionais forem consideradas inadequadas ao tratamento térmico dos contaminantes perigosos.

5.2. As fábricas de cimento segundo seus aspectos tecnológicos, operacionais e ambientais

A fábrica da ***Camargo Corrêa Cimentos SA***[107] – Unidade de Pedro Leopoldo, antiga Cimento Cauê SA[108], está localizada na rodovia MG-424, km 18, à margem esquerda do ribeirão da Mata. A unidade industrial foi inaugurada em 1955 com capacidade de produção de 100 mil

---

[104] Normalmente as fábricas de cimento terceirizam todos os serviços relacionados à co-incineração.

[105] As taxas de emissão são estimadas considerando uma dada eficiência de queima para os compostos orgânicos, a eficiência teórica do precipitador eletrostático e a taxa de retenção de um dado elemento químico no clínquer.

[106] Baseada no poder calorífico dos resíduos.

[107] As informações apresentadas neste item são resultado da pesquisa realizada nos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos junto ao COPAM. Os documentos são organizados em processos individuais catalogados: os *processos técnicos*, que contêm informações referentes ao empreendimento; e os *processos administrativos*, onde estão as informações sobre a planta e as unidades industriais, e correspondem às licenças prévia, de instalação e de operação. Cada processo recebe um número que representa o empreendimento e o ano em que o processo técnico foi aberto; seguido de um número seqüencial representando o processo administrativo (xxx) e o ano em que este se iniciou (yyyyy). Para a Camargo Corrêa Cimentos, o número do processo técnico é 015/1978 e os processos administrativos têm numeração do tipo 015/1979/xxx/yyyyy. Como há muitos processos para as fábricas de cimento investigadas, optou-se por referenciar apenas o processo técnico e o ano do documento consultado, para evitar que lista de fontes de informação consultadas se estendesse muito.

[108] A incorporação da Cimento Cauê SA pela Camargo Corrêa Industrial SA ocorreu em assembléia de acionistas realizada em 30-10-1998.

toneladas de cimento por ano. Na década de 70, as duas linhas de fabricação de cimento, que constituem a *Fábrica Belum*, foram convertidas para o *processo via seca*, e a capacidade instalada ampliada para 500 mil toneladas de cimento por ano. Em 1983, foi inaugurada a terceira linha de produção de cimento, a *Fábrica Belver*. Atualmente, a fábrica da Camargo Corrêa de Pedro Leopoldo produz 1,3 milhão de toneladas de cimento ao ano. A unidade industrial tem licença ambiental concedida pelo COPAM, órgão deliberativo do Sistema de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais, em setembro de 1999 (COPAM, 1998).

O processo de fabricação de cimento é por via seca, sendo a *Fábrica Belver* a unidade mais importante da planta industrial da Camargo Corrêa. Mensalmente são consumidas 70 mil toneladas de calcário, 7 mil toneladas de argila, 500 toneladas de minério de ferro, 2 mil toneladas de gesso e 37 mil toneladas de escória de alto forno para produzir Cimento Portland CP-II[109] e CP-III[110] e clínquer destinado à unidade de moagem de Santana do Paraíso, MG (COPAM, 1998).

O consumo mensal de energia elétrica, fornecida pela CEMIG, é de 12 mil MWh. A energia térmica é proveniente da combustão de 4500 toneladas de *óleo combustível tipo 7A*, que podem ser substituídas por até 6500 toneladas por mês de *carvão mineral*, ou até 5300 toneladas por mês de *coque de petróleo*, sendo a matriz energética determinada pelo preço dos combustíveis. A água utilizada no processo industrial é captada no ribeirão da Mata e o consumo chega aos 30 mil metros cúbicos por mês (COPAM, 1998).

Os principais poluentes gerados no processo de fabricação de cimento são material particulado; gases de combustão – CO, CO_2, NO_x, SO_2, produtos de combustão incompleta e vapor d'água –; efluentes líquidos oleosos[111] e esgoto sanitário.

A principal área de influência da fábrica sob o ponto de vista ambiental é a própria cidade de Pedro Leopoldo, uma vez que, em linha reta, as instalações industriais encontram-se a apenas 2 km do centro urbano. O controle ambiental da planta industrial está voltado para a emissão de material particulado, uma vez que há um número significativo de fontes desse poluente: chaminés dos fornos de clínquer, dos moinhos de cimento, dos moinhos de cru e de carvão; chaminés dos filtros de mangas dos silos, de equipamentos diversos e das áreas de trabalho; operações de

[109] Cimento Portland Composto, que pode conter de 6% a 34% de escória de alto forno.
[110] Cimento Portland de Alto Forno, que pode conter de 35% a 70% de escória de alto forno.
[111] Águas usadas na refrigeração de equipamentos e oriundas da oficina mecânica, após tratamento em sistemas separadores de água e óleo.

transferência de materiais entre equipamentos não estanques; limpeza dos pátios; movimentação de veículos nas vias de acesso.

De acordo com os resultados de campanhas de monitoramento de efluentes atmosféricos realizadas[112], os valores medidos para a concentração de material particulado atenderam ao padrão estabelecido pelo COPAM – 70 mg/ Nm^3 [113] (COPAM, diversos anos).

Em relação à qualidade do ar, os resultados das campanhas de monitoramento realizadas pela empresa, de agosto de 1997 a fevereiro de 1998, e em novembro de 2001, não retratam a realidade local, pois os parâmetros analisados não foram suficientes – somente partículas totais em suspensão –, e a freqüência e a periodicidade das amostragens não consideraram a sazonalidade anual. Além disso, a época em que foram coletadas as amostras coincidiu, na sua maior parte, com a estação chuvosa, quando as concentrações de material particulado no ar atmosférico, sabidamente, tendem a ser menores. A pouca atenção dada à questão da qualidade do ar pelos analistas ambientais nesse caso é preocupante, uma vez que o assentamento urbano da área central do município de Pedro Leopoldo se estende à frente da cimenteira, na direção predominante dos ventos, fato que justifica, por si só, ações rigorosas, criteriosas e sistemáticas dos órgãos fiscalizadores, com objetivo de minimizar o impacto negativo da exposição crônica da população local aos poluentes emitidos pela planta industrial.

A Camargo Corrêa Cimento está licenciada pelo COPAM para processar resíduos diversos com objetivo de substituir matéria-prima ou combustível[114]. A manifestação do interesse da cimenteira para co-incinerar resíduos em seus fornos de clínquer ocorreu em agosto de 1991, quando solicitou licença para "*queimar catalisadores gastos da Unidade de Craqueamento Catalítico da Refinaria Gabriel Passos*", mas o processo foi arquivado. Em agosto de 1993, foi encaminhado ao COPAM solicitação de Licença Prévia para "*incineração de combustíveis residuais*". O processo evoluiu com o pedido de Licença de Instalação para uso dos fornos de clínquer como "*Unidades de Incineração de Combustíveis Residuais*", sendo que, em dezembro de 1994, foi concedida a primeira Licença de Operação para co-incineração de resíduos gerados na indústria COFAP – Unidades de Itajubá, MG, e Santo André, SP – no forno rotativo da *Fábrica Belver*, que tem capacidade para produzir 2300 toneladas de clínquer por dia.

---

[112] Os resultados mais recentes estão compilados nas Tabelas A.11, A.12 e A.13, no Anexo.

[113] Padrão de emissão de material particulado para chaminés de fornos de clínquer que promovem co-incineração de resíduos. O padrão de emissão usual é 0,15 kg de material particulado por tonelada de farinha crua alimentada no forno, estabelecido pelo Decreto nº 21228, de 10-3-1981.

[114] Em Minas Gerais, o tratamento térmico de resíduos em fornos de clínquer está sujeito ao Licenciamento de Atividades Poluidoras de acordo com os regulamentos e normas estabelecidos pelo COPAM.

Na *Camargo Corrêa*, os resíduos são introduzidos na câmara de fumaça e no queimador do forno rotativo por meio de dispositivos especiais: os resíduos sólidos e pastosos, acondicionados em caixas, barris, embalagens de papelão, são encaminhados à caixa de fumaça e introduzidos no forno pelo sistema de alimentação de resíduos embalados; os resíduos líquidos são transferidos para um tanque de onde são bombeados para o queimador secundário do forno (COPAM, 1994; COPAM, 2001).

Com a troca de acionistas, a atividade de co-incineração de resíduos foi interrompida no período de 1997 a 2000, tendo sido retomada há dois anos, mas em escala ainda pouco significativa em relação aos níveis de substituição energética.

Os trabalhadores da planta industrial da Camargo Corrêa são cerca de 270 (1998), sendo que 46 prestam serviços na administração, 18 no laboratório, 15 na ensacadeira, 76 na manutenção, 46 na produção, e 73 são terceirizados. A empresa oferece programas internos de acompanhamento de saúde do trabalhador, assistência médico-odontológica, seguro de vida, alimentação, transporte e lazer.

Não há informações sobre projetos para a comunidade, tendo sido encontrada uma recomendação para realizar "programa de comunicação social com a população do distrito de Mocambeiro", onde está instalada a Pedreira da Cauê, uma das minas da Camargo Corrêa.

A ***Holcim Brasil SA***[115] está instalada no município de Pedro Leopoldo, em área limitada pelo ribeirão da Mata a oeste, pelo ribeirão Urubu ao sul e pelo bairro São Geraldo ao norte. A unidade industrial é composta por duas linhas de produção: a *Fábrica I*, que entrou em operação em 1974, e a *Fábrica II*, que foi inaugurada em 1983. A produção anual da fábrica da Holcim em Pedro Leopoldo é de 1,5 milhão de toneladas de cimento ao ano. A unidade industrial tem licença ambiental do COPAM, concedida em maio de 2000 (COPAM, 2000).

O processo de fabricação de cimento é por via seca. Para produzir Cimento Portland CP-II e CPV-ARI[116] são utilizadas 155 mil toneladas de calcário, 22 mil toneladas de argila, 6 mil toneladas de gesso e 15 mil toneladas de escória de alto forno ao mês (COPAM, 2000).

---

[115] O número do processo técnico da Holcim – Unidade de Pedro Leopoldo é 062/1981.
[116] Cimento Portland de Alta Resistência Inicial, composto de clínquer, sulfato de cálcio e até 5% de material carbonático.

O consumo mensal de energia elétrica, fornecida pela CEMIG, é de 17 mil MWh. A energia térmica é proveniente da combustão de *moinha de carvão vegetal, coque de petróleo*[117] e *carvão mineral*. A água utilizada no processo industrial é captada no ribeirão da Mata e em poço artesiano próprio. O consumo chega aos 116 mil metros cúbicos por mês. Aproximadamente, 70% da água utilizada é recirculada no processo (COPAM,2000).

De forma geral, e em vista de operar com processo via seca, a planta de fabricação de cimento da Holcim gera os mesmos tipos de poluentes atmosféricos e líquidos, e utiliza os mesmos tipos de equipamentos e sistemas para o controle da poluição que sua congênere Camargo Corrêa. A principal área de influência da fábrica sob o ponto de vista ambiental é a ocupada pelos bairros vizinhos, cuja população está exposta aos poluentes emitidos pelas chaminés e aos ruídos das máquinas industriais.

Nas chaminés dos fornos de clínquer estão instalados opacímetros para monitorar a emissão de material particulado e os analisadores estão conectados à Fundação Estadual do Meio Ambiente, permitindo aos analistas ambientais o acompanhamento contínuo e em tempo real das concentrações registradas. De acordo com os resultados das campanhas de monitoramento de efluentes atmosféricos nas chaminés dos fornos de clínquer realizadas[118], a concentração de material particulado ultrapassou o limite estabelecido pelo COPAM, quando resíduos industriais estavam sendo co-incinerados (COPAM, diversos anos).

A concessão da licença de operação para a unidade de fabricação de cimento da Holcim em Pedro Leopoldo está condicionada à realização do monitoramento da qualidade do ar[119] em região no entorno da fábrica de cimento e da mina de calcário, na Lagoa de Santo Antônio. Em 2001, as amostras foram coletadas no período de janeiro a maio, tendo sido interrompidas sob a alegação da empresa de que era necessário reduzir o consumo de energia elétrica, para atender às determinações do Governo Federal relacionadas ao racionamento de energia, uma vez que os equipamentos estavam ligados na rede de consumidores residenciais, os quais, por este motivo, estavam sendo prejudicados. O monitoramento foi retomado no ano seguinte, em janeiro[120]. A partir dos dados disponíveis não é possível fazer uma avaliação do quadro de comprometimento da qualidade do ar na região, pois os períodos nos quais as análises foram realizadas abrangem, predominantemente, a estação das chuvas, e os resultados da última campanha ainda são

[117] Produzido pela Refinaria Gabriel Passos da PETROBRAS.
[118] Os resultados mais recentes estão compilados nas Tabelas A.14 a A.21, apresentadas no Anexo.
[119] Para monitorar a concentração de partículas totais em suspensão, partículas inaláveis e parâmetros meteorológicos.

incipientes. Mesmo assim, os poucos dados evidenciam valores elevados de concentração de Partículas Totais em Suspensão e de Partículas Inaláveis nos dias 25 e 31 de janeiro (215,77 $\mu g/m^3$ e 268,39 $\mu g/m^3$, respectivamente); 2 e 26 de março (303,47 $\mu g/m^3$ e 269,17 $\mu g/m^3$); e 4 e 7 de abril de 2001 (177,88 $\mu g/m^3$ e 251,53 $\mu g/m^3$), quando o padrão de qualidade do ar foi ultrapassado, classificando a qualidade do ar como Inadequada[121] (COPAM, 2000).

A Holcim está licenciada pelo COPAM para processar resíduos diversos com o objetivo de substituir matéria-prima ou combustível, e foi a primeira fábrica de cimento de Minas Gerais a requerer e obter licença do COPAM, em 1991, atividade que vem realizando desde então. A alimentação de resíduos sólidos e pastosos no Forno I é realizada por meio de correias transportadoras, que interligam a área de preparação de resíduos ao forno rotativo. No sistema do Forno II, os resíduos acondicionados em *big-bags* são transportados por empilhadeiras até o forno e descarregados, com auxílio de ponte rolante, sobre parafuso alimentador (COPAM, 1998). Os resíduos líquidos são bombeados diretamente dos tanques dos caminhões para um queimador secundário instalado na zona de queima do forno[122]. A Holcim promove a co-incineração de pneus usados ou fora de especificação, que são alimentados no forno rotativo pela câmara de fumaça, em instalação apropriada composta de rampa de roletes e válvulas pneumáticas que controlam a taxa de entrada dos pneus nos fornos[123] (COPAM, 1998).

Os trabalhadores da planta industrial da Holcim totalizam 200 (em 2000), sendo que 4 trabalham na gerência de fábrica, 20 na administração, 83 na produção, 71 na manutenção, 5 na expedição, e 17 na qualidade; não há informações sobre o trabalho de empregados terceirizados. A empresa oferece programas internos de acompanhamento de saúde do trabalhador, assistência médico-odontológica, seguro de vida, alimentação, transporte e lazer.

A empresa procura manter boas relações com a comunidade por meio de programas de ajuda a famílias carentes não ligadas ao empreendimento, apoio às entidades de atendimento a portadores de deficiência física e mental e à escola pública local, desenvolvidos em projetos específicos, de acordo com a política mundial do grupo suíço.

---

[120] Até a data de encerramento desta pesquisa, em julho de 2002, não haviam sido encaminhados novos resultados de monitoramento da qualidade do ar à FEAM.

[121] Padrão para PTS (média de 24 horas): 240 $\mu g/m^3$; padrão para PM-10 (média de 24 horas): 150 $\mu g/m^3$, de acordo com a Resolução CONAMA 03/90.

[122] O operação está sendo alterada com a implantação do sistema de alimentação de *blend* de resíduos líquidos, estando previsto um tanque metálico para homogeneização da mistura de resíduos (BRANDT, 2001).

[123] Os pneus são introduzidos inteiros.

A *Sociedade de Empreendimentos Industriais, Comerciais e Mineração - Soeicom*[124] foi implantada em 1976, em área cortada pelo ribeirão da Mata, na divisa dos municípios de Vespasiano e Lagoa Santa . Na década de 90, as instalações passaram por processo de modernização e ampliação da produção para 4000 toneladas de clínquer por dia. A fábrica da Soeicom produz 1,2 milhão de toneladas de cimento ao ano. A unidade industrial tem licença ambiental do COPAM, concedida em maio de 1996 (COPAM, 1996; Santi, 1997).

O processo de fabricação de cimento é por via seca. São empregadas 156 mil toneladas de calcário, 30 mil toneladas de areia, 9 mil toneladas de argila, 4 mil toneladas de minério de ferro, gesso e escória de alto forno ao mês (COPAM, 1995). O principal produto é o Cimento Portland CP-II (COPAM, 1998). O calcário é retirado da Mina da Lapa Vermelha, situada no município de Lagoa Santa, e, após beneficiado, é transportado para a fábrica de cimento por correia transportadora, que corta a rodovia MG-010[125].

O consumo mensal de energia elétrica, fornecida pela CEMIG, é de 9 mil MWh (Santi, 1997). A energia térmica é proveniente da combustão de *óleo combustível tipo 7A*. A água utilizada no processo industrial é captada de poços tubulares próprios, sendo recirculada. O consumo estimado é de 180 mil metros cúbicos por mês. (COPAM, 1993).

A fábrica de cimento da Soeicom gera os mesmos tipos de poluentes atmosféricos e líquidos e emprega equipamentos e sistemas para o controle da poluição ambiental análogos aos da Camargo Corrêa e da Holcim, em vista de operar também com tecnologia baseada no processo via seca. Os esgotos sanitários da planta industrial são destinados à ETE de Vespasiano, operada pela COPASA. A principal área de influência da fábrica sob o ponto de vista ambiental compreende a sede do município.

Nas chaminés do forno e moinho de clínquer, dos filtros do galpão de clínquer, das ensacadeiras e dos silos de cimento estão instalados opacímetros para monitorar a emissão de material particulado e verificar a eficiência dos sistemas de controle da poluição (COPAM, 1993). Resultados de campanhas de monitoramento de efluentes atmosféricos nas chaminés dos fornos de clínquer[126] indicam que a concentração de material particulado está abaixo dos limites estabelecidos pelo COPAM (COPAM, 2001).

---

[124] O número do processo técnico da Soeicom é 001/1977.
[125] A rodovia MG-010 liga Belo Horizonte ao Aeroporto Internacional de Confins.
[126] Os resultados mais recentes estão compilados na Tabela A.22, apresentada no Anexo.

Não há dados de monitoramento da qualidade do ar na área de influência da Soeicom. As informações disponíveis referem-se aos resultados da aplicação de modelos matemáticos utilizando algorítmo gaussiano para a dispersão da pluma de partículas totais em suspensão, que "*indicam concentrações desprezíveis de Partículas Totais em Suspensão*" (COPAM, 1993). É interessante destacar que o diagnóstico ambiental realizado por BRANDT (1993) sobre os impactos da cimenteira assinala que "*a grande reclamação da população da cidade* (de Vespasiano) *se dirige especialmente à poluição atmosférica e, secundariamente, à poluição sonora. O incômodo da poeira é o principal problema apontado*", evidenciando a ineficácia da aplicação dos estudos de dispersão de poluentes atmosféricos, de forma simplificada, para retratar o quadro de comprometimento da qualidade do ar.

A Soeicom está licenciada pelo COPAM para processar resíduos diversos com objetivo de substituir matéria-prima ou combustível, tendo obtido Licença de Operação em agosto de 1997, para processar resíduos da Usiminas. Os resíduos sólidos destinados à co-incineração são pesados, misturados e homogeneizados com auxílio de pá carregadeira e colocados em moega pulmão sobre uma rosca dosadora, que controla a quantidade de material que é transportado para a base de um elevador de canecas e, daí, para o duto de alimentação do forno. Os resíduos líquidos são descarregados em bacia equipada com peneira para retenção de materiais indesejáveis e serpentina para aquecimento. O material, após filtrado, é bombeado para tanques de estocagem com aquecimento interno. A alimentação dos resíduos líquidos ocorre em derivação da linha do queimador principal do forno (COPAM, 1999).

Os trabalhadores da planta industrial da Soeicom totalizam 430 (1997), sendo que 388 são empregados próprios (Santi, 1997). A empresa oferece assistência médica, hospitalar e odontológica, extensiva a seus dependentes, além de alimentação, transporte e seguro de vida.

A ***Lafarge Cimento - Brasil Beton SA***[127] foi implantada no município de Matozinhos, em 1959, com a denominação de Companhia Mineira de Cimento Portland, para produzir 750 toneladas de cimento por ano em processo via úmida. Em 1971, a planta foi modernizada com a instalação de novo forno de clínquer para atender à concepção do *processo via seca*. A fábrica da Brasil Béton produz, atualmente, 900 mil toneladas de cimento ao ano. A unidade industrial tem licença ambiental do COPAM, concedida em setembro de 2000 (COPAM, 1999).

O processo de fabricação de cimento é por via seca. As matérias-primas empregadas são calcário, 64 mil toneladas por mês; argila, 16 mil toneladas por mês; minério de ferro, 500

toneladas por mês; e areia, 9 mil toneladas por mês. O calcário é proveniente das minas pertencentes a empresa, situadas em área contígua à fabrica de cimento. Os produtos principais são o Cimento Portland CP-I[128] e o Cimento Portland CP-III (COPAM, 1999).

A energia elétrica é fornecida pela CEMIG: 7,7 mil MWh por mês (COPAM, 1999), com um consumo específico da ordem de 102 kWh por tonelada de cimento produzido. A energia térmica é proveniente da combustão de *moinha de carvão vegetal, carvão mineral* nacional ou importado, *coque de petróleo* e *óleo combustível tipo 2A*. A proporção de cada um na matriz energética é determinada pela relação custo/benefício, assim como pelas condições operacionais e pelas características da farinha produzida. O carvão vegetal representa mais de 80% da participação da matriz energética, com consumo médio mensal de 6,6 mil toneladas por mês; seguido do coque de petróleo, com consumo de 950 toneladas por mês, correspondendo a 12 % de participação na matriz energética. O óleo combustível 2A e o carvão mineral têm participação pequena (COPAM, 1999)

A água potável é fornecida pela COPASA. A água de uso industrial, empregada na sua quase totalidade na refrigeração dos equipamentos e sistemas, é captada na Lagoa Bom Jardim, localizada em área da empresa. O consumo estimado é de 58 mil metros cúbicos por mês, sendo parte recirculada no processo (COPAM, 1999).

Quanto à emissão e ao controle de poluentes, a fábrica opera com os mesmos padrões tecnológicos de suas vizinhas, em vista de também adotar o processo via seca e ter instalados em suas chaminés precipitador eletrostático e filtros de mangas. Os esgotos sanitários da planta industrial são tratados em fossas sépticas. A principal área de influência ambiental da fábrica abrange a parte do complexo cárstico de Lagoa Santa e núcleos urbanos vizinhos.

Não foi realizado monitoramento da qualidade do ar em área de influência da Brasil Beton. A empresa propôs programas de amostragem de fontes fixas e para avaliação da qualidade do ar, de acordo com Plano de Controle Ambiental que orientou o licenciamento da unidade industrial, mas não há registros de resultados nos arquivos do órgão ambiental.

Acompanhando a tendência do setor cimenteiro para utilizar resíduos como combustíveis complementares em fornos de clínquer, a Brasil Beton solicitou ao COPAM Licença Prévia para co-incinerar e co-processar resíduos em sua unidade industrial de Matozinhos. A licença ambiental foi concedida em 19 de novembro de 2002.

---

[127] O número do processo técnico da Brasil Beton – Unidade de Matozinhos é 042/1983.
[128] Cimento Portland Comum, constituído de clínquer e sulfato de cálcio.

A Brasil Beton possui 189 empregados diretos e uma média de 80 trabalhadores em funções terceirizadas (1999), distribuídos na produção, manutenção e administração. A empresa reverte a receita obtida com a venda de resíduos recicláveis do programa de coleta seletiva (papel, plástico, alumínio) na compra de material escolar para as escolas mais carentes do município e implementou o Centro Lafarge de Apoio ao Meio Ambiente, com objetivo de realizar eventos voltados à formação e treinamento em meio ambiente.

A Tabela 5.2 apresenta os principais parâmetros operacionais dos fornos de clínquer das fábricas de cimento instaladas na Região do Calcário.

Tabela 5.2 – Fábricas de cimento: parâmetros operacionais dos fornos de clínquer

Parâmetro	HOLCIM		Camargo Corrêa	SOEICOM	Brasil Beton
	Forno I	Forno II	Fábrica Belver		
localização	Pedro Leopoldo		Pedro Leopoldo	Vespasiano	Matozinhos
produção em 2000 (mil t)	1490 (total)		1330	1170	896
produção de clínquer (t/dia)	3200	3600	2300	3000	2100
alimentação de farinha (t/dia)	5300	5500	4000		3100
consumo de combustível convencional (t/dia)	carvão vegetal: 420	carvão vegetal: 500	coque de petróleo: 180	óleo 7A: 240	carvão vegetal: 220
vazão de gases (Nm^3/h)	100000	122000	160000	290000	170000
comprimento do forno (m)	83	83	65	86	62
diâmetro útil (m)	5,3	5,3	4,4	5,4	4,1
ângulo de inclinação do forno	3°	3°	3,5°	3,5°	
velocidade de rotação (rpm)	1,7	2,1	2,2	2,2	2,5
pré-aquecedor	4 estágios	4 estágios	4 estágios	4 estágios	4 estágios
pré-calcinador	sim	sim	sim	sim	sim
resfriador de clínquer	satélite	satélite	satélite	grelhas	grelhas
EPC(*) planta de clínquer	eletrofiltro		eletrofiltro	eletrofiltro	eletrofiltro
EPC(*) outras unidades	filtros de mangas		filtros de mangas	filtros de mangas	filtros de mangas
controle de poeiras fugitivas	varrição aspersão de água		varrição aspersão de água	varrição aspersão de água	varrição aspersão de água
monitoramento contínuo	opacímetro			opacímetro	

(*) EPC = equipamento de controle da poluição

Fonte: Processo COPAM/PA/Nº 015/1978; Processo COPAM/PA/Nº 062/1981; Processo COPAM/PA/Nº 042/1983; Processo COPAM/PA/Nº 001/1977; Revista do SNIC (2001)

5.3. Unidades de mistura e pré-tratamento de resíduos: novos riscos

As possibilidades que se abriram às fábricas de cimento para co-incinerar os mais diversos resíduos industriais, em vista da grande oferta desses materiais para o tratamento térmico nos

fornos de clínquer, tornaram a atividade um negócio tão lucrativo que viabilizou a ampliação da escala de processo pela utilização de misturas de resíduos previamente preparadas (*blends*).

A redução dos custos associados à geração de energia térmica necessária ao processo de fabricação de clínquer decorrente do aumento na capacidade de co-incineração, bem como a minimização das perturbações operacionais do forno rotativo obtida com a homogeneização da composição química e do poder calorífico da mistura de resíduos são os principais fatores que incentivam a indústria de cimento a utilizar os *blends* preparados em plantas destinadas a esse fim (BRANDT, 2001), conhecidas como *unidades de mistura e pré-tratamento de resíduos*.

Dentro dessa linha, a Holcim, implantou, em Pedro Leopoldo, a Resotec Química de Resíduos Ltda[129], para produzir, de forma contínua, misturas padronizadas de resíduos[130] que serão utilizadas como combustível nos fornos de clínquer das empresas do grupo, e, possivelmente, ofertadas a outras unidades industriais.

Os produtos da Resotec são o *Resofuel*, obtido pela mistura de resíduos sólidos e pastosos e serragem, e o *Relifuel*, obtido a partir da homogeneização de resíduos líquidos. A capacidade anual de produção, após o quinto ano de operação, será de 100 mil toneladas de *Resofuel* e 21 mil toneladas de *Relifuel*. Pelo projeto, 40% dos resíduos serão recebidos em tambores e 60% a granel; 80% serão sólidos ou pastosos e 20% serão líquidos (GEOEXPLORE, 1999).

A Resotec processa centenas de tipos de resíduos, que incluem lodos de estação de tratamento físico-químico de efluentes industriais, borras de tinta da pintura industrial, borras oleosas, plásticos não clorados (polipropileno e polietileno), resíduos de alcatrão, resíduos *quench* da indústria petroquímica, solos e carvões contaminados com compostos orgânicos, catalisadores exauridos, solventes halogenados usados, lodos de tratamento de águas residuárias provenientes de operações de eletrodeposição, resíduos da utilização de hexaclorobenzeno, argilas de filtração usadas, carvão ativado usado, adsorventes usados, embalagens diversas, resinas de troca iônica etc. O espectro não difere muito dos inúmeros resíduos que estão sendo processados nos fornos de clínquer da Holcim atualmente, pois, mesmo para os resíduos destinados à mistura, há restrições quanto à fonte geradora, à composição química e ao poder calorífico, mas as quantidades processadas, em face aos objetivos do projeto, serão muito

[129] Início de operação em setembro de 2002, para produção de mistura de resíduos sólidos. O número do processo técnico da Resotec é 300/1999.
[130] Processo semelhante está implantado nas empresas SCORIBEL, na Bélgica, ASO, na Eslováquia e na RESINCONTROL, em São Paulo (GEOEXPLORE, 1999).

superiores às atualmente praticadas, sinalizando o aumento dos riscos, que se somam àqueles associados às atividades de pré-tratamento e mistura de resíduos.

Os resíduos são originados nos parques industriais de Minas Gerais (42%), de São Paulo (33%), de indústrias instaladas no Rio de Janeiro (13%), no pólo petroquímico da Bahia (8%) e no Espírito Santo (4%). Os custos com frete são o impedimento para o emprego de resíduos gerados em indústrias implantadas em outros Estados (COPAM, 2000). Os resíduos hospitalares, resíduos contaminados com bifenilas policloradas ou com pesticidas, resíduos explosivos ou radioativos, lodos biológicos com potencial patogênico, asbestos e resíduos de indústrias farmacêuticas não serão processados pela Resotec, devido às restrições dos regulamentos e normas ambientais vigentes (COPAM, 2000).

Em relação aos aspectos tecnológicos da unidade de pré-tratamento e mistura de resíduos, a grande questão, que inclusive motivou várias reuniões com os analistas ambientais, é o grau permitido para a *diluição de metais pesados e outros componentes presentes na massa dos resíduos brutos* permitido, pois, no entendimento dos representantes das empresas, o que interessa é a concentração desses constituintes na mistura final que será alimentada nos fornos de clínquer e não a concentração dos contaminantes nos resíduos brutos na entrada da planta de *blending*. Este fato ficou registrado em parecer técnico do órgão de meio ambiente[131]: "*os impactos positivos da implantação da RESOTEC serão mínimos, tendo em vista a inexpressiva geração de empregos*[132] *e de receita, face aos riscos apresentados pelo empreendimento e a tentativa de tornar a atividade de co-processamento de resíduos no Estado de Minas Gerais uma atividade sem controle, uma vez que, com a diluição, a norma (Deliberação Normativa COPAM nº 26/98*[133]*) tornar-se-ia inútil*". Por esse motivo, o parecer concluiu pelo indeferimento do pedido de Licença Prévia, mas os representantes da empresa reviram suas posições em relação à questão dos valores limites das concentrações dos contaminantes nos resíduos brutos e também em relação aos efluentes atmosféricos, especialmente os compostos orgânicos voláteis, os quais, afirmavam, não seriam gerados. O empreendimento foi, então, licenciado, e *novos* e *maiores* valores para a concentração máxima dos contaminantes no resíduo bruto foram fixados pelo

[131] Parecer Técnico DIMET 103A/00, de 11-4-2002, juntado ao Processo COPAM/PA/Nº300/99/01/99, referente à Licença Prévia da RESOTEC.
[132] O empreendimento deverá gerar cerca de 20 empregos diretos.
[133] Esta deliberação normativa fixa as concentrações máximas de constituintes perigosos e o valor mínimo de poder calorífico inferior para um dado resíduo a ser alimentado no forno de clínquer.

COPAM, embora a concentração final na mistura deva atender às exigências anteriormente estabelecidas pelo COPAM[134].

A implantação da Resotec agrega novos riscos à cadeia de uso e produção de cimento: a manipulação, moagem, peneiramento, mistura e transporte de grandes quantidades de resíduos perigosos; a emissão de material particulado, constituído do substrato (serragem) e do resíduo sólido em processamento e substâncias orgânicas voláteis (vapores de solventes) emitidas durante a manipulação dos resíduos para o ambiente de trabalho e para a atmosfera; a geração de efluentes líquidos com destinação ainda incerta, pois constituem-se de águas de lavagem de pisos ou contaminadas com resíduos, que não atendem às especificações para reintrodução no processo produtivo ou a queima direta nos fornos de clínquer – estima-se que sejam gerados 50 m^3 desse efluente líquido; e os resíduos sólidos, constituídos pelos tambores metálicos e outras embalagens. Somam-se aos riscos de exposição aos materiais perigosos, os riscos de acidentes: derramamento de material, incêndio e explosões (COPAM, 1999).

Devido à grande diversidade de resíduos que serão manipulados na Resotec, as concentrações dos contaminantes controlados pelo órgão ambiental não são determinadas para todos eles, em vista do custo envolvido na realização das análises químicas necessárias. Os *planos de mistura* serão estabelecidos a partir do resultado teórico, obtido por simulação em computador, para o balanço de massa da unidade, considerando as informações e dados prestados pelo gerador dos resíduos e os resultados das análises rotineiras de recebimento de resíduos. Assim, obtém-se uma mistura, cuja *concentração real* de elementos tóxicos não será conhecida, apenas estimada, embora esteja previsto que este procedimento será aferido a cada lote de 300 toneladas de mistura produzida, por meio de análises químicas para a determinação da concentração de metais pesados, cloretos, fluoretos, umidade, pH e poder calorífico de amostras de resíduos (GEOEXPLORE, 1999). Tal procedimento aumenta as incertezas sobre o comportamento do já complexo sistema constituído pela cadeia de produção e uso de cimento, e seu resultado refletirá na emissão da planta de clínquer e no grau de toxicidade do cimento, para menos ou para mais.

[134] A Tabela A.23, no Anexo, apresenta os valores fixados para a concentração máxima de contaminantes perigosos e o poder calorífico inferior na amostra bruta de resíduos que poderão ser empregados na produção de *blends* e os limites estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM nº 26/98.

5.4. Os tipos, a origem e as características dos resíduos para co-incineração nos fornos de clínquer

Até julho de 2002 haviam sido abertos 129 processos referentes às solicitações de Licenças de Operação para co-incineração de resíduos nos fornos das três cimenteiras da RMBH: 61 processos da Soeicom, 56 da Holcim e 12 da Camargo Corrêa Cimentos. Para o desenvolvimento deste trabalho, foram analisados os processos referentes ao período 1999-2002, que totalizam 81, sendo 45 da Soeicom (74%), 28 da Holcim (50%) e 8 da Camargo Corrêa Cimentos (67%).

O espectro de resíduos que estão sendo co-incinerados nos fornos de clínquer das fábricas Holcim, Soeicom e Camargo Corrêa é muito amplo[135] e abrange materiais gerados em indústrias metalúrgicas, químicas, petroquímicas, mecânicas, automobilísticas, agroflorestal e minerações instaladas em diversas localidades do País. Foram identificados *199 resíduos* industriais diferentes cujo processamento nos fornos de clínquer foi autorizado pelo órgão ambiental[136]. Destes, 79,4% são classificados como resíduos perigosos (Classe I), de acordo com a NBR 10004; 19,1% como resíduos não inertes (Classe II) e apenas 1,5% como resíduos inertes (Classe III), como detalhado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3. Classificação dos resíduos destinados à co-incineração em fornos de clínquer

Fábrica de cimento (destinação)	Classificação dos resíduos (NBR 10004)						TOTAL
	Classe 1	(%)	Classe 2	(%)	Classe 3	(%)	
SOEICOM	63	84,0	12	16,0	-	-	75
HOLCIM	79	74,5	24	22,7	3	2,8	106
CAMARGO CORRÊA	16	88,9	2	11,1	-	-	18
TOTAL	158	79,4	38	19,1	3	1,5	199

A massa de resíduos para co-incineração foi *estimada* a partir da taxa de geração e dos passivos declarados para cada resíduo para um período de 4 anos: totalizam 968 mil toneladas – 637 mil referentes à geração e 331 mil aos estoques. Para a Holcim serão destinadas 450 mil toneladas de resíduos (46,6%), para a Soeicom serão 379 mil toneladas de resíduos (39,2%) e para a Camargo Corrêa 139 mil toneladas de resíduos (14,2%), como apresentado na Tabela 5.4.

[135] Os resultados da investigação realizada nos processos COPAM para o período janeiro de 1999 a julho de 2002 estão compilados nos Quadros A.II e A.III, apresentados no Anexo.
[136] O prazo das licenças ambientais concedidas pelo COPAM varia de 6 anos (concedidas até junho de 2000) e 4 anos (a partir de junho de 2000).

Considera-se que não são valores desprezíveis, pois trata-se de materiais com composição química complexa, em sua maior parte perigosos, estranhos ao processo de produção de cimento, e que, portanto, agregam novos riscos às áreas industriais e suas vizinhanças.

Tabela 5.4 – Quantidades envolvidas na co-incineração de resíduos

Fábrica de cimento (destinação)	Tipos de resíduos	Taxa de geração		Passivo declarado acumulado	Total
		(t/mês)	(t)	(t)	(t)
SOEICOM	106	5.597	268.656	110.628	379.284
HOLCIM	75	6.232	299.136	151.561	450.697
CAMARGO CORRÊA	18	1.446	69.408	69.265	138.673
TOTAL	199	13.275	637200	331.545	968.654

A valorização dos resíduos como combustíveis complementares (co-incineração) ou como matérias-primas secundárias (co-processamento) exigida nos regulamentos e normas ambientais do Estado de Minas Gerais[137] é demonstrada pela indústria de cimento, à partir do poder calorífico, da concentração de silício, cálcio, ferro ou alumínio e da taxa de alimentação do resíduo no forno rotativo de clínquer, esta condicionada à concentração de determinados elementos no resíduo – *elementos limitantes*[138] listados na Deliberação Normativa COPAM nº 26/98.

A maioria dos resíduos cumpre o papel de combustível complementar, apresentando poder calorífico que varia de 11700 kJ/kg (valor mínimo) a 50100 kJ/kg (2800 kcal/kg a 12000 kcal/kg). As taxas de alimentação mais empregadas estão na faixa de 0,5 t/h a 1 t/h, mas observa-se tendência de crescimento desse parâmetro nos dados dos processos referentes aos pedidos de licença ambiental mais recentes, onde os valores propostos chegam a 5 t/h, e os níveis de substituição energética ultrapassam os 40%. Com relação a essa constatação, duas especulações podem ser feitas: as cimenteiras adquiriram conhecimento suficiente em relação aos aspectos tecnológicos da co-incineração – controle operacional do forno, qualidade do cimento e garantia da integridade dos equipamentos –, permitindo que maiores quantidades de resíduos sejam alimentadas no forno, ou há interesse em processar a maior quantidade possível de resíduos

[137] Deliberação Normativa COPAM nº 26, de 28 de julho de 1998.
[138] Elementos tomados como referência para a determinação de padrões de emissão de material particulado inorgânico: cádmio, mercúrio, tálio, arsênio, cobalto, níquel, selênio, telúrio, antimônio, chumbo, cromo, cobre, manganês, platina, paládio, ródio, vanádio estanho, além de cianetos e fluoretos.

frente à demanda dos geradores e às possibilidades de melhorar o balanço financeiro do processo de produção de cimento, ou as duas coisas.

Certifica-se que é comum a alimentação simultânea de resíduos diferentes no forno rotativo de clínquer, de acordo com o *plano de queima*, o qual leva em conta a compatibilidade química dos materiais e a taxa de alimentação dos resíduos que comporão a mistura. Assim sendo, a diversidade de materiais alimentados no forno aumenta extraordinariamente com os arranjos (misturas) de resíduos que podem montados.

Os resíduos são transportados pelo modal rodoviário, em caminhões tipo carga seca, caminhões caçamba ou caminhões tanque, a granel, ou embalados em big-bags ou tambores metálicos de 200 litros, de acordo com o estado físico do material.

É possível concluir, a partir dos valores das taxas de geração de determinados resíduos que alguns setores industriais estão sustentando (e continuarão a sustentar) a atividade de co-incineração nas fábricas de cimento, pois as quantidades de resíduos geradas em suas unidades industriais são elevadas. Destacam-se a *fabricação de alumínio*: resíduos das cubas (160 t/mês), carvão de criolita (350 t/mês), alumina fluoretada (170 t/mês), alumina fora de especificação (500 t/mês), cake de neutralização dos lavadores de gases (140 t/mês); *rerrefino de óleos lubrificantes* usados: borra ácida (210 t/mês); *indústria siderúrgica*: lodo de ETE (1500 t/mês), óleo usado (150 t/mês), lamas oleosas (250 t/mês), óleo usado (150 t/mês); *fundições*: areia verde para moldagem (360 t/mês), areia shell para moldagem (300 t/mês), escória (400 t/mês); *refino de petróleo*: borra de *landfarm* (500 t/mês), borra de tanque (300 t/mês); *indústria química*: tar (1300 t/mês), resíduo de MBT (200 t/mês) etc.

Se analisados na perspectiva da pesquisa realizada, os dados evidenciam ainda que a maioria dos resíduos estão, de alguma forma, *vinculados* à cadeia de produção de petróleo e uso de derivados petrolíferos. Os resultados gerais sobre a co-incineração de resíduos nos fornos de clínquer das fábricas de cimento Holcim, Soeicom e Camargo Corrêa estão compilados no Quadro Sinóptico III.

Quadro Sinóptico III – Aspectos tecnológicos da co-incineração de resíduos em fornos de clínquer das fábricas de cimento da RMBH

Parâmetro	Descrição
Taxa de alimentação	0,5 t/h a 5 t/h
Poder calorífico	11700 kJ/kg a 50100 kJ/kg (2800 kcal/kg a 12000 kcal/kg)
Substituição energética	0,8% a 49%
Substituição de matéria-prima	0,1% a 90%
Transporte	26 caminhões por dia (capacidade do caminhão: 25 t)
Tipos de carga	a granel, em big-bags, em tambores
Principais resíduos, origem e taxas de geração	***refino de petróleo***: borra de *landfarm* (500 t/mês), borra de tanque (300 t/mês) ***fabricação de alumínio***: resíduos das cubas (160 t/mês), carvão de criolita (350 t/mês), alumina fluoretada (170 t/mês), alumina fora de especificação (500 t/mês), cake de neutralização dos lavadores de gases (140 t/mês) ***rerrefino de óleos lubrificantes* usados**: borra ácida (210 t/mês) ***indústria siderúrgica***: lodo de ETE (1500 t/mês), óleo usado (150 t/mês), lamas oleosas (250 t/mês), óleo usado (150 t/mês) ***fundições***: areia verde para moldagem (360 t/mês), areia shell para moldagem (300 t/mês), escória (400 t/mês) ***indústria química***: tar (1300 t/mês), resíduo de MBT (200 t/mês)

Fonte: Processos COPAM (diversos anos)

5.5. Transporte de resíduos perigosos: riscos pouco evidenciados na RMBH

Como qualquer outro insumo utilizado numa planta industrial, os resíduos destinados à co-incineração e ao co-processamento nos fornos de clínquer são transportados da unidade fabril onde foram gerados até as fábricas de cimento, na quase totalidade, pelo modal rodoviário. Essa constatação amplia de forma extraordinária os limites do sistema ora em análise, pois as fábricas da Região Metropolitana de Belo Horizonte estão recebendo resíduos gerados em localidades muito distantes.[139]

A autorização ambiental para o processamento de resíduos nos fornos de clínquer é acompanhada da exigência do licenciamento do transporte rodoviário de resíduos perigosos (Classe I) e de resíduos não inertes (Classe II)[140]. Informações sobre a fonte geradora do resíduo, classificação dos resíduos segundo a norma NBR 10004, forma de acondicionamento dos resíduos para o transporte, quantidades licenciadas, rotas preferenciais, perfil da transportadora, tipos de caminhões e habilitação dos motoristas são apresentadas ao órgão ambiental na solicitação da licença.

[139] Há resíduos vindo, por exemplo, de bases de combustíveis instaladas nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil.
[140] No Estado de Minas Gerais, a atividade de transporte de resíduos classificados nas Classes I e II é considerada potencialmente poluidora e degradadora do meio ambiente e, desta forma, está sujeita ao licenciamento ambiental.

As características físico-químicas do resíduo – especialmente aquelas que lhe conferem periculosidade e que são determinadas pelas particularidades do processo industrial onde ele foi gerado –; as quantidades que são destinadas aos fornos de clínquer; e as rotas preferenciais utilizadas (rodovias federais, rodovias estaduais, vias urbanas) são parâmetros indicadores do grau do risco do transporte desses materiais até as cimenteiras.

Pesquisa realizada sobre o transporte de resíduos no Estado de Minas Gerais (Sevá F°, Santi, Valente, 2001) mostra que o tratamento térmico de resíduos em fornos de clínquer é a forma de destinação preponderante para os resíduos transportados em território mineiro. Essa constatação está de acordo com o crescimento da atividade em Minas Gerais. A investigação não contemplou todo o universo de processos de licenciamento de transporte rodoviário de produtos e resíduos perigosos existentes na FEAM – cerca de 1200 – mas mostrou que, *no mínimo*, 900 mil toneladas de resíduos[141] serão transportadas até as fábricas da Holcim, Soeicom e Camargo Corrêa situadas na RMBH.

A análise das rotas estabelecidas para o transporte de resíduos perigosos mostrou que o *Anel Rodoviário de Belo Horizonte* é passagem obrigatória da maior parte dos veículos de carga que trafegam na região. Se a massa de resíduos destinadas às fábricas de cimento da RMBH – 967 mil toneladas de acordo com os processos ambientais analisados – for transportada em caminhões com capacidade para 25 toneladas por carregamento, estima-se que o transporte de resíduos demandará o trabalho de cerca de 26 caminhões por dia, ou seja, um caminhão a cada hora, totalizando cerca de 38 mil viagens.

Esse quadro deverá agravar-se com a entrada em cena dos caminhões que transportarão resíduos para a fábrica Brasil Beton, em Matozinhos e com o início da operação da unidade de tratamento de resíduos, RESOTEC, em Pedro Leopoldo, que direcionará 750 caminhões por mês para a Região do Calcário (GEOEXPLORE, 1999).

Assim, para o cidadão que trafega diariamente na região do Anel Rodoviário e nas rodovias que atendem aos municípios do setor norte da RMBH, conviver com as cargas de resíduos perigosos e os riscos de acidentes tornou-se algo rotineiro. Entretanto, com certeza, o cidadão desconhece o perigo a que está exposto, pois os caminhões de resíduos não são tão bem sinalizados – com placas de riscos e números da ONU, de uso obrigatório, por lei – como os

[141] Quantidade estimada para um período de 6 anos, que refere-se ao período de validade da licença ambiental para o transporte rodoviário de resíduos. A pesquisa foi feita por amostragem.

caminhões que transportam produtos perigosos, para os quais, inclusive, é voltada toda a ação fiscalizatória do poder público.

O intenso tráfego de caminhões, aliado às condições de conservação das rodovias, que, em geral não são satisfatórias, contribuem para a ocorrência de acidentes envolvendo o transporte de produtos (e resíduos) perigosos. A partir dos registros de acidentes da Polícia Rodoviária Federal em três anos (1998-2000), obtém-se uma média de 48 acidentes por ano, com 11 mortes e 38 feridos, o que significa um acidente por semana, um morto e três feridos a cada quatro acidentes, ou seja, quatro vítimas por mês, sendo uma fatal, somente nas rodovias federais que cortam o Estado de Minas Gerais. A maioria dos acidentes ocorreu nas rodovias BR 381, BR 040 e BR 116 – 25,87%; 20,28% e 14,69%; respectivamente – tendo sido notável o número de eventos na rodovia BR 153, no Triângulo Mineiro: 20 acidentes no período. O quadro se mostrará mais grave se forem agregados os registros de acidentes envolvendo o transporte de produtos perigosos nas rodovias estaduais e os acidentes com resíduos perigosos[142].

Mesmo com o reconhecimento dos riscos e dos possíveis danos ao homem e ao meio ambiente que possam vir a ser causados pelos acidentes envolvendo o transporte rodoviário de produtos (e resíduos) perigosos , e com a determinação legal para o controle da atividade em todo território federal, em Minas Gerais as ações direcionadas à prevenção e ao planejamento para atendimento às emergências nesses casos são incipientes e isoladas.

Outra constatação é que os órgãos de Segurança Pública que atuam no Estado – Polícias Rodoviárias, Polícia Militar, Corpo de Bombeiros e Defesa Civil – não conhecem o material "*resíduo perigoso*". Nas emergências envolvendo o transporte rodoviário de resíduos perigosos, provavelmente, não estarão treinados e devidamente equipados para atuar da forma necessária à minimização dos danos às pessoas, incluindo eles próprios, e ao meio ambiente, com possibilidades de ampliação das conseqüências indesejáveis do acidente. O próprio órgão ambiental estadual não fiscaliza e não controla a atividade nas rodovias, restringindo sua atuação apenas à análise do pedido e à concessão da licença ambiental.

[142] Os acidentes envolvendo produtos perigosos nas rodovias estaduais são registrados pelas Polícias Rodoviárias como acidentes de trânsito, e as estatísticas não destacam esses eventos. Além disso, o número de mortes refere-se aos óbitos ocorridos no local do acidente, não sendo acompanhados os casos de falecimento após a internação hospitalar. (Informações prestadas pelo Engº Marco Antônio, do DER-MG, e pelo Capitão André Gerken, do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais).

Capítulo 6

Argumentações sobre os riscos ambientais no circuito dos resíduos industriais perigosos e sua co-incineração, e proposições priorizando a Segurança Química

Neste Capítulo (a) analisa-se as ações que estão sendo realizadas visando a co-incineração de resíduos em fornos de clínquer de fábricas de cimento no contexto do Princípio da Precaução e da Segurança Química; (b) destaca-se argumentações polêmicas relacionadas à co-incineração de resíduos; e (c) apresenta-se uma série de propostas para a Segurança Química.

6.1. Introdução

Héméry et al. (1993) definiram um *sistema energético* como "*a combinação original de diversas linhas de conversores, que se caracterizam pela utilização de determinadas fontes de energia e por sua interdependência, pela iniciativa e sob o controle de classe ou grupos sociais, os quais se desenvolvem e se reforçam com base neste controle. (...) São elementos básicos da definição de um sistema energético suas características ecológicas e técnicas, a saber: a área e técnicas de suprimento de energia primária, modos de coleta ou de extração, de transporte e de armazenamento, tipos de conversores e formas de energia final; enfim, e sobretudo, as relações constantemente modificadas, de concorrência e de complementaridade entre as diversas linhas. Uma segunda série de elementos de definição dos sistemas energéticos, indissociáveis dos precedentes: as formas de apropriação, que comandam a escolha dos conversores e dos modos de consumo de energia.*"

A precisão e a extensão que esta definição confere aos sistemas energéticos permite que ela seja tomada como ponto de partida para a discussão de outras abordagens que se agregam às questões clássicas do planejamento energético e que têm em comum a maior visibilidade do ser humano, considerando sua vulnerabilidade natural, individual e social.

Trata-se dos efeitos causados pela exposição aos materiais perigosos – produtos químicos e resíduos – empregados e gerados (poluentes) nos processos de produção de energia, analisados no contexto do *Princípio da Precaução* e dos *programas para a Segurança Química* que foram

estabelecidos em âmbito internacional (Wynne, 1992; Machado, 2000; WHO, 2002), mas que poucas vezes têm sido considerados no Brasil.

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – CNUMAD, realizada na cidade do Rio de Janeiro em 1992, aprovou a *Agenda 21*, um programa de ação em forma de recomendações aos governos para implementar o desenvolvimento socialmente justo e ambientalmente sustentável, e a *Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*, com uma série de 27 princípios para nortear as ações a serem implementadas.

Três capítulos da Agenda 21 merecem destaque: o *Capítulo 4* – "Mudando os padrões de consumo", o *Capítulo 19* – "Manejo ecologicamente saudável das substâncias químicas tóxicas, incluindo a prevenção do tráfego internacional ilegal dos produtos tóxicos e perigosos" e o *Capítulo 20* – "Manejo ambientalmente saudável dos resíduos perigosos, incluindo a prevenção do tráfico internacional ilícito de resíduos perigosos", por abordarem temas que estão sendo discutidos neste trabalho.

Na Declaração do Rio, evidenciam-se o *Princípio 1*: "Os seres humanos são o centro de preocupação do desenvolvimento sustentável. Têm o direito a uma vida saudável e produtiva, em harmonia com a natureza."; o *Princípio 8*: "Para alcançar o desenvolvimento sustentável e uma qualidade de vida mais elevada para todos, os Estados devem reduzir e eliminar padrões não-sustentáveis de produção e consumo e promover políticas demográficas apropriadas"; e o *Princípio 15*: "Para proteger o meio ambiente, a abordagem preventiva deve ser amplamente aplicada pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaças de dano sério ou irreversível, a ausência de plena certeza científica não deve ser utilizada como razão para o adiamento de medidas de custo efetivo para evitar a degradação ambiental" (Sachs,I., 1993).

Esses temas estão na pauta das agendas internacionais há muito tempo, porque já foi reconhecido que as atividades de produção e de consumo de bens podem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente e que as conseqüências indesejáveis podem ter um horizonte temporal muito grande, além de gerar efeitos irreversíveis e serem de difícil gerenciamento (Funtowicz, De Marchi, 1999). No contexto nacional, acredita-se que o tempo já foi suficiente para que medidas concretas tivessem sido tomadas ou cobradas pelas instituições públicas brasileiras responsáveis pela sua implementação nos diversos níveis e nos empreendimentos que compõem o setor produtivo nacional, o que, na realidade, não ocorreu na extensão desejada.

6.2. O Princípio da Precaução

Em 1898, Lucy Deaner, inspetora do trabalho na Inglaterra, registrou: "Os efeitos do pó de asbesto também foram investigados por meio de exame microscópico do mineral por um médico do trabalho. Claramente, revelou a forma de agulhas de vidro das partículas, e nos locais onde permanecem suspensas no ar ambiente, em qualquer quantidade, os efeitos encontrados parecem ser mais danosos que o esperado". Um século mais tarde, o governo inglês decidiu proibir o emprego do asbesto no país, medida que se espalhou por toda a União Européia no ano seguinte. Três mil pessoas morrem por ano na Inglaterra por doenças associadas ao asbesto, e cerca de 250 a 400 mil novos casos de câncer são esperados na Europa Ocidental, nos próximos 35 anos, devido à exposição passada ao pó de asbesto. (Harremoës et al., 2001. Publicado pela European Environment Agency)

O reconhecimento e a aceitação dos limites e das incertezas do conhecimento científico sobre os problemas ambientais e os riscos associados à capacidade de inovação e utilização, em larga escala, de produtos e processos industriais perigosos maior do que a capacidade de se avaliar adequadamente seus riscos têm implicado em mudanças nas políticas ambientais, científicas e tecnológicas em direção à filosofia preventiva, que é tornada prática por meio do *Princípio da Precaução* (Wynne, 1992). A partir dos anos 70, o *Princípio da Precaução* entrou na pauta das discussões internacionais, e a idéia se generalizou por meio do *Princípio 15* da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, estendendo-se até as questões ambientais. (Harremoës et al., 2001).

O *Princípio da Precaução* estabelece que, quando existir ameaça de dano grave ou irreversível, a falta de provas científicas definitivas não deve ser utilizada como razão para o adiamento de medidas a serem adotadas para evitar a degradação ambiental e a proteção da saúde humana e dos ecossistemas; e que as ações preventivas devem antecipar-se às causas da degradação ambiental (Machado, 2000). Na verdade, a dúvida científica deve levar à investigação, o que, por sua vez, induz à precaução.

De acordo com Wynne (1992), o Princípio da Precaução tem como característica requerer que as decisões sobre os processos industriais e as substâncias químicas perigosas ocorram quando uma inovação tecnológica *ainda se encontra sendo testada*, para avaliar seu desempenho em termos de eficácia e segurança, e não na ponta final do processo, quando a tecnologia já está implantada *e empregada em larga escala*. A aplicação do Princípio da Precaução implica em *reconhecer e expor as incertezas* sobre os efeitos danosos devidos às substâncias químicas e aos

processos tecnológicos industriais sobre as pessoas e o meio ambiente, em momento adequado, ou seja, antes que as pessoas e o próprio meio ambiente sejam expostos aos riscos.

É interessante registrar o entendimento dos juristas sobre o assunto (Machado, 2000, citando Treich, Gremaq[143]): "*O mundo da precaução é um mundo onde há a interrogação, onde os saberes são colocados em questão. No mundo da precaução há uma dupla fonte de incerteza: o perigo ele mesmo considerado e a ausência de conhecimentos científicos sobre o perigo. A precaução visa gerir a espera da informação. Ela nasce da diferença temporal entre a necessidade imediata de ação e o momento onde nossos conhecimentos científicos vão modificar-se*". Segundo Lavielle[144], também citado por Machado (2000), "*o Princípio da Precaução consiste em dizer que não somente somos responsáveis sobre o que nós sabemos, sobre o que nós deveríamos ter sabido, mas, também, sobre o que deveríamos duvidar*".

O Princípio da Precaução foi desenvolvido como uma regra geral para ser empregada em políticas públicas em situações onde há ameaças sérias ou irreversíveis à saúde humana e ao meio ambiente, onde há necessidade de se reduzir o potencial de risco e há forte prova do perigo, e deve levar em conta os custos e os benefícios de sua aplicação ou não. A precaução requer muito mais que o estabelecimento do nível de prova[145] necessário para justificar sua aplicação; ela pode incluir, por exemplo, a pesquisa e o monitoramento para a detecção de substâncias perigosas; a redução geral dos níveis de lançamento de poluentes no meio ambiente; a promoção da produção limpa e as inovações tecnológicas; a cooperação inter-setorial e interinstitucional na busca de soluções para problemas comuns, por meio de políticas integradas; e as ações para a redução dos próprios riscos.

No Brasil, a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente – Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981 – colocou a prevenção do dano ambiental como fundamento do Direito, sem entretanto referir-se ao Princípio da Precaução, embora este tenha sido explicitado como instrumento de gestão ambiental na Declaração do Rio de Janeiro, como citado. O Princípio da Precaução foi inserido no ordenamento jurídico brasileiro por meio da assinatura, ratificação e promulgação de duas convenções internacionais, a *Convenção da Diversidade Biológica* e a *Convenção sobre a Mudança do Clima*, que apontam suas finalidades: *"evitar ou minimizar os danos ao meio*

[143] Nicolas Treich, Gremaq. Université de Toulouse. "Vérs une théorie économique de la précaution?", 1997.
[144] Jean-Marc Lavieille. Droit International de l'Environnement. Paris, 1998.
[145] O nível da prova que é apropriado para cada caso depende da extensão e da natureza do risco potencial, dos benefícios demandados, das alternativas disponíveis e dos custos potenciais nas duas direções, isto é, da ação ou não ação no contexto da incerteza, ignorância e riscos elevados, tornando-se uma decisão política chave com profundas implicações éticas (Machado, 2000).

ambiente"; e entrou no domínio do Direito Público com o artigo 225 da Constituição Federal[146] e o artigo 54, §3° da Lei 9605, de 12 de fevereiro de 1998[147], tornando o adiamento das medidas de precaução um ato contra os princípios da moralidade e da legalidade administrativas.

Nesse contexto, amplia-se a análise da cadeia de produção e uso de cimento fabricado com a co-incineração de resíduos industriais, considerando dois aspectos particulares: (a) "a *dúvida científica, expressa com argumentos razoáveis, não dispensa a prevenção*"; e (b) "o *Princípio da Precaução, para ser aplicado efetivamente, tem que suplantar a pressa, a precipitação, a improvisação, a rapidez insensata e a vontade do resultado imediato*" (Machado, 2000).

O primeiro ponto (a) relaciona-se com os argumentos técnicos das empresas cimenteiras e gestoras de resíduos para demonstrar à sociedade – o que ocorre durante o processo de licenciamento ambiental da atividade ou por solicitação do Ministério Público – qual *a extensão do impacto causado pela co-incineração de um dado resíduo no forno de clínquer* (I). São utilizados vários métodos, analíticos e matemáticos, que abrangem os testes preliminares (teste em branco e teste de queima) para medir a eficiência do processo de tratamento térmico das substâncias orgânicas perigosas; os estudos de análise de riscos e de avaliação de riscos; as estimativas de aumento da concentração de metais pesados na massa de clínquer e nas emissões das chaminés das plantas de clinquerização; o monitoramento de efluentes atmosféricos e da qualidade ambiental; o controle da taxa de alimentação do resíduo no forno. De forma incipiente, aparecem as pesquisas desenvolvidas com objetivo de avaliar os *efeitos do emprego de resíduos no processo de produção de cimento e na qualidade final do produto* (II).

Constatou-se, no caso das fábricas de cimento investigadas, que não foram realizados testes em branco ou testes experimentais para avaliação da eficiência do processo de combustão – a regulamentação ambiental[148] determina que esses testes sejam feitos para cada resíduo. Desse modo não há informações sobre a "*eficiência de remoção e de destruição térmica*" da co-incineração do resíduo, citando a terminologia que consta nos documentos normativos e é empregada pelos analistas ambientais para referir à eficiência do processo de tratamento térmico

[146] Artigo 225, § 1°: "Para assegurar a efetividade desse direito (qualidade de vida e ambiente saudável), incumbe ao Poder Público: V- controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente".
[147] Artigo 54. "Causar poluição de qualquer natureza e em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora: Pena – reclusão, de um a quatro anos e multa". Artigo 54, § 3°. "Incorre nas mesmas penas quem deixar de adotar, quando assim o exigir a autoridade competente, medidas de precaução em caso de risco de dano ambiental grave ou irreversível".
[148] Deliberação Normativa COPAM n° 26, de 28-7-1998.

de produtos orgânicos constituintes do resíduo[149]. Além disso, os *estudos de análise de riscos e de avaliação de riscos* (III) não estão previstos nos instrumentos deliberativos do Estado de Minas Gerais para a co-incineração e co-processamento de resíduos em fornos de clínquer, embora sejam objeto da resolução CONAMA que trata do assunto.

As *estimativas de aumento da concentração de metais pesados no clínquer e nas emissões das chaminés da planta de clínquer* (IV) são calculadas a partir da taxa de alimentação do resíduo no forno de clínquer e da concentração dos elementos traços contidos na massa do resíduo – procedimento realizado para cádmio, mercúrio, tálio, arsênio, cobalto, níquel, selênio, telúrio, antimônio, cromo, estanho, chumbo, vanádio, que, de acordo com os regulamentos e normas ambientais, devem ser "controlados". Parte-se da hipótese de que a massa desses elementos introduzidos no forno por meio do resíduo, ou é totalmente emitida na chaminé (para demonstrar o impacto na emissão para a atmosfera), ou é totalmente incorporada ao clínquer (para demonstrar o impacto na qualidade do produto), situações consideradas as mais restritivas, em cada caso, pelos analistas do órgão ambiental e também pelas fábricas de cimento, como já citado.

Essa avaliação é um tanto inadequada, em primeiro lugar, porque não leva em conta que esses elementos estão presentes nas matérias-primas e nos combustíveis convencionais, e por meio deles são introduzidos no mesmo sistema reagente, ou seja, a massa real desses elementos dentro do forno pode ser maior do que a utilizada nos cálculos; e, em segundo lugar, porque não considera a formação dos ciclos químicos que promovem o enriquecimento da concentração desses elementos e seus compostos nos fluxos de materiais, o que resulta no aumento da emissão dos elementos mais voláteis para a atmosfera e no aumento da concentração dos elementos não voláteis no clínquer – em determinado período de tempo, que varia para cada composto –, se não houver um controle operacional adequado, efetivado por meio dos sistemas de purga. Outra forma utilizada para demonstrar que os níveis de emissão de metais pesados serão controlados é limitar a quantidade desses elementos que é introduzida no sistema, fixando-se a taxa de alimentação de resíduos no forno, o que também não faz sentido pelos mesmos motivos apontados. É como negar a conservação da massa; a Lei de Lavoisier.

[149] A expressão "eficiência de destruição e remoção" é importada da legislação ambiental americana que trata da queima de resíduos perigosos, a "*destruction and removal efficiency*", um parâmetro proposto pela USEPA para determinar a capacidade de um equipamento de combustão para queimar (*destroy and/or remove*) componentes orgânicos perigosos presentes no resíduo (Mantus, 1992; USA, 1991). É citada na norma NBR 11175, na Resolução CONAMA nº 264, de 26-8-1999, e na Deliberação COPAM nº 26, de 28-7-1998, e mais recentemente na Resolução CONAMA nº 316, de 29-10-2002, que trata de procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Com relação ao *monitoramento da concentração de poluentes* (V), que é realizado, em geral, na chaminé da planta de clínquer, e, eventualmente, nas chaminés do resfriador de clínquer e do moinho de cimento, exige-se análise contínua da concentração de material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, oxigênio nos efluentes atmosféricos da planta de clínquer, sendo os resultados enviados por meio eletrônico, diariamente, ao órgão ambiental, juntamente com o plano de queima de combustíveis e resíduos, a taxa de alimentação de farinha crua e de produção de clínquer [150].

O *monitoramento de outros poluentes* (VI), tais como ácidos halogenados, óxidos de enxofre, cloro e metais pesados, é realizado em cumprimento à condicionantes da licença ambiental para a co-incineração de um resíduo, sendo que, para cada resíduo, é fixada uma determinada freqüência de amostragem – por exemplo, a cada 200 toneladas de resíduo queimado, ou a cada 2 meses, ou a cada 6 meses etc. Não foram encontrados registros de todos os resultados esperados e nem todas as planilhas de resultados informavam quais resíduos estavam sendo processados quando da realização do teste.

Constatou-se que a *escolha dos poluentes atmosféricos* (VII) a serem monitorados não levou em conta o grau de volatilidade dos compostos metálicos e a formação dos ciclos químicos, que vão determinar a direção preferencial dessas substâncias nos fluxos do sistema. A indicação dos parâmetros se baseia na concentração do metal no resíduo. É esperado, por exemplo, que as concentrações de compostos metálicos voláteis, tais como os compostos de mercúrio e tálio e os cloretos, nos efluentes atmosféricos da chaminé da planta de clínquer deverão ser mais significativas, que as concentrações de compostos metálicos não voláteis, como o cromo e o vanádio, que se incorporarão, preferencialmente, ao clínquer, com maior probabilidade de serem emitidos para o meio ambiente através da chaminé do resfriador de clínquer.

Destaca-se que tais procedimentos inviabilizam qualquer diagnóstico sobre a eficácia ambiental do processo de co-incineração, pois, não há como fazer as correlações necessárias com tão poucas informações, obtidas sem que tenham sido consideradas as peculiaridades do processo químico de produção de clínquer, sem que tenham sido analisados, sequer, os balanços de massa do forno em operação convencional.

Daí decorrem algumas dúvidas (ou elas persistem): Haverá aumento da concentração de metais pesados nos efluentes atmosféricos da planta de clínquer? A concentração dos metais

[150] A totalidade dessas informações não encontram-se registradas nos processos ambientais das fábricas que realizam esse tipo de monitoramento, de modo que não foi possível tirar quaisquer conclusões a partir desses dados.

pesados aumentará na massa de clínquer? Caso as plantas operem com sistemas de purga, haverá picos de concentração de compostos voláteis nos efluentes atmosféricos da planta de clínquer no final de cada ciclo? Se os ciclos químicos têm comportamento diferente para cada composto (a extensão do ciclo e tempo para atingir o equilíbrio) e os materiais alimentados contêm uma série de elementos traços, como fazer o controle da taxa de alimentação do resíduo a partir da concentração desses elementos na massa do resíduo, uma vez que não se conhece os balanços de massa, ou seja, o comportamento do sistema reagente? Se não é possível aferir a eficácia ambiental da co-incineração, não é possível também quantificar os impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente. *A dúvida científica não dispensa a prevenção.*

O segundo ponto (b) refere-se ao tempo necessário para investigar, para pesquisar, para analisar, para implantar, para licenciar, para destinar resíduos e reduzir os passivos, para discutir, para obter resultados, para identificar os nexos: impactos sobre a saúde humana causados pela exposição às substâncias e resíduos perigosos. Para um sistema produtivo complexo, com certeza, o tempo necessário para realizar-se todas essas atividades seria longo, ou exercê-las exigiria muita cautela. Não é o que se observa em relação à co-incineração. Apesar desta forma de destinação de resíduos em fornos de clínquer ter apresentado-se no *cenário ambiental* brasileiro no início dos anos 90, pouco evoluiu-se no sentido de dirimir dúvidas e reduzir as incertezas associadas à atividade, principalmente aquelas que se refletem nos danos sociais. Os ritmos se intensificaram na direção do licenciamento ambiental para o tratamento de um número crescente de resíduos, sem que os estudos, as análises, e as pesquisas necessárias para as avaliações da eficácia do tratamento térmico dos resíduos e dos impactos sobre a saúde humana e o meio ambiente sejam realizados com a mesma intensidade. Os pedidos de licença para a co-incineração de resíduos nas fábricas de cimento da RMBH ampliaram-se a partir de 1998, e duas centenas de tipos diferentes de resíduos industriais, num período de três anos (o que dá uma média de 6 resíduos por mês), foram licenciados para serem processados em seus fornos de clínquer.

Em Minas Gerais, para casos como esses, não há informações sobre quaisquer estudos realizados no sentido de comprovar a eficácia da co-incineração, considerando os aspectos abordados neste trabalho, principalmente os que tratam dos agravos à saúde humana, das vítimas do trabalho insalubre, das populações expostas e da contaminação ambiental. Nesse ponto, é importante lembrar que a cadeia de produção e uso do cimento constitui-se em um sistema complexo e sua complexidade é determinada por múltiplos processos – tecnológicos, organizacionais, sociais, culturais, econômicos e ambientais –, que estão inter-relacionados e são

únicos em suas especificidades, de modo que os resultados de outros sistemas não podem ser aplicados à ele indistintamente.

Analisado sob esta perspectiva, a atividade de co-incineração de resíduos trata-se de um processo complexo e inédito no Brasil, com carga importante de incertezas e de riscos, apresentando-se, na forma como está sendo desenvolvida, como um experimento social em larga escala, o que, segundo Wynne (1992), não é mais possível permitir que ocorra.

A pressa e a vontade do resultado imediato são atitudes demonstradas pelos fabricantes e cimento e pelos geradores dos resíduos, pelos motivos apontados neste trabalho; *a precipitação, a improvisação e a rapidez insensata* retratam o comportamento dos analistas ambientais, que, sem disporem das informações mais básicas, sem conhecerem a extensão dos riscos e da exposição humana aos agentes perigosos, vão recomendando o licenciamento da co-incineração de um extenso elenco de resíduos, desconsiderando o fato de que os riscos da exposição às substâncias perigosas podem gerar efeitos sobre a saúde humana e o meio ambiente a curto, médio e longo prazos, podendo afetar, inclusive, as gerações futuras. Demonstra-se, assim, que as posturas e práticas não estão em consonância com o Princípio da Precaução, e que a pressa de todos está tornando a questão imprevidente.

Ressalta-se que a adoção do Princípio da Precaução "*não tem por finalidade imobilizar as atividades produtivas, mas visa à promoção e à continuidade da vida no planeta, em particular, da vida humana. A precaução deve ser vista não somente em relação à geração atual, como também em relação ao direito das gerações futuras a um ambiente saudável*" (Machado, 2000).

6.3. Segurança Química: aplicando o Princípio da Precaução

Define-se *Segurança Química* como "*o conjunto de estratégias para a prevenção e o controle dos efeitos adversos para o homem e para o meio ambiente causados pelas substâncias químicas, no amplo espectro de situações de exposição possíveis, desde a presença natural dessas substâncias no ambiente, até sua extração ou síntese, produção industrial, transporte, uso e disposição final*" (IPCS, 1997). A Segurança Química é reconhecida na Agenda 21 como um do mais sérios problemas mundiais, causado pela exposição à poluição química em grande escala, e é entendida como um dos aspectos importantes relativos à segurança da vida, da saúde e da proteção ao meio ambiente (Freitas, Porto, Moreira et al., 2002). A observação cuidadosa

desta definição mostra que a Segurança Química apresenta-se como um instrumento para aplicação do Princípio da Precaução nas situações de risco envolvendo substâncias químicas.

A Segurança Química entrou na pauta das discussões internacionais na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972, e suas recomendações conduziram à criação do *Programa Internacional de Segurança Química* – IPCS, na sua sigla em inglês[151] –, com a participação da Organização Mundial de Saúde, da Organização Internacional do Trabalho e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Freitas, Porto, Moreira et al., 2002). Em abril de 1994, também em Estocolmo, com o objetivo de atender às diretrizes da CNUMAD[152], foi realizada a primeira Conferência Internacional sobre Segurança Química, quando foi criado o *Fórum Intergovernamental de Segurança Química*[153] – conhecido como FISQ – o qual constitui-se em mecanismo de cooperação entre governos, tornando-se responsável pela operacionalização dos programas estabelecidos no Capítulo 19 da Agenda 21, e tem por objetivos *promover a avaliação dos riscos à saúde humana e ao meio ambiente decorrentes da produção, uso e descarte de substâncias químicas, e incentivar a gestão segura dessas atividades.*

A atuação do FISQ, está voltada para o desenvolvimento dos seguintes programas de acordo com as diretrizes da Agenda 21: (1) expansão e aceleração da avaliação internacional dos riscos químicos; (2) harmonização da classificação e rotulagem dos produtos químicos; (3) intercâmbio de informações sobre os produtos químicos tóxicos; (4) implantação de programas de redução dos riscos; (5) fortalecimento das capacidades e potenciais nacionais para o manejo dos produtos químicos; e (6) prevenção do tráfico internacional ilegal dos produtos tóxicos e perigosos (Freitas, Porto, Moreira et al., 2002; Galvão, 2002).

Observa-se que o programa da Agenda 21, em sua concepção original, tratou, prioritariamente, de questões envolvendo "produtos químicos" com valor comercial. Seus objetivos não se estenderam aos resíduos perigosos – objeto do Capítulo 20 da Agenda 21 –, que são uma mistura de substâncias químicas, mas sem valor comercial, e tampouco à poluição química que emana das chaminés e dos emissários de efluentes líquidos das fábricas. Para cobrir parte dessa lacuna, em 2000, o FISQ propôs como diretriz que "*as atividades de redução de risco devem considerar todo o ciclo de vida de uma substância química, e as iniciativas de controle*

[151] *International Programme on Chemical Safety*
[152] Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável, realizada em 1992, na cidade do Rio de Janeiro.
[153] Participam do FISQ outras agências internacionais, como a FAO e a UNIDO, diversas agências dos países membros das Nações Unidas, de organizações privadas, do meio científico e da sociedade civil (Brasil/MMA, 2002).

das substâncias e da poluição devem ser integradas. Onde relevante, a abordagem da precaução, na forma descrita no Princípio 15 da Declaração do Rio, deve ser empregada", e ainda que "*atenção especial deve ser dada à segurança ocupacional e aos problemas de saúde causados pelas substâncias químicas, especialmente com vistas à proteção da saúde dos trabalhadores*" (Brasil/MMA, 2002), levando a crer na efetivação de propostas e ações de segurança química para a redução e o controle da poluição industrial como um todo.

O Brasil, representado pelo Ministério do Meio Ambiente, participou das duas reuniões promovidas pelo FISQ, a primeira, em Estocolmo (1994)[154] e a segunda em Ottawa (1997), e sediou a terceira reunião, ocorrida em Salvador, BA, em outubro de 2000, quando foi publicada a *Declaração da Bahia*, da qual destacam-se as seguintes metas: estimular a cooperação (internacional inclusive) na prevenção à poluição, e na obtenção de processos de produção, de materiais e de produtos mais limpos; ampliar a difusão de informações sobre o uso seguro das substâncias químicas, sobre os riscos da sua fabricação, descarte no meio ambiente e sobre os meios para se evitar e reduzir tais riscos; desenvolver competências em matéria de segurança química; informar a coletividade sobre os riscos das substâncias químicas; ampliar a participação da coletividade nas decisões de seu interesse sobre segurança química; identificar soluções inovadoras para os problemas de segurança química e colocá-las em prática; implantar sistemas de prevenção e atendimento em casos de acidentes envolvendo substâncias químicas (FUNDACENTRO, 2000).

O interesse do governo brasileiro nas questões de Segurança Química é evidenciado também pela criação da Comissão Coordenadora do Plano de Ação para a Segurança Química – COPASQ[155], em 27 de dezembro de 2000, através da Portaria nº 319 do Ministério do Meio Ambiente, a qual tem por meta viabilizar a implementação do Plano Nacional de Segurança Química, tomando como referência as Linhas de Ação Prioritárias e a Declaração da Bahia, aprovadas na seção do FISQ realizada em Salvador.

---

[154] Trata-se da *Conferência Internacional sobre Segurança Química*, convocada pelas presidências da Organização Internacional do Trabalho, da Organização Mundial de Saúde e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e sediada pelo Governo da Suécia.

[155] Atualmente, a COPASQ é composta por 20 instituições do setor público, privado e organizações não governamenais: Ministério do Meio Ambiente, IBAMA, Ministério das Relações Exteriores, Ministério do Trabalho e Emprego, Ministério das Minas e Energia, Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério da Saúde, Ministério dos Transportes, Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte (GEIPOT), Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Fundação Oswaldo Cruz, Fundação Nacional de Saúde, FUNDACENTRO, Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária, OPAS, USP, UnB, Associação Brasileira da Indústria Química, Central Única dos Trabalhadores, FISQ (Brasil/MMA, 2002).

A proposta brasileira para a implantação de uma política nacional de segurança química está pautada na inter-setorialidade, no reconhecimento da responsabilidade compartilhada e na cooperação para o desenvolvimento sustentável e tem por objetivo "*consolidar redes sociais em torno da segurança química a partir da criação ou inserção do tema em foros de discussão abrangentes, que articulem o envolvimento de setores governamentais e não governamentais da sociedade*" (Pivetta, Porto, Machado et al., 2002), com o objetivo de prevenir, controlar e reduzir os riscos e minimizar os possíveis danos devidos às substâncias químicas produzidas, transportadas, utilizadas, estocadas ou lançadas para o meio ambiente.

Neste contexto, a cadeia de produção e uso de cimento fabricado com emprego de resíduos insere-se na área da Segurança Química devido à *natureza complexa dos riscos* que estão associados, em grande extensão, à exposição às mais variadas substâncias químicas que constituem as matérias-primas e os combustíveis empregados na fabricação de cimento, ao clínquer, aos aditivos do cimento, ao próprio cimento, às emissões emanadas das fábricas, que agora se somam aos resíduos e aos *blends*, além dos efluentes atmosféricos, líquidos e resíduos sólidos gerados nas unidades de pré-tratamento e mistura, nos derramamentos acidentais nas plantas ou durante o transporte de resíduos e nos acidentes com esses materiais, e *à vulnerabilidade* das regiões com suas populações onde estão inseridas as fábricas de cimento.

A co-incineração e o co-processamento de resíduos em fornos de clínquer são práticas que estão se expandindo, o que implica na ampliação da disseminação dos riscos em larga escala, e envolve interesses de empresas, de órgãos de governo, de trabalhadores e da população, como já discutido, de modo que as regulamentações, pesquisas, medidas mitigadoras, políticas públicas etc., voltadas para a produção de cimento com utilização de resíduos, em toda a cadeia produtiva devem incorporar as diretrizes da Segurança Química.

No caso particular do pólo cimenteiro da Região Metropolitana de Belo Horizonte, observa-se uma postura inadequada tanto do setor empresarial – fábricas de cimento, indústrias geradoras de resíduos e empresas gestoras de resíduos, quanto do setor público – meio ambiente, saúde, segurança pública, planejamento – em relação às questões dos riscos relacionados à fabricação de cimento com emprego de resíduos e suas conseqüências sobre a sociedade e o meio ambiente, demonstrando que nem todas as ações estão em consonância com os princípios da Segurança Química.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

6.4. Considerações finais

Para finalizar a discussão proposta neste trabalho, foram destacadas algumas argumentações sobre os riscos e suas conseqüências no circuito dos resíduos industriais e na seu processamento em fornos rotativos de clínquer das fábricas de cimento, e que foram apontadas com o objetivo de expor pontos polêmicos, e suscitar discussões e pesquisas futuras, imprescindíveis ao conhecimento do sistema em toda a sua extensão e complexidade.

É um bom negócio para quem?

A co-incineração é, sem dúvidas, um ótimo negócio para o setor industrial: os geradores de resíduos ficam livres, "*para sempre*", dos resíduos e dos problemas associados à sua geração e destinação, e as cimenteiras conseguem reduzir os gastos com combustíveis processando resíduos e melhoram o seu faturamento devido à cobrança pelo serviço prestado.

Especula-se que a co-incineração seja também um bom negócio para os órgãos ambientais que, sob o argumento de que é melhor tratar os resíduos nos fornos de clínquer do que descartá-los por aí, sem nenhum controle, vêm nessa prática o fim dos problemas de gestão ambiental de muitos resíduos – gerados e passivos (visão reducionista do assunto).

Poderia considerar-se que, para a sociedade, a co-incineração é um bom negócio porque valoriza os resíduos, ou seja, minimiza o consumo de energéticos de origem fóssil, ou porque reduz o risco de contaminação ambiental associado à disposição dos resíduos em aterros ou estocados (passivos). Na verdade, pontos positivos, por si só não justificam essa conclusão. É preciso quantificar o lado negativo da prática – o que talvez nunca venha a ser feito, pois pode desmistificá-la, e isso não interessa às grandes indústrias – para que o resultado do balanço dos custos sociais sejam, enfim, conhecidos.

Principais controvérsias

Os riscos não são elementos meramente técnicos derivados dos processos produtivos. As decisões sobre o que produzir, onde produzir, a partir de que matérias-primas, empregando qual processo, em que condições de trabalho, gerando que tipos de efluentes, destinando-os de que forma, direcionando os produtos a que consumidores, para atender quais necessidades, entre tantas outras decisões, "*estão inseridas num contexto social e de relações de poder mais amplo, num processo em que atores e interesses diversos se cruzam, convergem e divergem entre si. Na*

sociedade capitalista, estas decisões sofrem forte pressão de sua determinação central: a busca do lucro" (Rigotto, 2002), o que pode ser conseguido inclusive pela via da redução dos custos – pelo emprego de resíduos, no caso das fábricas de cimento–, e a manutenção dos modos de lucrar.

Para a indústria de cimento, o que interessa nesse momento é reduzir o custo de produção por meio da diminuição das despesas com combustíveis – "*A meta é se igualar às fábricas* [da Holderbank] *na Europa, que têm custo zero de combustível*" como declarado pelo Sr. Thomas Schmidheiny, presidente do Grupo Holderbank (Jornal Painel, 1999) e relatado por Dantas (2000). Mas o discurso que é transparente à sociedade é aquele que o Greenpeace bem denomina "*maquiagem verde*". Apresenta o lado positivo, bastante alardeado: minimização do consumo de recursos naturais não renováveis, redução da emissão dos gases do efeito estufa, incorporação das cinzas do tratamento térmico do resíduo na matriz (estável) do clínquer, redução das quantidades de resíduos destinados aos aterros, eliminação de passivos ambientais. O lado negativo, o quanto possível, bem camuflado (ou não informado): introdução de materiais de elevada toxicidade nas plantas de fabricação de cimento; aumento da toxicidade das emissões atmosféricas; aumento da concentração de metais pesados na massa de cimento, com riscos de agravos à saúde dos trabalhadores e das pessoas que manipulam o produto; acidentes ampliados no transporte de resíduos perigosos e nas áreas industriais, devido à presença de materiais tóxicos e inflamáveis; contaminação do solo, ar e águas; disseminação dos riscos; e maior vulnerabilidade das populações mais pobres.

Quem paga a conta?

O *custo zero da energia térmica* necessária ao processo, objetivo fim das indústrias cimenteiras, não pode ser atingido, a não ser pelas próprias fábricas de cimento, que contabilizam reais ou dólares despendidos na compra de insumos energéticos, mas não registram em seus balanços financeiros os custos sociais e ambientais da co-incineração de resíduos, da poluição emitida nas chaminés das fábricas, dos pós e materiais que contaminam os trabalhadores e dos prejuízos da utilização do próprio cimento. Tais custos deveriam ser internalizados, pois é necessário cobrar de quem gera resíduos valores compatíveis com os danos e impactos da geração e destinação desses materiais.

Dessa forma a maior parcela dos custos da atividade recai sobre a sociedade, e é no campo do risco crônico que as dificuldades para a percepção disto são grandes, pois, como os argumentos de que a atividade é segura são comuns, e os agravos se manifestam a médio e longo

prazos, isto torna-se um meio de transferir o ônus dos danos à população e ao meio ambiente para aqueles que já são onerados pelo próprio risco e não para aqueles que se beneficiam da situação de risco. Os agravos à saúde, por exemplo, fazem pressão sobre os sistemas públicos, exigindo maiores investimentos sociais.

Constata-se que os trabalhadores que ocupam funções hierárquicas inferiores nas plantas industriais estão mais expostos aos riscos. E estes se sobrepõem ao fato desses trabalhadores viverem em piores condições e serem mais dependentes da empresa (menor liberdade) (Silva & Freitas, 1998). Nesses casos, parte da conta quem paga são os próprios trabalhadores, com a perda da saúde, e a sociedade, que arca com os custos do tratamento e do afastamento do operário do posto de trabalho.

Políticas públicas e privadas – energia e meio ambiente

A utilização de resíduos como combustível alternativo para a geração de energia térmica não se insere no bojo de políticas públicas de energia, como ocorreu na década de 70 após os choques do petróleo. A decisão de co-incinerar resíduos é proposta pelos empresários visando aumentar a competitividade de seus produtos nos mercados exigentes e o interesse privado crescente *impõe* ritmos acelerados para a tomada de decisão pelas agências ambientais em relação à autorização para a realização da co-incineração e ao elenco de resíduos que serão processados.

A utilização de resíduos como combustível alternativo para a geração de energia térmica não se insere também no bojo das políticas públicas de meio ambiente, pois a política para resíduos no Brasil ainda não foi definida[156]. Alguns programas de gestão de resíduos se baseiam na metodologia da USEPA, como assinalado. Para o industrial gerador de resíduo, a co-incineração é uma alternativa para a destinação desses materiais e está sendo oferecida com as vantagens do custo reduzido e, principalmente, da solução definitiva, o que tem atraído, principalmente, as grandes indústrias e seus aglomerados.

Do ponto de vista da indústria de cimento, a co-incineração de resíduos em fornos de clínquer de fábricas de cimento é um problema de planejamento energético e sob essa perspectiva deveriam ser analisados todos os arranjos e nós que constituem a trama do sistema complexo que dele se origina, mas tal posicionamento não traria para o setor os benefícios do

[156] Há um projeto de lei que trata da política nacional de resíduos e que se encontra em discussão no Congresso Federal. Entretanto, a proposta não define com clareza a questão da queima/incineração de resíduos.

marketing ambiental, muito em moda na atualidade. Na opinião de Serra (1998), "*a indústria de cimento tem uma oportunidade histórica para colaborar com a gestão adequada dos resíduos e subprodutos, empregando-os em seu processo de fabricação e conseguindo, dessa forma, dividendos de imagem e econômicos*".

Há um reconhecido descompasso entre as políticas públicas de energia, meio ambiente, saúde, segurança pública e de desenvolvimento urbano. Visto que alguns órgãos atuam na prevenção, uma parte nas causas, outros nas conseqüências e outros na reparação dos danos, não há visão nítida de conjunto. A divisão das competências faz com que os problemas associados aos riscos sejam transformados numa questão menor, diluída no quadro de atribuições de cada órgão. A intervenção do poder público nas questões relacionadas ao risco exige uma articulação intersetorial, pois o arcabouço institucional que é responsável pelas políticas públicas e privadas está organizado, como visto, por setores especializados, que têm objetivos próprios, mas que são apenas complementares entre si.

Além disso, "*as instituições públicas e suas práticas estão impregnadas por critérios de dominação e exploração, e são estruturadas de forma vertical e compartimentadas de forma estanque, sem relações horizontais (...). Essa visão parcializada e instrumentalizada impede a possibilidade de reconhecer os fatos de maneira global e promover uma visão mais ampla dos fenômenos e dos conflitos presentes na realidade, ou seja reconhecer o contexto sócio-ambiental como um sistema complexo*". (Mattos, Porto, Freitas, 2000).

A quem afeta mais – vulnerabilidade social e ambiental

A co-incineração de resíduos em fornos de clínquer pode ser vista como uma alternativa para minimizar os riscos de contaminação devidos à geração e ao descarte de resíduos industriais na região de origem, efetivado pelo envio desses materiais para os municípios cimenteiros. Desse modo, a população no entorno e os trabalhadores das fábricas de cimento serão os mais afetados.

O modelo de desenvolvimento econômico adotado pelo Brasil, "*foi sustentado pela ausência de sistemas políticos democráticos e grandes transformações na sociedade, combinando concentração de capital, exploração da mão-de-obra e abandono ou omissão do poder público no controle e prevenção dos riscos industriais*". Esse modelo, "*tem como condição um padrão inferior de segurança industrial e proteção ambiental e à saúde, (...) resultando na localização das indústrias perigosas, sejam elas nacionais ou multinacionais, nas áreas periféricas aos grandes centros urbanos, onde vivem as populações mais pobres, (...)*

insalubres e inseguras". "Além disso, têm contribuído para o crescimento da corrupção no Estado, (...) o que incide, direta e indiretamente, tanto na precarização como na ausência do efetivo controle dos riscos industriais pelas instituições públicas, sendo constituinte de um modelo de desenvolvimento perverso e deformado" (Porto, Freitas, 2000).

Os valores atribuídos à vida dos trabalhadores e da população em geral, bem como aos recursos naturais, principalmente nos países periféricos tem sido subvalorizados e considerados como meros insumos para o desenvolvimento (Mattos, Porto, Freitas, 2000).

O direito à informação e à participação nas decisões

A garantia de estar plenamente informado e de participar das decisões sobre aquilo que lhe diz respeito é um direito universal consagrado ao homem. Este talvez seja o ponto mais polêmico da co-inicineração, pois exige que os riscos da atividade sejam apresentados à população e aos trabalhadores de forma clara e inequívoca, de modo a conscientizá-los sobre os perigos dos materiais que estão sendo transportados, processados e produzidos e sobre os poluentes que estão sendo gerados e descartados no meio ambiente, o que não deixa de ser uma forma de prevenção.

O direito à participação nas decisões significa, "*na prática, um contínuo movimento de democratização dos processos decisórios, em especial das instituições de controle e fiscalização no nível local*", com a promoção "*do fortalecimento do poder político dos grupos mais vulneráveis e sujeitos aos riscos*" (Pivetta, Porto, Machado et al., 2002).

"*Várias instâncias de decisão onde a sociedade tem algum espaço para manifestação de interesses divergentes ou contrários aos empreendimentos estão hoje submetidas ao princípio do voto majoritário como expressão democrática do processo de decisão. Uma expressão apenas aparente, se (considera-se) que as decisões acabam sendo tomadas após a contagem de votos de um fórum cuja composição já revela previamente a prevalência de uma posição majoritária favorável ao governo ou ao empreendedor. Os Conselhos Estaduais de Meio Ambiente são exemplos destas dificuldades para assegurar o caráter independente de suas decisões*" (Bermann, 2001) e, como conseqüência da sua constituição e dinâmica de funcionamento, impedem a participação real e efetiva da sociedade (a qual eles deveriam representar de fato) nas referidas decisões.

Responsabilidade pelos danos causados

A atividade de co-incineração de resíduos em fornos de clínquer, para a qual há incertezas, está autorizada pelas autoridades ambientais. Os riscos não considerados hoje poderão levar ao comprometimento da saúde das pessoas envolvidas e da qualidade do meio ambiente no futuro. Quem assumirá a responsabilidade por estas conseqüências (que poderão ser difusas, dada a extensão do sistema)? Quem pagará a conta dos danos causados à sociedade?

Não considerar a precaução e a prevenção no trato da questão pode tornar a atividade vulnerável às ações civis públicas contra as fábricas de cimento e os geradores de resíduos, e à co-responsabilização dos órgãos fiscalizadores e controladores pelos danos causados às pessoas e ao meio ambiente.

6.5. Propostas para a Segurança Química

Conclui-se este trabalho com a apresentação de uma série de proposições direcionadas à efetivação de práticas de Segurança Química, que vêm sendo discutidas no Brasil e que deverão ser adotadas para atender as demandas sociais e também os compromissos assumidos pelo País nos foros internacionais que tratam dos riscos e suas conseqüências devidos às substâncias químicas perigosas. Revestem-se de alguma importância porque estão imbuídas do compromisso com o ser humano ao tratar das questões que afetam sua vida cotidiana nos postos de trabalho ou na sua comunidade.

As proposições foram organizadas por áreas, abrangem níveis gerais e específicos, e não pretendem ser exaustivas. Todas estão relacionadas ao tema central do trabalho. Ao final, discute-se as dificuldades para sua implementação.

Estudos e pesquisas em universidades

Considerando a posição de independência das universidades relativamente aos interesses dos órgãos públicos das áreas de meio ambiente, saúde, trabalho e segurança pública e do setor industrial, elas se constituem na instituição apropriada para desenvolver as pesquisas e os estudos necessários para estabelecer o conhecimento científico-tecnológico sobre todas as etapas da cadeia de produção de cimento com o emprego resíduos industriais perigosos, sobre as quais ainda existem ignorância e incerteza, visando minimizar os riscos e os impactos envolvidos nessa atividade. Propõe-se:

(a) estudar as rotas de riscos e as vias de exposição à poluição associada à cadeia de produção de cimento com co-incineração e co-processamento de resíduos;
(b) avaliar o potencial de risco para a saúde humana e para o meio ambiente considerando os níveis atuais dos limites de emissão de metais pesados e outros poluentes tóxicos;
(c) analisar o potencial de risco à saúde humana devido às emissões fugitivas associadas aos tanques de armazenamento de resíduos perigosos, durante o transporte de resíduos e nos casos acidentais;
(d) avaliar as concentrações de metais pesados no cimento e os riscos à saúde devido ao contato direto ou à possível lixiviação desses elementos a partir da matriz mineralógica do clínquer;
(e) desenvolver tecnologias mais seguras e menos poluentes, para evitar ou reduzir significativamente os riscos para a saúde e segurança dos trabalhadores, da população devidos à exposição aos resíduos perigosos, e para evitar a contaminação ambiental;
(f) estabelecer um amplo programa de P&D, financiado pelos interessados diretos – geradores de resíduos e fábricas de cimento – cujos resultados permitirão um entendimento melhor do comportamento da cadeia de produção de cimento com emprego de resíduos e seus impactos e riscos.

Propostas de base tecnológica a serem desenvolvidas pelas empresas

(a) determinar os balanços de massa para a planta de clínquer, em operação convencional e com processamento de resíduos, com o objetivo de identificar os fluxos predominantes dos poluentes tóxicos, especialmente metais pesados e seus compostos;
(b) restringir os tipos de resíduos que estão sendo processados no forno, para permitir o controle ambiental efetivo da atividade;
(c) criar fundos para a implantação de laboratórios de análises químicas e toxicológicas que disponham de equipamentos e infra-estrutura compatível com os testes que precisam ser realizados em estudos e pesquisas e no controle ambiental relativos ao processamento de resíduos em fornos de clínquer; e capacitar recursos humanos.

Meio Ambiente

(a) aprofundar a discussão da eficácia do modelo de monitoramento, limitado aos métodos analíticos quantitativos, que não são suficientes para subsidiar estudos e ações visando a minimização dos danos à saúde e ao meio ambiente;

(b) rever os padrões de emissão de poluentes atmosféricos para as plantas de clínquer, especialmente material particulado, gases ácidos e metais pesados, considerando as especificidades do sistema reagente e os agravos à saúde humana;
(c) realizar o monitoramento contínuo de mercúrio na chaminé do forno de clínquer, para controlar os níveis de emissão desse elemento para o meio ambiente e possibilitar ações preventivas que impeçam o aumento da sua concentração no meio ambiente;
(d) realizar o monitoramento de mercúrio e tálio em cursos d'água e em lagoas;
(e) elaborar o inventário de emissões atmosféricas para as áreas de explotação e tratamento de calcário e para as fábricas de cimento (chaminés e fontes difusas);
(f) compilar e divulgar para a sociedade dados e informações sobre os processos de fabricação de cimento com e sem emprego de resíduos, especialmente os que se referem aos tipos de materiais (incluindo os resíduos) que estão sendo processados, níveis de poluentes e emissões atmosféricas;
(g) divulgar estatísticas referentes às quantidades de resíduos processados, origem, monitoramento ambiental, acidentes etc.

Políticas Públicas

(a) desenvolver meios e procedimentos para a participação e o controle efetivos por parte da sociedade – trabalhadores, vizinhos e administrações públicas locais – nos processos decisórios envolvendo políticas e controle de riscos ambientais relacionados à produção de cimento com emprego de resíduos que resultem na interação dos diversos atores sociais e interesses em jogo em foros abrangentes de discussão e negociação efetivamente democráticos;
(b) desenvolver meios e procedimentos para avaliação da percepção de riscos pelos trabalhadores envolvidos na cadeia e produção e uso do cimento e pela população exposta aos riscos da atividade;
(c) rever a legislação e as regulamentações ambientais e ocupacionais, uma vez que foram copiadas ou adaptadas de legislações e informações técnico-científicas existentes nos países industrializados, e que nem sempre se aplicam ou são relevantes para as condições e situações locais;
(d) possibilitar a integração dos órgãos e das instituições públicas com interveniência no assunto, de modo a otimizar as ações e os recursos humanos e materiais necessários à prevenção e ao controle dos riscos ambientais da produção de cimento com emprego de resíduos;
(e) implantar sistema estadual de informação, dinâmico e abrangente, de modo a possibilitar às próprias instituições públicas e à sociedade atuar na prevenção da contaminação e dos danos

às pessoas e ao meio ambiente e dar respostas imediatas nas emergências (por exemplo, se estão disponibilizadas na Internet, com atualização diária, dados sobre o transporte de resíduos, tais como características físico-químicas da carga, rotas, empresa transportadora, destinatário, procedimentos básicos em casos de emergência, que podem ser obtidos nos processos de licenciamento ambiental);

(f) cobrar posturas e práticas comprometidas com o *direito de saber*, o *Princípio da Precaução*, a *Segurança Química*, e estabelecer métodos coercitivos para os casos onde as diretrizes não forem consideradas.

Prevenção e resposta às emergências

(a) implantar no Estado de Minas Gerais um centro de referência em Segurança Química, com atuação em políticas públicas, treinamento e capacitação (inclusive em nível operacional) e desenvolvimento de estudos e pesquisas;

(b) implantar sistema integrado de prevenção e atendimento aos acidentes com o transporte rodoviário de produtos e resíduos perigosos, pautado na participação efetiva dos setores de Segurança Pública, Meio Ambiente, Saúde e Planejamento, e para o qual estejam definidas as competências das instituições participantes; contempladas a formação e o treinamento de equipes especializadas; e disponibilizados equipamentos e materiais necessários às operações de campo. Este sistema deverá ser ligado ao sistema estadual de informações (citado) e deverá considerar a logística do transporte rodoviário em relação ao estabelecimento de rotas, horários e velocidades de tráfego que minimizem os riscos, locais de parada, postos de atendimento à emergência, adequação dos veículos, treinamento de motoristas etc;

(c) preparar as comunidades para emergências locais, juntamente com a atuação dos agentes municipais e estaduais da Defesa Civil, Meio Ambiente, Saúde, Corpo de Bombeiros e Polícia Militar;

(d) planejar e implantar sistema para prevenção e resposta aos acidentes envolvendo o transporte, o manuseio e o pré-tratamento e mistura de resíduos, levando em conta as diretrizes da Convenção OIT 174 sobre a Prevenção de Grandes Acidentes Industriais, o Programa APELL e o Código de Práticas da OIT de 1991 sobre a Prevenção de Grandes Acidentes Industriais.

Saúde

(a) estabelecer medidas visando a prevenção dos riscos industriais tecnológicos nos níveis do indivíduo trabalhador, do posto de trabalho, do setor de trabalho, da fábrica como um todo e do meio ambiente em geral;
(b) desenvolver estudos de Avaliação de Riscos, para a quantificação da ação do agente estressor (um ou mais) sobre a saúde da população externa ao empreendimento;
(c) realizar estudos epidemiológicos relacionados à exposição da população às plantas de cimento (preditivos e prospectivos);
(d) estudar a incidência de câncer pediátrico nos municípios onde estão instaladas as fábricas de cimento que processam resíduos em seus fornos de clínquer.

Instrumentos econômicos

(a) Incluir nos custos de produção impostos sobre a geração, o transporte e o processamento de resíduos industriais perigosos, para permitir atenuar a predominância do ganho individual das fábricas de cimento em detrimento da sociedade nas regiões onde esses resíduos estão sendo estocados, transportados ou co-incinerados. O imposto deverá ter um caráter compensatório e os recursos arrecadados revertidos para os municípios onde os resíduos estão sendo destinados. Parte dos recursos arrecadados poderiam ser utilizados para a melhoria de infra-estrutura de saúde, de segurança pública (para prevenção dos acidentes e resposta às emergências) e de transporte, e para o desenvolvimento de estudos e pesquisas sobre o assunto (nos moldes dos fundos setoriais o CNPq, por exemplo).

Para se implantar este programa de atividades é preciso superar as dificuldades colocadas principalmente pela falta de informação e de educação e, além disso, de outros meios de vida competitivos nas cidades sede das cimenteiras; pelos grandes investimentos em pesquisas tecnológicas e pelos prazos longos que são necessários para se conhecer os problemas difíceis relacionados à produção de cimento usando resíduos industriais perigosos como combustíveis; pelos grandes investimentos nos sistemas de transporte e de operação dos resíduos empregados nas cimenteiras; pelo modo desarticulado e pelo nível de desaparelhamento do Estado para exercer apropriadamente suas funções básicas; e pela assimetria de poder e de capacidade de articulação dos atores envolvidos nesse processo para se conseguir as mudanças necessárias na legislação.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Apesar deste quadro, algumas iniciativas já estão sendo realizadas em Minas Gerais. São exemplos: (a) a criação, pelo Conselho Regional de Química da 2ª Região, do *Grupo Técnico para a Segurança Química*, com atuação pautada na multidisciplinaridade e na inter-setorialidade como exige o assunto, com a participação de profissionais de diferentes órgãos públicos; (b) e a incorporação dos temas sobre riscos ambientais na elaboração dos estudos e projetos de planejamento urbano e regional desenvolvidos pela Fundação João Pinheiro.

Este trabalho de pesquisa e a composição da argumentação foram feitos para explicitar que existe uma riqueza de problemas reais importantes e difíceis, aflorados e escondidos, associados ao processamento de resíduos em fornos de clínquer, que devem ser objeto de estudos e pesquisas – embora a tecnologia de co-incineração, do ponto de vista do tratamento térmico de resíduos, seja adequada para alguns materiais –, e apontam um conjunto de procedimentos apropriados e articulados para resolvê-los, visando o conhecimento rigoroso de todas as etapas da cadeia de produção e uso do cimento, com o objetivo de minimizar as conseqüências danosas à vida e ao meio ambiente.

Referências Bibliográficas

ACSERALD, H. Políticas ambientais e construção democrática. In: Viana, Gilney; Silva, Maria; Diniz, Nilo (org.). *O desafio da sustentabilidade*: um debate sócio-ambiental no Brasil. São Paulo: Editora Perseu Abramo, 2001. 364p.

AGUIAR, H. A alternativa ecológica. *Minérios & Minerales*. n. 217, p:34-36, 1997

ALBERT, L.A. (org.) *Introducción a la toxicología ambiental*. Mexico: Organización Mundial de la Salud, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, 1997. 471p.

_____. Compuestos orgánicos persistentes. In: Albert, Lilia A. (org.) *Introducción a la toxicología ambiental*. Mexico: Organización Mundial de la Salud, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, 1997. 471p.

ALI, S.A., RISCALA, C.M. et al. (colab.). *Dermatoses ocupacionais*. São Paulo: FUNDACENTRO/ FUNDUNESP, 1994. 224 p.

ALLSOPP, M.; COSTNER, P.; JOHNSTON, P. *Incineração e saúde humana*: estudo do conhecimento sobre os impactos da incineração na saúde humana. [s.l.]: Greenpeace. Laboratório de Pesquisas. 13p. Disponível em: www.greenpeace.org.br. Acesso em: 2002

ALMEIDA F°, N.; ROUQUAYROL, M.Z. *Introdução à epidemiologia moderna*. 2ed. Belo Horizonte, Salvador, Rio de Janeiro: COOPMED/APCE/ABRASCO, 1992. 184p.

ANDRÉ, P.A.; BRAGA, A.L.F.; LIN, C.A. et al. Environmental epidemiology applied to urban atmospheric pollution: a contribution from the Experimental Air Pollution Laboratory (LPAE). *Cadernos de Saúde Pública*. v.16, n. 3, p:619-628, jul/set 2000

ANUÁRIO ESTATÍSTICO BRASILEIRO DO PETRÓLEO E DO GÁS NATURAL 2001. Rio de Janeiro: ANP, 2001. 134 p.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE MINAS GERAIS 2000-2001. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, Centro de Estatística e Informações. 2002. V.9

ARAÚJO, G.M. *Regulamentação do transporte terrestre de produtos perigosos*. Rio de Janeiro: Edição de Giovanni Moraes de Araújo, 2001. 810 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA [ABIQUIM]. *Manual APELL*; Alerta e preparação de comunidades para emergências locais. Processo de atendimento a acidentes tecnológicos. [s.l.]: PNUMA. 1990. 61p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS [ABNT]. *NBR 10004*: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 1987

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS [ABNT]. *NBR 11175*: incineração de resíduos sólidos perigosos – padrões de desempenho. Rio de Janeiro, 1990

_____. *EB 1*: cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991

_____. *EB 2*: cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991

_____. *EB 208*: cimento Portland de alto forno. Rio de Janeiro, 1991

_____. *EB 758*: cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, 1991

_____. *NBR 11578*: cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991

_____. *NBR 5737*: cimento Portland resistente a sulfatos. Rio de Janeiro, 1992

_____. *NBR 7500*: símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais. Rio de Janeiro, 2000

_____. *NBR 7501*: transporte de produtos perigosos. Rio de Janeiro, 1989

_____. *NBR 13221*: transporte de resíduos. Rio de Janeiro, 1994

_____. *NBR 14064*: atendimento à emergência no transporte rodoviário de produtos perigosos. Rio de Janeiro, 1998

AUGUSTO, L.G.S.; FREITAS, C.M. O Princípio da Precaução no uso de indicadores de riscos químicos ambientais em saúde do trabalhador. *Ciência e Saúde Coletiva*. v.3, n.2, p:85-95, 1998

BALANÇO ENERGÉTICO DE MINAS GERAIS (BEE-MG). Belo Horizonte: CEMIG, 2001. Disponível em: www.cemig.com.br

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN) 2001. Ano base 2000. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2001. 146p.

BAPTISTA, C.N. Medicina do trabalho na indústria de cimento. In: CICLO DE CONFERÊNCIAS. INDÚSTRIA DE CIMENTO: FABRICAÇÃO, CO-PROCESSAMENTO E MEIO AMBIENTE. 1995, Rio de Janeiro, *Anais* ..., Rio de Janeiro: ABCP/FEEMA, 1995. p: 203-212

BARACHO JÚNIOR, J.A. de O. *Responsabilidade civil por dano ao meio ambiente*. Belo Horizonte: Del Rey, 1999. 336p.

BARBOSA, V.C.; CORDEIRO, G.B. *Plano de monitoramento da qualidade de água do ribeirão da Mata*, relatório. Belo Horizonte: COPASA, 2001. 11p.

BARBOSA, R.M. (coord.). *Roteiros para avaliação das condições de vida e de trabalho em três regiões*: ABC/SP, Belo Horizonte e Vale do Aço, MG, Recôncavo Baiano, BA. [s.l.]: INST, 1992. 80p.

BARRIGA, F.D. *Metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados*. Lima: CEPIS/OPAS;OMS, 1999. 44p.

BECKMANN, M. Energy evaluation of the substitution of fuels by replacement fuels in high temperature material treatment processes. *Zement-Kalk-Gips*. n.6, p:287-303, 1999

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Programa de Recuperação e Desenvolvimento Ambiental da Bacia da Pampulha [PROPAM]. Disponível em: www.pbh.gov.br. Acesso em: 2002

BERBERT-BORN, M.L.C.; HORTA, L.C.S., PROUS, A. et al. *Patrimônio espeleológico, histórico e cultural*. Brasília: IBAMA/ CPRM, 1998. (Apa Carste de Lagoa Santa, 3)

BERMANN, C. *Energia no Brasil*: para quê? para quem? Crise e alternativas para um país sustentável. São Paulo: Livraria da Física, FASE, 2001. 139p.

BIARNES, M.A.S. La industria del cemento y el medio ambiente. *Cemento-Hormigon*. n. 805, p: 1387-1397, Dic 1999

BOLETIM RODOVIÁRIO 2000. Belo Horizonte: DER-MG, 2000. 347p.

BRANDT MEIO AMBIENTE. *Estudo de impacto ambiental*; Soeicom SA; Projeto Liz 7000. Belo Horizonte, 1993. 80 p. anexos. Processo COPAM/PA/Nº 001/1977/014/1993

_____. *Sistemas de dosagem e injeção de resíduos sólidos e líquidos nos fornos de clínquer I e II*; relatório e plano de controle ambiental. Belo Horizonte, 2001. 30 p. Processo COPAM/PA/Nº 008/1989/059/2001

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Agenda 21*. Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em: 2002

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Resoluções*. [s.l.], 2002. Disponível em: www.mma.gov.br/conama. Acesso em: 2002

BRASIL PNUMA. *Informativo do Comitê Brasileiro*. n. 41, abr/mai 1998. 8p.

BRILHANTE, O.M.; CALDAS, L.Q.A. (coord.). *Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ.,1999. 155p.

CARVALHO, E.T. *Geologia urbana para todos*: uma visão de Belo Horizonte. Belo Horizonte: [s.n.], 1999. 176p.

CEMBUREAU. World cement production. *World Cement*. p:20-21, Aug 1995

CERQUEIRA, L. Resíduos industriais. Cresce a disputa no mercado de incineração. *Revista Saneamento Ambiental.* n 70, p:16-23, out 2000

_____.; ALVES, F. Incineração e co-processamento; alternativas para a gestão de resíduos perigosos. *Revista Saneamento Ambiental*, n 59, p:18-23, jul/ago 1999

CHANDELLE, J.M. *Um ambiente sustentável.* [s.l.]: [s.n.], 1999. (*Associação Técnica da Indústria de Cimento*. n.23)

COELHO, M.A.T. *Rio das Velhas:* memória e desafios. Il. Maria Helena Andrés. São Paulo: Paz e Terra, 2002. 186p.

COMITÊ DA BACIA HIDROGR[AFICA DO RIO DAS VELHAS [CBH Rio das Velhas]. *Livro Branco da Bacia*; relatório de situação 1997. Disponível em: www.cbhvelhas.hpg.ig.com.br. Acesso em: 2002

COMPANHIA DE GÁS DE MINAS GERAIS [GASMIG]. *Mercado.* [s.l.,s.n.], 2002. Disponível em: www.gasmig.com.br. Acesso em: 2002

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS [COPASA]. *Sistemas de produção de água para a Região Metropolitana de Belo Horizonte*. [s.l.,s.n.], 2002. Disponível em: www.copasa.com.br.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL [CETESB]. *Nota técnica sobre tecnologia de controle*; Indústria de cimento. NT-26. São Paulo, 1992. 19p.

_____. *Prevenção à poluição.* São Paulo, 2002. Disponível em: www.cetesb.sp.gov.br.

_____. *Procedimento para utilização de resíduos em fornos de produção de clín*quer. São Paulo, 1998. 74p.

DANTAS, K.M.C. *Implantação de um sistema de gestão ambiental em uma empresa de co-processamento de resíduos em fornos de cimento; estudo de caso na Tecnosol Comércio e Serviços Ltda.* Rio de Janeiro, 2000. Dissertação [Mestrado]. Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE.

DE MARTINI JR., L.C. A comunicação de riscos na emergência. *Revista Saneamento Ambiental.* v. 49, p: 46-50, jan/fev 1998

DELPHI PROJETOS E GESTÃO. *Rede de distribuição de gás natural* – Sistema Distribuidor Norte (2° Etapa). Estudo de impacto ambiental. Belo Horizonte: Companhia de Gás de Minas Gerais. 2000.

DEMPSEY, C.R.; OPPELT, E.T. *Incineração de resíduos perigosos*: uma revisão crítica. Tradução de Milton Norio Sogabe. São Paulo: Air and Waste Management Association, 1999. 78 p.

DEUSSNER, M. Calcinación de clínker con emisión reducida de NO_x. *Cemento-Hormigon*. n. 758, p:435-456, may 1996

DOCKERY, D.W.; POPE III, C.A. Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Ann. Rev. Public Health*. n.15, p:107-132, 1994

DRUCK, G. Flexibilização, terceirização e precarização: a experiência dos sindicatos. In: Franco, Tânia (org.). *Trabalho, riscos industriais e meio ambiente*: rumo ao desenvolvimento sustentável? Salvador: EDUFBA/CRH/FFCH/UFBA, 1997. 242p.

DUARTE, A.A.; MENDES, R.O. *Perfil de doenças do trato respiratório inferior com possível etiologia alérgica em crianças atendidas na Rede Ambulatorial da Secretaria Municipal de Saúde de Pedro Leopoldo, no ano de 1996*; uma análise dos relatórios ambulatoriais pediátricos. Belo Horizonte, 1997. 53p. Monografia. Especialização em Epidemiologia em Serviços de Saúde. Escola de Saúde de Minas Gerais. FUNED e Faculdade de Medicina/ UFMG

DUCHIADE, M.P. Poluição do ar e doenças respiratórias: Uma revisão. *Caderno de Saúde Pública*. v.8, n.3, p:311-330, jul/set 1992

FEURTET, R. Réduction des émissions de poussières en cimenterie. *Ciments, Bétons, Plâtres, Chaux*. n. 844/3, p:146-153, jui-août 2000

FIGUÊREDO, D.V. *Monitoramento e avaliação da ocorrência de chuvas ácidas na Região Metropolitana de Belo Horizonte* – RMBH. Belo Horizonte, 1994. Dissertação [Mestrado]. Engenharia Sanitária e Ambiental. Escola de Engenharia. UFMG.

FILOGÔNIO, C.J.B. *Poluição atmosférica e manifestações respiratórias em crianças*: estudo de 623 escolares em Pedro Leopoldo e Fidalgo – MG (Região Metropolitana de Belo Horizonte). Belo Horizonte, 1986. Dissertação [Mestrado] Medicina Tropical. Faculdade de Medicina. UFMG.

FOLADORI, G. *Limites do desenvolvimento sustentável*. Tradução de Marise Manoel. Campinas: Editora da Unicamp. São Paulo: Imprensa Oficial, 2001. 221p.

FORJEY, J. Reusing waste materials. *World Cement*. p: 122-127, 2000.

FÓRUM INTERGOVERNAMENTAL DE SEGURANÇA QUÍMICA. Terceira Sessão do Foro. Brasília, 2002. *Linhas Prioritárias de Ação do FISQ*. 19p. Disponível em: www.mma.gov.br

FRANCO, T. (org.). *Trabalho, riscos industriais e meio ambiente*: rumo ao desenvolvimento sustentável? Salvador: EDUFBA/ CRH/ FFCH/ UFBA, 1997. 241p.

FREITAS, C.M. Acidentes químicos ampliados – Incorporando a dimensão social nas análises de risco. Rio de Janeiro, 1996. Teste [Doutorado]. Saúde Pública. Escola Nacional de Saúde Pública. Fundação Oswaldo Cruz.

FREITAS, C.M.; AMORIM, A.E. Vigilância ambiental em saúde de acidentes químicos ampliados no transporte rodoviário de cargas perigosas. *Revista IESUS*. v.10, n.1, p:31-42, jan/ mar 2000

_____.; PORTO, M.F.S.; FREITAS, N.B.B. et al. Chemical safety and governance in Brazil. *Journal of Hazardous Materials*. v. 86, p:135-151, 2001

_____.; _____.; MACHADO, J.M. *Acidentes industriais ampliados; desafios e perspectivas para o controle e a prevenção*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2000. 316p.

_____.; _____.; MOREIRA, J.C. et al. Segurança química, saúde e ambiente – perspectivas para a governança no contexto brasileiro. *Cadernos de Saúde Pública*. v.18, n.1, p: 249-256, jan-fev 2002

_____.; _____.; PIVETTA, F. et al. Poluição química ambiental – um problema de todos, que afeta alguns mais que outros. *Bahia Análise & Dados*. v. 10, n. 4, p: 260-270, mar 2001(a)

_____.; _____.; _____. et al. Chemical safety and governance in Brazil. *Journal of Hazardous Materials*. v. 86, p:135-151, 2001(b)

FREITAS, E. Resíduos Industriais. Co-processamento avança como solução alternativa. *Revista Saneamento Ambiental*. n. 78, p:22-23, jul 2001

_____.; ALVES, F. Resíduos industriais: ABETRE pede realização de inventário nacional. *Química Industrial*. n. 81, p:20-41, abr/mai 2002

_____.; _____. Resíduos industriais: Gerenciamento é o filão do mercado. *Revista Saneamento Ambiental*. n. 65, p: 22-25, mai 2000

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE [FEAM]. *Enquadramento dos cursos d'água*; bacia do rio das Velhas; Fase I: objetivos de qualidade. Belo Horizonte: FEAM, 1997. 57 p.

_____. *Licenciamento ambiental*: coletânea de legislação. 2 ed. Belo Horizonte: FEAM, Projeto Minas Ambiente, 2000. 436 p. (Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios, 5)

_____. *Sistema FEAM*. Belo Horizonte. 2002. (consulta interna)

_____. *Indicadores ambientais da Agenda Marrom do Estado de Minas Gerais – 2002*. Belo Horizonte: FEAM, 2002(a). 68p.

_____.; INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS [IGAM]. *Qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais em 2000*; Projeto Águas de Minas. Belo Horizonte, 2001. 346p.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO [FJP]. Centro de Estudos Municipais e Metropolitano. *Informações básicas da Região Metropolitana de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, 1997. 43p.

_____. *A reforma do Estado e as políticas urbanas*: descentralização administrativa e metropolização da pobreza. Belo Horizonte, 1999. 225p.

_____. *Relatório de pesquisa*: gestão e desigualdade social e governança. SHA 1058/97. Belo Horizonte, 2000. 2v.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE [FUNASA]. *Curso Básico de Vigilância Ambiental em Saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, 2001. 295 p.

FUNDACENTRO. *Declaração da Bahia*. Salvador, 2000. 6p.

_____. *Código de práticas da OIT para a prevenção de acidentes industriais maiores*. São Paulo, 2002. 119p.

_____. *Convenção OIT 174*; Recomendação 181; prevenção de acidentes industriais maiores. São Paulo, 2000. 22p.

FUNTOWICZ, S.; DE MARCHI, B. *Aprender a aprender a complejidad ambiental*.[s.l.] Ed. Enrique Leff. s.l: Siglo XXI, 1999. 25 p. (em preparação)

GAEBEL, R. Running out of time. *World Cement*. p:59-64, Apr 2001

GAEDA, F.J.P.; VILCHES, F.J.M. Substitución de carbón por coque en fábricas con elevado contenido de azufre en materias primas. *Cemento-Hormigon*. n.777, p: 1379-1421, nov 1997

GALVÃO, L.A. *Emergencias químicas en el marco del Programa Internacional de Seguridad de las Substancias Químicas (IPCS) Américas*. Washington: OPAS/OMS, 2002. 19p.

GEOEXPLORE CONSULTORIA E SERVIÇOS. *Estudo de impacto ambiental para a plataforma de pré-tratamento de resíduos a ser instalada em Pedro Leopoldo, MG, pela RESOTEC Química de Resíduos Ltda*. Belo Horizonte, 1999. 104 p. Processo COPAM/PA/Nº 300/1999/001/1999.

GOLDMANN, W.; KREFT, W.; SCHÜTTE, R. Cyclic phenomena of sulphur in cement kilns. *World Cement Techonology*. p:424-430, Nov 1981

GORDÓBIL, J.C.U. Secondary fuels and raw materials in the Spanish cement industry. *World Cement*. p:40-43, Mar 1997

GREENPEACE. *Burning wastes in cement kilns*. São Paulo, s.d., 4p. Disponível em: www.greenpeace.org.br.

HARREMOËS, P.; GEE, D.; MACGARVIN, M. et al.(org.). *Late lessons from early warnings*: the precautionary principle 1896-2000. Copenhagen: European Environment Agency. Copenhagen. [s.d.]. 210p. Environmental Issue Report n° 22

HEIMGARTNER, P. Problemas de corrosión derivados del empleo de combustibles alternativos. *Cemento-Hormigon*. n. 768, p:140-148, Feb 1997

HÉMERY, D.; DEBEIR, J.C.; DELÉAGE, J.P. *Uma história da energia*. Tradução de Sérgio Salvo Brito. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993. 447p.

HERCULANO, S.C.; PORTO, M.F.S.; FREITAS, C.M. *Qualidade de vida & riscos ambientais*. Niterói: EdUFF, 2000. 334p.

HOGAN, D.J.; VIEIRA, P.V. *Dilemas sócio-ambientais e desenvolvimento sustentável*. Campinas: Editora da Unicamp, 1992. 234p.

HOLDERCIM BRASIL SA. *Plano de controle ambiental*; co-processamento de pneus. Belo Horizonte, 1998. 28p. Processo COPAM/PA/N° 008/1989

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. Rio de Janeiro (RJ). *Censo 2000*. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: www.ibge.gov.br.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL DE MINAS GERAIS [INDI]. *Municípios Mineiros*. Belo Horizonte, 2002. Disponível em: www.indi.mg.gov.br

INTERNACIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY [IPCS]. *Seguridad química*; principios básicos de toxicología aplicada; la naturaleza de los peligros químicos. Lima: WHO; OPAS/CEPIS, 1997. 283p. (PUB/00.38)

JESCHAR, R.; JENNES, R.; KREMER, H. et al. Réduction des émissions de NO_x et CO par combustion de matières plastiques dans le calcinateur d'un four rotatif. *Ciments, Bétons, Plâtres, Chaux*. n. 844/3, p:182-189, jui-août 2000

JUNKER, P. Réduction des émissions d'oxydes d'azote par la méthode SNCR à la Cimenterie de Slite. *Ciments, Bétons, Plâtres, Chaux*. n.849, p:148-156, mai-juin 2001

KIHARA, Y. Co-processamento de resíduos em fornos de cimento: tendências. In: SEMINÁRIO SOBRE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2. São Paulo, 1999. *Anais...* São Paulo: IBRACON, 1999, p:35-43

KIRCHNER, G. Thallium cycles and thallium emissions in cement clinker burnig. *Zement-Kalk-Gips*. n.5, p:112-118, 1987

KIRSCH, J. Reducing environmental pollution by using secondary fuels. *Zement-Kalk-Gips*. n.2, p:23-26, 1992

KREIMER, A.; MUNASINGHE, M. *Environmental management and urban vulnerability*. New York: World Bank, 1992. 291p. (World Bank Discussion Papers, 168)

LEMARCHAND, D. Cement kiln incineration associated to pretreatment: a viable waste management solution. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO, 5. São Paulo, 1999. *Anais* ... São Paulo: ABCP. 1 cd-rom.

LIEBL, P.; GERGER, W. Benefits and limitations when using secondary materials. *Zement-Kalk-Gips*. n.12, p:327-332, 1993

LINDGREN, G. F. *Managing industrial hazardous waste*. Michigan: Lewis Publishers, 1989. 389p.

MACHADO, P.A.L. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros Editores, 2000. 1031p.

MAGANHA, M.F.B.; KOMATSU, C.E. Pneus como alternativa energética. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO, 5. São Paulo, 1999. *Anais* ... São Paulo: ABCP. 1 cd-rom.

MANTUS, E.K. *All fired up*; burning hazardous waste in cement kilns. Washington: Environmental Toxicology International. (USA), 1992. 81p.

MARCATO, R.; BICHARA, J.M. Aspectos relacionados à formação de dioxinas e furanos em processos de oxidação térmica de resíduos. *Revista Meio Ambiente Industrial*. n.8, p:89-94, set/out 1997

MARCIANO JR. E.; KIHARA, Y. Loking green. *World Cement*. p:82-88, Apr 1997

MARÍNGOLO, V. *Clínquer coprocessado*: produto de tecnologia integrada para sustentabilidade e competitividade da indústria de cimento. São Paulo, 2001, 177p. Tese [Doutorado]. Mineralogia Aplicada. Departamento de Mineralogia e Geotectônica. São Paulo: Universidade de São Paulo

MARQUES, M. Co-processamento em fornos de cimento. *Revista Gerenciamento Ambiental*. n.6, p:10-22, mar-abr 1999

MATTOS, U.A.O.; PORTO, M.F.S.; FREITAS, N.B.B. Novas tecnologias, organização do trabalho e seus impactos na saúde e no meio ambiente. *Cadernos de Saúde do Trabalhador e Meio Ambiente*. v. 1, p:49-58, set/dez 2000

_____.; RIBEIRO, F.S.N. Co-processamento de resíduos químicos e o impacto na saúde do trabalhador e no meio ambiente: o caso da indústria de cimento de Cantagalo, RJ. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18. Gramado, 1997. *Anais* ... Gramado: ABEPRO/ UFRGS

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

MENDONÇA, L.M.I.M. *Sócio-economia*. Brasília: IBAMA, CPRM. 1998. (Apa Carste de Lagoa Santa, 4)

MELLO, S. Pneus: contagem regressiva contra a disposição inadequada. *Revista Saneamento Ambiental*. n. 62, p:20-24, jan/fev. 2000

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo COPAM/PA/N° 001/1977. Soeicom. Belo Horizonte: FEAM, [1977 - ?]

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo COPAM/PA/N° 015/1978. Camargo Corrêa Cimentos. Belo Horizonte: FEAM, [1978 -?]

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo COPAM/PA/N° 062/1981. Holcim Brasil. Belo Horizonte: FEAM, [1981 - ?]

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo COPAM/PA/N° 042/1983. Brasil Beton. Belo Horizonte: FEAM, [1983 - ?]

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo COPAM/PA/N° 300/1999. Resotec. Belo Horizonte: FEAM, [1999 - ?]

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Arco Calcário; Fazenda Caxambu. Belo Horizonte: FEAM, 1989. Processo COPAM/PA/N°095/1989/001/1898

MINAYO, M.C.S.; MIRANDA, A.C. (org.). *Saúde e ambiente sustentável*: estreitando nós. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2002. 344p.

MONTIBELLER-FILHO, G. *O mito do desenvolvimento sustentável*: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema de produção de mercadorias. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. 306p.

NEUMANN, E.; DUERR, M.; KREFT, W. The substitution of fossil fuels in cement kilns. *World Cement*. p:80-88, Mar 1990

O' BRIEN, M. *Making better environmental decisions*: an alternative to risk assessment. [s.l.] The MIT Press: Environmental Research Foundation, 2000. 286p.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD [OMS]. Organización Panamericana de la Salud. *Accidentes químicos*: aspectos relativos a la salud; guia para la preparación y respuesta. Washington, 1998. 140p.

PEITER, P.; TOBAR, C. Poluição do ar e condições de vida: uma análise geográfica de riscos à saúde em Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil. *Caderno de Saúde Pública*. v.14, n.3, p:473-485, jul/set 1998

PERSHING, D.W. An evaluation of emissions from cement kilns co-fired with hazardous wastes. Proceedings 29th Cement Seminar. *Rock Products*. p:83-89, 1993

PIVETTA, F.; PORTO, M.F.S.; MACHADO, J.M.H. et al. *Perspectivas para formulação de uma Política Nacional de Segurança Química no Brasil*. mimeo.

PLUNKETT, E.R. Manual de toxicologia industrial. *Enciclopedia de la Quimica Industrial*. Madri: Ediciones Urno, 1974.

PORTO, M.F.S.; FREITAS, C.M. Análise de riscos tecnológicos ambientais: perspectivas para o campo da saúde do trabalhador. *Cadernos de Saúde Pública*. v.13, n.2, p:59-72, 1997

_____.; _____. Indústria química brasileira, acidentes químicos ampliados e vulnerabilidade social. In: Torres, Haroldo e Costa, Heloísa (org.). *População e meio ambiente*: debates e desafios. São Paulo: Editora SENAC, 2000. 351p.

_____.; MATTOS, U.; PIVETTA, F. et al. *Indústrias cimenteiras de Cantagalo que realizam co-processamento de resíduos industriais*; relatório de inspeção. Rio de Janeiro. Fundação Oswaldo Cruz. Centro de Estudos de Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, 1998. 74p.

REVISTA DO SNIC. Relatório Anual 2000. Rio de Janeiro, 2001. edição especial.

RIBEIRO, M.A. *Ecologizar*: pensando o ambiente humano. 2 ed. Belo Horizonte: Rona Editora, 2000. 398p.

RIMBEMBOIM, J. *Mudando os padrões de produção e consumo*: textos para o Século XXI. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Ministério do Meio Ambiente, 1997. 147p.

ROCCA, A.C., IACOVONE, A.M.M.B., BARROTTI, A.J. et al. *Resíduos sólidos indus*triais. 2 ed. São Paulo: CETESB, 1993. 233p.

RODRIGUEZ, A.C.; GARBIZU, D.I. Los aceros refractarios. Problemas de corrosión ante la utilización de combustibles alternativos. *Cemento-Hormigon*. n. 814, p: 988-996, Sept 2000

RUIZ, M.C.G.; ORTIZ, L.B.; ARROYO, V.S. Mercurio. In: Albert, Lilia A. (org.) *Introducción a la toxicología ambiental*. Mexico: Organización Mundial de la Salud, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, 1997. 471p.

_____.; VAN DER GOES, T.F. Conceptos básicos de toxicología ambiental. In: Albert, Lilia A. (org.) *Introducción a la toxicología ambiental*. Mexico: Organización Mundial de la Salud, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, 1997. 471p.

SACHS, I. *Estratégias de Transição para o Século XXI*: desenvolvimento e meio ambiente. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Studio Nobel. Fundap, 1993. 103p.

SACHS, I. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Organização de Paula Yone Stroh. Rio de Janeiro: Garamond, 2000. 96p.

SALDIVA, P.H.N. *Poluição atmosférica e saúde*; uma abordagem experimental. São Paulo: Greenpeace, 1998. 19p.

_____.; LICHTENFELS, A.J.F.C.; PAIVA, P.S.O. et al. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: a preliminary report. *Environmental Research*. v.65, p: 218-225, 1994

SALOMON, V.G.; ARAÚJO; SILVA, R.J. Influência dos elementos secundários presentes nos resíduos co-processados na qualidade do cimento. In: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO, 5. São Paulo, 1999. *Anais* ... São Paulo: ABCP. 1 cd-rom.

SANCHÉZ, L.E. Diagnóstico e reconhecimento de riscos ambientais. Seminário Gerenciamento de Riscos e Acidentes Ambientais. CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE MEIO AMBIENTE, 3. Belo Horizonte, 2000. *Anais* ... Belo Horizonte [s.n.]

SANTI, A.M.M. *O emprego de resíduos como combustíveis complementares na produção de cimento na perspectiva da energia, da sociedade e do meio ambiente*. Estudo de caso: Minas Gerais no período 1980-1997. Campinas, 1997. Dissertação [Mestrado]. Planejamento de Sistemas Energéticos. Faculdade de Engenharia Mecânica. UNICAMP

_____.; PÉREZ, S.A.N. Regulamentação e controle ambiental da utilização de resíduos para geração de energia térmica em fornos de produção de clínquer. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. Rio de Janeiro, 2000. *Anais* ... Rio de Janeiro: ABES p:2035-2044

_____.; SEVÁ F°., A.O. Análise do emprego de resíduos como combustíveis complementares em indústrias de cimento no Sudeste do Brasil: anos 1980-1990. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 3. São Paulo, 1998. *Anais* ... São Paulo: USP/ SBPE

_____.; _____. Resíduos renováveis e perigosos como combustíveis industriais. Estudo sobre a difícil sustentação ambiental da fabricação de cimento no Brasil, anos 1990. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 8. Rio de Janeiro, 1999. *Anais* ... Rio de Janeiro: COPPE/PPE. p: 212-224

SANTOS, A. C. Empleo de residuos industriales como combustibles alternativos en la industria del cemento. *Cemento-Hormigon*. n. 795, p:213-228, mar 1999

SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Convenção de Basiléia sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito. São Paulo, 1997. 62p. (*Entendendo o meio ambiente*, v. 7)

SCHÄFER, S.; HOPENIG, V. Operational factors affecting the mercury emissions from rotary kilns in the cement industry. *Zement-Kalk-Gips*. n.11, p:591-601, 2001

SCHMID, J.; ELSER, A.; STRÖBEL, R. et al. Dangerous substances in waste. [s.l.]. European Environment Agency, 2000. 50p. (Technical Report n.38)

SCHWARTZ, J. Particulate air pollution and chronic respiratory disease. *Environmental Research*. v.62, p: 7-13, 1993

SERPA, R. R. As metodologias de análises de risco e seu papel no licenciamento de indústrias e atividades perigosas. In: Freitas, Carlos Machado de, Souza, Marcelo Firpo, Machado, Jorge Mesquita Huet (org.). *Acidentes industriais ampliados*: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2000. 316p.

SERRA, M.A. La industria del cemento como recuperadora de residuos industriales; valorización energética de combustibles alternativos. *Cemento Hormigon*. n. 782, p:243 – 250, mar 1998

SEVÁ F°., A.O. *Dinâmica da produção e da degradação nos sítios cimenteiros*; casos críticos em várias cidades e regiões brasileiras. Campinas, IG/UNICAMP, 1986. 27p. (apostila)

_____. *Combustíveis, trabalho social e riscos técnicos*: o petróleo e o gás no Norte Fluminense e no Brasil nos anos 1990. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997. Relatório de pesquisa de pós-doutorado.

_____. *Tópicos de energia e ideologia no início do século XXI*: desenvolvimento como panacéia? Sustentabilidade como guia de corporações poluidoras? Trabalho apresentado no ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E SOCIEDADE. Campinas, 2002. 20p.

_____.; SANTI, A.M.M.; VALENTE, R.S. Estudo da disseminação dos riscos e da contaminação: diagnóstico parcial do transporte rodoviário de resíduos no Estado de Minas Gerais e análise da cadeia de geração e destinação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21. João Pessoa, 2001. *Anais*... João Pessoa: ABES. 1 cd-rom

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO [SNIC]. Disponível em www.snic.com.br. Acesso em 2002.

SMART, J.P.; MULLINGER, P.J.; JENKINS, B.G. Combustion, heat transfer and NO_x. *World Cement*. p:14-25, Dec 1998

SMIDTH, F.L. Behaviour of volatile matter. In: The International Cement Production Seminar, 1999. 25p. (Lecture 5.2)

SPRUNG, S. *Technological problems in pyroprocessing cement clinker*: cause and solution. Dusseldorf: Beton-Verlag, 1985. 129p.

_____.; RECHENBERG, W. Levels of heavy metals in clinker and cement. *Zement-Kalk-Gips*. n.7, p:E180-E188, 1994

SUZUKI, R.Y. *Estudos regionais sob a perspectiva da qualidade do ar*: Região do Calcário; relatório de projeto. Belo Horizonte: FEAM, 2001. 2v.

TAVARES, M.E.E.; SCHAEFFER, R. Economia de energia e ecologia industrial no setor cimenteiro brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 8. Rio de Janeiro, 1999. *Anais* ... Rio de Janeiro: COPPE/PPE. p:19-29

THE COUNCIL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Council Directive 75/442/EEC [resíduos]. Disponível em: http://waste.eione.eu.int. Acesso em 2002.

_____. Council Directive 91/689/EEC [resíduos perigosos]. Disponível em: http://waste.eione.eu.int. Acesso em: 2002.

_____. Council Directive 67/94/EC [incineração de resíduos perigosos]. Disponível em: http://waste.eione.eu.int. Acesso em: 2002.

TOLMASQUIM, M.T.; SZKLO, A.S.(coord.). *A matriz energética brasileira na virada do milênio*. Rio de Janeiro: COPPE/ UFRJ; ENERGE, 2000. 541 p.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY [USEPA]. Office of Research and Development. Operational. *Parameters for hazardous waste combustion devices.* Cincinnati: USEPA, 1993. 83p. EPA/625/R-93/008

_____. *Regulatory determination on cement kiln dust*. 1996(a). 14 p. Disponível em: www.epa.gov. Acesso em: 2002

_____. *MACT standards for hazardous air pollutantes emissions for the Portland manufacturing industry*. 63 Federal Registes, n. 56, p.14181-14248, Mar 24, 1998(b)

_____. Office of Solide Waste and Emergence Response. *Draft technical support document for HWC MACT standards*; selection of MACT standards and technologies. [s.l.]. 1996(c), v.3

_____. *Evaluación y manejo de riesgos*: sistema para la toma de decisiones. [Trad.]. Metepec: CEPIS/OPAS; OMS, 1996(d). 37p.

_____. *Protection of Environment*; 40 CFR; Part 68. Chemical accident prevent provisions. 1997.

_____. *The inventory of sources of dioxin in the United States*. Washington DC: Office of Research and Development, 1998. EPA/600/P-98/002-Aa

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY [USEPA]. *Compilation of air pollutant emissions factors*. Portland cement manufacturing. Disponível em: www.epa.gov. Acesso em: 2000

USA. Code Federal Regulations – Protection of Environment – 40 CFR. Part 260. Burning of hazardous waste in boilers and industrial furnaces. Final rule. *US Federal Register*. v.56, n. 35, p: 7134-7210. Feb 21, 1991

_____. Code Federal Regulations – Protection of Environment – 40 CFR. Parts 60 et al.. Hazardos waste combustors. revised standards. Proposed rule. *US. Federal Register*. v.61, n.77, p:17357-17407, Apr. 19, 1996

_____. Code Federal Regulations – Protection of Environment – 40 CFR. Part 63. National emission standards for hazardous air pollutants; Proposed standards for hazardous air pollutants emissions for the Portland cement manufaturing industry. Proposed rule. *US. Federal Register*. v.63, n.56, p: 14181-14248, Mar 24, 1998

VIALA, A.; GOUEZO, F. Action sur la santé de l'homme, des métaux lourds (Pb, Cd, V, Hg) en suspension aérienne aux faibles concentracions. *Pollution Atmosphérique*. p:389-393, oct-déc 1988

VIANA, G.; SILVA, M.; DINIZ, N.(org.). *O desafio da sustentabilidade*: um debate sócio-ambiental no Brasil. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2001. 364p.

VON HARPE, T. Modified NO_x out. *World Cement*. p:28-33, 1998

VON SEEBACH, M.; TOMPKINS, B. Metals emissions are predictable. *Rock Products*. p: 31-35, Apr 1991

WEISWEILLER, W.; DALLIBOR, W. Incorporation of fluorine into the materials in cement kiln plants under differente moder of operation. *Zement-Kalk-Gips*. n.5, p:127-132, 1992

_____.; KRÊMAR, W. Heavy metal balances for a cement kiln plant with grate preheater. *Zement-Kalk-Gips*. n.5, p:121-122, 1990

WEISWEILLER, W.; KELLER, A. The problem of gaseous emissions of mercury in cement plants. *Zement-Kalk-Gips*. n.12, p:E319-322, 1992

WENTZ, C.A. *Hazardous waste management*. Singapour: McGrawHill, 1989. 461 p.

WERNECK, G.A.F. *Prevalencia y factores de riesgo para asma y otras enfermedades de origem alergico en niños escolares en la ciudad de Itabira, en Minas Gerais – Brasil*.Cuernavaca (Mexico), 1995, 109p. Dissertação [Mestrado] Ciencias en Salud Ambiental. Escuela de Salud Publica de Mexico. Instituto Nacional de Salud Publica

WORLD HEALTH ORGANIZATION [WHO]. *Resolution on establishment of an Intergovernmental Forum on Chemical Safety* – IPCS/IFCS/94. Res.1: 29 Apr 1994. Disponível em: www.who.int/ifcs. Acesso em: 2002

WYNNE, B. Risk m*anagement and hazardous waste*; implementation and the dialectics of credibility. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 447p.

_____. Uncertainty and environmental lerning – Reconveing science and policy in the preventive paradigm. *Global Environmental Change*. n. 2, p:111-127, Jun 1992

WYNTER, R.A.E. Evaluación de riesgos. In: Albert, Lilia A. (org.) *Introducción a la toxicología ambiental*. Mexico: Organización Mundial de la Salud, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, 1997. 471p.

Anexo

Tabela A.1 – Brasil: Fábricas de cimento (Revista do SNIC, 2001)

	Fábrica	Municipio	UF	Observação
1	Itautinga	Manaus	AM	
2	Cibrasa	Capanema	PA	
3	Itapicuru	Codó	MA	
4	Cearense	Sobral	CE	
5	IBACIP	Barbalha	CE	
6	Itapetinga	Mossoró	RN	
7	CIMEPAR	João Pessoa	PB	
8	CIPASA	Caaporã	PB	
9	Itapessoca	Goiana	PE	
10	Poty	Paulista	PE	
11	Atol	São Miguel dos Campos	AL	
12	CIMESA	Laranjeiras	SE	
13	Itaguassu	Nossa Senhora do Socorro	SE	
14	ITAÚ	Salvador	BA	fábrica parada
15	CIMPOR	Campo Formoso	BA	
16	Matsulfur	Brumado	BA	unidade de moagem
17	Camargo Corrêa	Pedro Leopoldo	MG	
18	Camargo Corrêa	Santana do Paraíso	MG	unidade de moagem
19	HOLCIM	Pedro Leopoldo	MG	
20	CMOC	Arcos – cidade	MG	
21	CMOC	Arcos – jazida	MG	
22	CMOC	Uberaba	MG	
23	ITAÚ	Itaú de Minas	MG	
24	Matsulfur	Montes Claros	MG	
25	Mauá	Matozinhos	MG	
26	HOLCIM	Barroso	MG	
27	SOEICOM	Vespasiano	MG	
28	Tupi	Carandaí	MG	
29	Itabira	Cachoeiro do Itapimirim	ES	
30	HOLCIM	Serra	ES	unidade de moagem
31	CIBREX	Rio de Janeiro	RJ	fábrica da Itaú arrendada pela CIBREX
32	Mauá	Cantagalo	RJ	
33	Mauá	São Gonçalo	RJ	fábrica parada
34	HOLCIM	Cantagalo	RJ	
35	Tupi	Volta Redonda	RJ	unidade de moagem
36	Votorantim	Cantagalo	RJ	
37	Votorantim	Volta Redonda	RJ	unidade de moagem
38	Camargo Corrêa	Apiaí	SP	
39	HOLCIM	Sorocaba	SP	unidade de moagem
40	Ribeirão Grande	Ribeirão Grande	SP	
41	CMOC	Itapeva	SP	
42	CIMPOR	Cajati	SP	
43	Tupi	Mogi das Cruzes	SP	unidade de moagem
44	Votorantim	Cubatão	SP	unidade de moagem
45	Votorantim	Itapevi	SP	fábrica parada
46	Votorantim	Salto de Pirapora	SP	
47	Votorantim	São Paulo	SP	unidade de moagem
48	Votorantim	Votorantim	SP	
49	Itambé	Balsa Nova	PR	
50	Rio Branco	Rio Branco do Sul	PR	
51	Rio Branco	Itaperuçu	PR	
52	Rio Branco	Itajaí	SC	unidade de moagem
53	Rio Branco	Esteio	RS	unidade de moagem
54	Rio Branco	Pinheiro Machado	RS	
55	CIMPOR	Candiota	RS	
56	CIMPOR	Nova Santa Rita	RS	unidade de moagem
57	Mato Grosso	Nobres	MT	
58	Camargo Corrêa	Bodoquena	MS	
59	ITAÚ	Corumbá	MS	
60	Goiás	Cezarina	GO	
61	ITAÚ	Cocalzinho	GO	fábrica parada
62	CIPLAN	Sobradinho	DF	
63	Tocantins	Sobradinho	DF	

Tabela A.2 – Brasil: Evolução do consumo específico de energia do Setor de Produção de Cimento no período 1980-2000

ANO	PRODUÇÃO (10^3 t cimento)	ENERGIA TOTAL		ENERGIA TÉRMICA	
		Consumo (10^3 tEP)	Consumo Específico (tEP/ t cimento)	Consumo (10^3 tEP)	Consumo específico (tEP/ t cimento)
1980	27193	3372	0,1240	2408	0,0886
1981	26051	3357	0,1288	2434	0,0934
1982	25644	3359	0,1310	2453	0,0957
1983	20870	2567	0,1230	1838	0,0881
1984	19497	2303	0,1181	1609	0,0825
1985	20635	2562	0,1242	1829	0,0886
1986	25257	2970	0,1176	2077	0,0822
1987	25468	2933	0,1152	2098	0,0824
1988	25329	2848	0,1124	2013	0,0795
1989	25920	2743	0,1058	1911	0,0737
1990	25848	2819	0,1091	1955	0,0756
1991	27490	2942	0,1070	2036	0,0741
1992	23903	2496	0,1044	1656	0,0693
1993	24843	2560	0,1030	1685	0,0678
1994	25230	2590	0,1026	1689	0,0669
1995	28256	2974	0,1052	2012	0,0712
1996	34597	3487	0,1007	2412	0,0697
1997	38096	3970	0,1042	2700	0,0787
1998	39942	4135	0,1035	2825	0,0707
1999	40234	4225	0,1050	2891	0,0719
2000	39559	4480	0,1132	3202	0,0809

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SNIC (vários anos) e BEN (vários anos)

Tabela A.3 – Minas Gerais: Evolução do consumo específico de energia do Setor de Produção de Cimento no período 1980-1999

ANO	PRODUÇÃO (10^3 t cimento)	ENERGIA TOTAL		ENERGIA TÉRMICA	
		Consumo (10^3 tEP)	Consumo Específico (tEP/ t cimento)	Consumo (10^3 tEP)	Consumo específico (tEP/ t cimento)
1980	8026	772	0,0962	696	0,0872
1981	7622	757	0,0993	680	0,0892
1982	7061	718	0,1017	676	0,0957
1983	5259	582	0,1107	525	0,0998
1984	5626	516	0,0917	460	0,0818
1985	5820	555	0,0954	497	0,0854
1986	6925	602	0,0869	536	0,0774
1987	6828	623	0,0912	551	0,0807
1988	6806	595	0,0874	522	0,0767
1989	6780	591	0,0872	517	0,0763
1990	6619	604	0,0913	532	0,0804
1991	7380	649	0,0879	364	0,0764
1992	6185	560	0,0905	485	0,0784
1993	6165	499	0,0809	426	0,0690
1994	6128	518	0,0845	442	0,0721
1995	7075	590	0,0834	505	0,0714
1996	9093	732	0,0805	641	0,0705
1997	9275	706	0,0761	614	0,0662
1998	9223	777	0,0842	683	0,0741
1999	9385	818	0,0872	719	0,0766
2000	9001	-	-	-	-

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SNIC (vários anos) e BEE-MG (vários anos)

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Tabela A.4 – Incineradores instalados no Brasil que prestam serviços a terceiros

Empresa Localidade	Tipo	Capacidade instalada	Resíduos incineráveis	Temperatura (°C)
TRIBEL, 1992 Belford Roxo, RJ	IFR (1)	3.200 t/ano	sólidos, líquidos e pastosos, incluindo PCBs	F: 800 – 1000 C: 1050 – 1250 Emprega gás natural como combustível complementar
BASF, 1994 Guaratinguetá, SP	IFR	2.700 t/ano	sólidos, líquidos e pastosos, incluindo hospitalares Não incinera ascarel	C: 1100 – 1200 Emprega gás natural
CLARIANT, 1988 Suzano, SP	IFR	5.000 t/ano	sólidos, líquidos e pastosos; cerca de 400 tipos	F: 800 – 1000 C: 800 – 1200
CINAL, 1989 Marechal Teodoro, AL	IIL(2)	11.500 t/ano	organoclorados, solventes clorados, orgânicos oxigenados, nitrogenados, fosforados, pesticidas, PCBs, hidrocarbonetos e outros resíduos perigosos	F: 1200 – 1450 Recuperação de HCl nos gases de exaustão
TERIS Taboão da Serra, SP	IFR	3.000 t/ano	resíduos orgânicos e inorgânicos, excetuando-se ascarel e radioativos	F: 850 – 950 C: 1000 – 1200
ELY LILLY, 1994 (Ely Lilly) Cosmópolis, SP	IFR	12.000 t/ano	resíduos de indústrias farmacêuticas, de síntese de herbicidas, tintas e vernizes, alimentícias e de embalagens, automobilística, petroquímica etc.	F: 700 C: 1000 Injeção de resíduos líquidos na câmara de pós-combustão
CETREL, 1991 Camaçari, BA	IIL	10.000 t/ano	resíduos líquidos organoclorados, PCBs, pesticidas e outros resíduos perigosos	F: 1250
CETREL, 1991 Camaçari, BA	IFR	4.500 t/ano	resíduos sólidos 75% da capacidade instalada atende às empresas do Pólo Petroquímico	

(1) IFR = incinerador de forno rotativo
(2) IIL = incinerador de injeção líquida
Fonte: Cerqueira(1999); Freitas (2002)

Tabela A.5 – Normas ABNT para o transporte rodoviário de produtos e resíduos perigosos

NORMA ABNT	Objeto
NBR 7500	Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais (março 2000)
NBR 7501	Transporte de produtos perigosos (junho 1989)
NBR 7503	Ficha de emergência para o transporte de produtos perigosos (março 2000)
NBR 7504	Envelope para transporte de produtos perigosos (setembro 1999)
NBR 8285	Preenchimento da ficha de emergência para o transporte de produtos perigosos (março 2000)
NBR 8286	Emprego da sinalização nas unidades de transporte e de rótulos nas embalagens de produtos perigosos (março 2000)
NBR 9734	Emenda nº 1 da NBR 9734: 1998 (março 2000)
NBR 9735	Conjunto de equipamentos para emergências no transporte rodoviário de produtos perigosos (agosto 1999)
NBR 9735	Emenda nº 1 da NBR 9735:1999 (março 2000)
NBR 10004	Resíduos sólidos – classificação (setembro 1987)
NBR 10271	Conjunto de equipamentos para emergência no transporte rodoviário de ácido fluoridrico (abril 1998)
NBR 12710	Proteção contra incêndios por extintores no transporte rodoviário de produtos perigosos (março 2000)
NBR 12982	Desgaseificação de tanque rodoviário para transporte de produto perigoso – Classe de Risco 3 – Líquidos inflamáveis (outubro 1993)
NBR 13095	Instalação e fixação de extintores de incêndio para carga no transporte rodoviário de produtos perigosos (março 1998)
NBR 13221	Transporte de resíduos (novembro 1994)
NBR 14064	Atendimento à emergência no transporte rodoviário de produtos perigosos (abril de 1998)
NBR 14095	Área de estacionamento para veículos rodoviários de transporte de produtos perigosos (maio 1998)
NBR 14253	Cargas perigosas – manipulação em áreas portuárias – procedimento (dezembro 1998)

Tabela A.6 – Critérios básicos para o licenciamento da co-incineração de resíduos em fornos de clínquer de fábricas de cimento

ITENS	CONAMA	CETESB SP	FEEMA RJ	IAP PR	FEAM MG
Enquadramento no sistema de licenciamento de atividades poluidoras	sim	sim	sim	sim	sim
Operação da planta como fonte controlada	sim	sim	sim	sim	sim
Apresentação de estudos de análise de riscos	sim	sim	-	sim	-
Elaboração de EIA/RIMA para fontes novas	-	sim	sim	-	-
Apresentação de estudos de dispersão de poluentes atmosféricos	-	-	-	sim	sim
Estabelecimento de padrões de emissão de efluentes atmosféricos	sim	sim	sim	sim	sim
Licença ou autorização para o transporte de resíduo - Decreto 96044	sim	sim	sim	sim	sim
Unidades de mistura e pré-condicionamento de resíduos	sim	sim	sim	sim	sim
Restrição aos tipos de resíduos processados (1)	sim	sim	-	sim	sim
Medida compensatória em benefício da população do entorno	-	-	-	sim	-
Composição química do resíduo (compostos de cálcio, alumínio, ferro silício e mineralizadores)	sim	sim	-	sim	sim
Poder calorífico (maior que 11.600 kJ/kg de resíduo)	sim (3)	sim (2)	-	sim	sim
Classificação do resíduos NBR 10.004	sim	sim	sim	sim	sim
Manutenção de condições normais de operação da planta de clínquer durante o processamento de resíduos	sim	sim	sim	sim	sim
Teste de queima	sim	sim	sim	sim	sim
Restrição na taxa de alimentação de resíduo		sim	-	sim	sim
Sistema de intertravamento automático da alimentação de resíduo	sim	sim	sim	sim	sim
Unidades de recebimento, estocagem/armazenamento e bombeamento de resíduos	sim	sim	sim	sim	sim
Análise química do clínquer	sim	sim	-	sim	-
Monitoramento da qualidade do ar	sim	sim	-	sim	-

(1) CETESB: resíduos domiciliares, de serviços de saúde, radioativos, explosivos
IAP: resíduos domésticos, de serviços de saúde, lamas galvânicas, ácidos e bases inorgânicos, explosivos, radioativos, pesticidas
FEAM: resíduos hospitalares, farmacêuticos, radioativos, explosivos, PVCs e PCBs, pesticidas
CONAMA: resíduos domiciliares brutos, resíduos dos serviços de saúde, radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins
(2) Não se aplica ao bagaço de cana, casca de arroz, serragem, palha e lenha
(3) Não estabelece valor mínimo
Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (1998); FEEMA (1993); IAP (2002); FEAM (1998); CONAMA (1999)

Tabela A.7 – Padrões de emissão para poluentes atmosféricos de plantas de clínquer com co-incineração de resíduos

PARÂMETRO	PADRÃO DE EMISSÃO				
	CONAMA	FEEMA	CETESB	IAP	FEAM
material particulado	70 mg/Nm³ (1)	50 mg/Nm³	0,15 kg/t farinha seca alimentada	70 mg/Nm³ (1)	70 mg/Nm³ (2)
SO_x		100 mg/Nm³	8 kg/h	280 mg/Nm³ (1)	280 mg/Nm³ (2)
NO_x		560 mg/Nm³	280 mg/Nm³	560 mg/Nm³ (1)	560 mg/Nm³ (2)
CO (8)	100 ppm (1)	50 mg/Nm³	100 ppm (3)	100 ppm (1)	100 ppm (2)
compostos halogenados	HCl: 1,8 kg/h ou 99% de redução HF: 5 mg/Nm³ (1)	HCl: 50 g/Nm³ HF: 2 g/Nm³	HCl: 0,60 kg/h HF: 43 g/h	HCl: 1,8 kg/h HF: 5 g/Nm³	HCl: 50 g/Nm³ HF: 2 g/Nm³
hidrocarbonetos	20 ppm (7)			20 ppm	
inorgânicos classe I Cd, Hg, Tl	Hg: 0,05 mg/Nm³ Cd: 0,10 mg/Nm³ Tl: 0,10 mg/Nm³ (1)	0,2 mg/Nm³ (4)	2,5 g/h	0,2 mg/Nm³	0,28 mg/Nm³
inorgânicos classe II Co, Ni, Se, Te		1,0 mg/Nm³ (5)	12 g/h	1,0 mg/Nm³	1,4 mg/Nm³
inorgânicos classe III As, Pb, Cr, Mn, Cu, Pt, Pd, Rh, V, Sn, CN^-, F^-	Pb: 0,35 mg/Nm³ (1)	5 mg/Nm³ (6)	60 g/h	5 mg/Nm³	7 mg/Nm³
clorofenóis e clorobenzenos		1 µg/Nm³			
PCBs		1 µg/Nm³			
dioxinas e furanos		12 ng/Nm³			

(1) corrigido para 7% de O_2
(2) corrigido para 11% de O_2
(3) esse padrão pode ser ultrapassado em algum intervalo inferior a 10 minutos em qualquer período de 1 hora, desde que não seja ultrapassado o valor de 500 ppm
(4) para fluxo de massa igual ou superior a 25 g/h (Cd, Hg, Tl e seus compostos)
(5) para fluxo de massa igual ou superior a 5 g/h (As, Co, Ni, Te, Se e seus compostos)
(6) para fluxo de massa igual ou superior a 25 g/h (Sb, Pb, Cr, Cu, Mn, Pt, Rh, V, Sn e seus compostos e cianetos e fluoretos)
(7) THC (excesso como propano)
(8) As concentrações de CO não poderão exceder a 100 ppm em termos de média horária

Fonte: CETESB (1998); FEEMA (1993); FEAM (1998); IAP (2002); CONAMA (1999)

Tabela A.8 – Padrões de emissão para fornos de clínquer estabelecidos pela USEPA

PARÂMETRO	UNIDADE	PADRÃO DE EMISSÃO [a]	
		Fornos existentes	Fornos novos
dioxinas e furanos	ng/Nm³	0,20 TEQ	0,20 TEQ
material particulado	mg/Nm³	69	69
mercúrio	mg/Nm³	50	50
metais semi-voláteis (Cd, Pb)	mg/Nm³	57	55
metais de baixa volatilidade (As, Be, Cr, Sb)	mg/Nm³	130	44 [d]
gases ácidos (HCl, Cl_2) , como cloro total	ppmv	630	67
hidrocarbonetos . chaminé principal [b] . chaminé do bypass [c]	 ppmv ppmv	 20 6,7	 20 607
monóxido de carbono . chaminé do bypass [c]	 ppmv	 100	 100

(a) Todos os valores corrigidos para 7% de O_2
(b) Aplicável para fornos sem pré-aquecedor ou pré-calcinador
(c) Aplicável em fornos com duto de bypassa (tipicamente com pré-aquecedor e pré-calcinador)
(d) Um padrão alternativo de 80g/Nm³ pode ser aplicado se a fonte comprovar o emprego de analisadores contínuos para metais
Fonte: National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories – Portland Cement Manufacturing Industry 40 CFR, Part 63; USEPA (2002)

Tabela A.9 – Padrões de emissão para incineradores instalados na União Européia

PARÂMETRO	PADRÃO DE EMISSÃO (mg/ m³)							
	UE [1]	Alemanha	Dinamarca	França	Holanda	Áustria	Suécia	Suiça
Regulamentação	94/67/EG 1994	17BImSchV 1990	1991	1991 < 3t/h	BLA 1993	LRV-K 1998/90 0,75-15t/h	1993 = 3 t/h	LRV 1992 > 350 kW
material particulado	10	10	30	30	5	20	20	10
cloreto de hidrogênio	10	10	50	50	10	15	100	20
fluoreto de hidrogênio	1	1	2	2	1	0,7	-	2
monóxido de carbono	50	50	100	100	50	50	100	CO/CO_2 < 0,002
compostos orgânicos (carbono total)	10	10	20	20	10	20	-	20
dióxido de enxofre	50	50	300	300	40	100	-	50
óxidos de nitrogênio (NO_x)	-	200	-	-	70	300	-	80
dioxinas e furanos PCDD/PCDF (ng TEQ/Nm³)	0,1 [3]	0,1	0,1	-	0,1	0,1	0,1	-
metais pesados (Cd e Tl)	0,05 [2]	0,05						
metais pesados (Hg)	0,1 [2]	0,05						
metais pesados (Sb, As, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sn e V)	1,0 [2]	0,5						
Referência	11 % O_2	11 % O_2	10 % O_2	9 % O_2	11 % O_2	11 % O_2	10 % O_2	11 % O_2

(1) valores médios diários
(2) plantas novas; para as plantas existentes, os valores são multiplicados por 2.
(3) valor médio para um período de 6 a 8 horas, em ng/m³
Fonte: Schmid, J.; Elser, A. & Ströbel, R. (2000)

Tabela A.10 – Sistemas de produção de água para a Região Metropolitana de Belo Horizonte

SISTEMA	CAPTAÇÃO	CAPACIDADE INSTALADA (litros/s)	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO (*)	
			(litros/s)	(%)
Sistema Rio das Velhas	Nova Lima Captação: Bela Fama	6750	5110	43,6
Sistema Rio Manso	Rio Manso, Brumadinho, Crucilândia, Itatiaiuçu e Bonfim	4200	2930	25,0
Sistema Serra Azul	Mateus Leme, Juatuba, Igarapé e Itaúna	2700	1525	13,0
Sistema Vargem das Flores	Betim, Contagem	1500	1120	9,6
Sistema Morro Redondo	Belo Horizonte (bairro Belvedere) Captações: Fecho, Mutuca e Cercadinho	750	600	5,1
Sistema Ibirité	Ibirité Captações: Rola Moça, Taboões e Bálsamo	450	310	2,6
Sistema Catarina	Belo Horizonte, Contagem	170	80	0,7
Sistema Barreiro	Belo Horizonte	200	30	0,31
Independentes	Lagoa Santa: poços artesianos Confins: poços artesianos São José da Lapa: poços artesianos Esmeraldas: poços artesianos Florestal: superficial, ribeirão Camões Rio Manso: superficial, ribeirões Pinguela e Paiva Igarapé: superficial, córrego Estiva Vespasiano: poços artesianos Brumadinho: superficial, ribeirão Águas Claras Baldim: poços artesianos Capim Branco: poços artesianos Jaboticatubas: superficial, rio Vermelho Matozinhos: poços artesianos Nova União: superficial, córrego Lopes Taquaraçu de Minas: superficial, rio Taquaraçu	685	685	
TOTAL		17405	12390	100,0

(*) Não foram considerados os valores da produção independente

Fonte: COPASA (2002)

Tabela A.11 – Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos Camargo Corrêa Cimentos – Fábrica Belver

Fonte	Data	Concentração (mg/Nm³)			Taxa de emissão (kg/h)		
		MP	SO_2	SO_3	MP	SO_2	SO_3
Chaminé do forno (precipitador)	11-2000	54,39	103,14		11,23	21,43	
Chaminé do forno	3-2001	62,62	30,24		12,49	6,03	
Chaminé do forno	6-2001	68,73	173,83	14,63	12,77	32,31	2,71
Chaminé do moinho de carvão	8-2001	305,00			11,85		
Chaminé do moinho de carvão	10-2001	755,87			23,34		
Chaminé do moinho de cimento	8-2001	33,64			0,93		
Chaminé do moinho de cimento	11-2001	44,30			1,34		
Chaminé do silo de clínquer	10-2001	362,60			1,29		

Fonte: COPAM (Processo 015/1978)

Tabela A.12 – Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos (junho/2001) Camargo Corrêa Cimentos – Fábrica Belver: forno de clínquer

Parâmetro	Concentração (*) (mg/Nm³)	Padrão COPAM (*) (mg/Nm³)	Taxa de emissão (kg/h)
material particulado	67,38	70	12,77
dióxido de enxofre	170,42	280	32,31
trióxido de enxofre	14,63		2,71
cloro livre	1,13	5	0,70
ácido clorídrico	21,89	30	5,19
fluoreto	1,29	5	0,37
óxidos de nitrogênio	535,60	560	
dioxinas e furanos	0,052 (ηg/Nm³)	0,14 (ηg/Nm³)	1357,51 (ηg/Nm³)
cianetos	-	7	-

(*) valores corrigidos para 11% de O_2

Condições operacionais do forno: alimentação de farinha crua: 159 t/h; consumo de combustível: 2,6 t/h de coque de petróleo; alimentação de resíduo: 12,7 t/dia

Fonte: SEGMA (2001); COPAM (Processo 015/1978)

Tabela A.13 – Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos (março/2001) Camargo Corrêa Cimentos – Fábrica Belver: forno de clínquer

Parâmetro	Concentração (*) (mg/Nm³)	Padrão COPAM (*) (mg/Nm³)	Taxa de emissão (kg/h)
material particulado	59,64	70	12,49
dióxido de enxofre	28,79	280	6,03
fluoreto	0,30	5	0,05
cianetos	0,41	7	0,04
cloro livre	3,30	5	0,68
ácido clorídrico	8,25	30	0,90
metais – classe I	0,02	0,28	<0,01
metais – classe II	0,02	7	-
metais – classe III	0,03	1,4	<0,01

(*) valores corrigidos para 11% de O_2

Condições operacionais do forno: alimentação de farinha crua: 139 t/h; consumo de combustível: 2,6 t/h de óleo 7A e 4,6 kg/h de coque de petróleo

Fonte: SEGMA (2001); COPAM (Processo 015/1978)

Tabela A.14 – Monitoramento da emissão de material particulado - Holcim Brasil

Fonte	Data	Concentração (mg/Nm³)	Padrão COPAM (mg/Nm³)	Taxa de emissão (kg/h)
Chaminé do moinho de carvão	9-2001	98,01	0,20 kg/t farinha crua	2,97
Chaminé do moinho de carvão	9-2001	40,92	0,20 kg/t farinha crua	1,15
Chaminé do moinho de cimento	10-2001	141,41	0,05 kg/t farinha crua	2,34
Chaminé do moinho de cimento	9-2001	17,16	0,05 kg/t farinha crua	0,36
Chaminé do moinho de cimento	9-2001	16,13	0,05 kg/t farinha crua	0,25
Chaminé do moinho de cimento	3-2001	55,27	0,05 kg/t farinha crua	1,29
Chaminé do moinho de cimento	3-2001	19,05	0,05 kg/t farinha crua	0,22
Chaminé do moinho de cimento	3-2001	34,50	0,05 kg/t farinha crua	0,58
Chaminé do moinho de carvão	3-2001	57,50	0,10 kg/t farinha crua	2,58
Chaminé do moinho de carvão	3-2001	38,55	0,10 kg/t farinha crua	1,35
Chaminé do moinho de carvão	3-2001	31,97	0,10 kg/t farinha crua	0,99
Chaminé do forno 1	1-1999	63,66	70	13,92
Chaminé do forno 2	10-1999	92,47	70	25,42
Chaminé do forno 2	9-1999	107,47	70	28,24
Chaminé do forno 2	11-1999	95,50	70	25,57
Chaminé do forno 2	12-1999	157,01	70	37,30
Chaminé do forno 2	11-1999	142,50	70	38,53
Chaminé do forno 2	3-1999	88,33	70	21,70
Chaminé do forno 2	6-1999	102,44	70	28,36

Fonte: COPAM (Processo 062/1981)

Tabela A.15 – Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos Holcim Brasil – Forno II (março/1999)

Parâmetro	Concentração (mg/Nm³)	Taxa de emissão (kg/h)
material particulado	88,33	21,70
zinco	181,50	36,48

Condições operacionais do forno: alimentação de farinha crua: 200 t/h
resíduos em co-incineração: Petroflex I e II; CVRD VI (não informa taxa de alimentação)

Fonte: COPAM (Processo 062/1981)

Tabela A.16 – Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos Holcim Brasil – Forno I (janeiro/1999)

Parâmetro	Concentração (mg/Nm³)	Taxa de emissão (kg/h)
material particulado	63,66	13,92
zinco	1,69	0,37

Condições operacionais do forno: alimentação de farinha crua: 200 t/h

Fonte: COPAM (Processo 062/1981)

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Tabela A.17 – Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos Holcim Brasil – Forno II (março/1999)

Parâmetro	Concentração (mg/Nm³)	Taxa de emissão (kg/h)
material particulado	59,66	16,63
chumbo	0,0119	0,0033

Condições operacionais do forno: alimentação de farinha crua: 240 t/h; resíduos: Belgo – sabão queimado (2 t/h)
Fonte: COPAM (Processo 062/1981)

Tabela A.18 – Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos Holcim Brasil – Forno II (dezembro/1999)

Parâmetro	Concentração	Taxa de emissão
material particulado	97,2 mg/Nm³	26,2 kg/h
chumbo	5,7 µg/Nm³	1,5 g/h
zinco	127,7 µg/Nm³	34,4 g/h
benzeno	402,0 µg/Nm³	108,3 g/h
etil-benzeno	200,0 µg/Nm³	53,9 g/h

Condições operacionais do forno: alimentação de farinha crua: 200 t/h; resíduos em co-incineração: Petroflex I (475 kg/h); CVRD III (475 kg/h); CVRD VI (900 kg/h)
Fonte: COPAM (Processo 062/1981)

Tabela A.19 – Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos Holcim Brasil – Forno II (novembro/1999)

Parâmetro	Concentração (mg/Nm³)	Taxa de emissão (kg/h)
material particulado	142,50	38,53
benzeno	0,46	0,12
etil-benzeno	0,10	0,03

Condições operacionais do forno: alimentação de farinha crua: 200 t/h; resíduos em co-incineração: Petroflex I e II; CVRD VI (não informa taxa de alimentação)
Fonte: COPAM (Processo 062/1981)

Tabela A.20 – Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos Holcim Brasil – Forno II (novembro/1999)

Parâmetro	Concentração (mg/Nm³)	Taxa de emissão (kg/h)
material particulado	95,50	25,57
benzeno	0,0056	0,0015
etil-benzeno	0,0611	0,0167

Condições operacionais do forno: alimentação de farinha crua: 200 t/h
resíduos em co-incineração: CVRD IV (não informa taxa de alimentação)
Fonte: COPAM (Processo 062/1981)

Tabela A.21 – Monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos Holcim Brasil – Forno II (dezembro/1999)

Parâmetro	Concentração (mg/Nm^3)	Taxa de emissão (kg/h)
material particulado	157,01	37,30
chumbo	0,0049	0,0012

Condições operacionais do forno: alimentação de farinha crua: 200 t/h
resíduos em co-incineração: CVRD III (960 kg/h)

Fonte: COPAM (Processo 062/1981)

Tabela A.22 – Monitoramento da emissão de material particulado – SOEICOM

Fonte	Data	Concentração	Padrão COPAM	Taxa de emissão (kg/h)
Chaminé do resfriador de clínquer (a)	6-2001	116,88 0,0284 kg/t farinha crua	0,10 kg/t farinha crua	7,23
Chaminé do forno rotativo (b)	5-2001	45,50 mg/Nm^3	70 mg/Nm^3	11,14
Filtro do moinho de cimento (c)	5-2001	23,10 0,0042 kg/t farinha crua	0,05 kg/t farinha crua	0,44

(a), (b), (c) com as condições operacionais do forno citadas abaixo

	Condições operacionais do forno	
	Parâmetro	taxa (t/h)
(a)	alimentação de farinha crua	255
(a)	consumo médio de óleo combustível 7A	14,2
(a)	produção média de clínquer	150
(a)	resíduos em co-incineração	2,9
(b)	alimentação de farinha crua	236
(b)	consumo médio de óleo combustível 7A	10,4
(b)	produção média de clínquer	133
(b)	resíduos em co-incineração	5,7
(c)	produção de cimento	110

Fonte: COPAM (Processo 001/1977)

Tabela A.23 – Padrões para a planta de *blending* da RESOTEC

Parâmetro limitante	Concentração máxima no resíduo na entrada da planta (mg/ kg)	Padrão estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM nº 26/98
cádmio	100	-
mercúrio	10	≤ 10
tálio	100	-
Soma do Grupo I	não foi proposta restrição	≤ 100
arsênio	1500	-
cobalto	1500	-
níquel	1500	-
selênio	1500	-
telúrio	1500	-
Soma do Grupo II	não foi proposta restrição	≤ 1500
cromo	5800	-
chumbo	6000	≤ 3000
antimônio	5800	-
estanho	5800	-
vanádio	5800	-
Soma do Grupo III	não foi proposta restrição	≤ 5800
cloretos	5%, no resíduo 1% no *blending*	não há restrição, exceto quanto aos padrões de emissão e de qualidade do ar para cloro e HCl, além da proibição de co-incineração de PVCs e PCBs
zinco	30000	não há restrição
Poder calorífico inferior (Kcal/ kg)	≥ 500	≥ 2800
Substituição de matéria-prima (silício + cálcio + ferro + alumínio)	15%, quando PCI ≤ 500 kcal/kg	não estabelece teor mínimo, mas exige que haja substituição de matéria-prima ou de agente mineralizador se o PCI ≤ 2800 kcal/kg

Fonte: FEAM, Parecer Técnico DIMET 225/2002, referente ao PROCESSO COPAM PA/Nº 300/1999

Quadro A.I – Infra-estrutura social e aspectos sócio-políticos de alguns municípios da Região do Calcário, RMBH

ITEM	MUNICÍPIOS			
	PEDRO LEOPOLDO	VESPASIANO	MATOZINHOS	SÃO JOSÉ DA LAPA
Lei Orgânica	Publicada em 16-3-1990 e alterada em 23-12-1998		Publicada em 12-8-1994	Possui
Lei de Uso e Ocupação do Solo	Possui somente para projetos arquitetônicos		Possui	Possui desde 1998
Plano Diretor	Possui	Possui	Possui somente um código de obras.	Não possui
Secretaria Municipal de Meio Ambiente	Possui	Possui	Possui	Não possui
CODEMA	Possui (1983)	Possui (1998)		Possui (1995)
ONGs ambientalistas	. AMDA – Pedro Leopoldo . Grupo Ambientalista Capitão Caverna . Movimento Por-Poções . AMEAPE		Não possui	Possui.
Infra-estrutura de Saneamento	Abastecimento de água pela COPASA – Sistemas da Bacia do Rio Paraopeba: Serra Azul, Vargem das Flores e Rio Manso (91%); e poços artesianos (9%) Possui rede de esgoto implantada pela Prefeitura Municipal	Abastecimento de água pela COPASA – Sistemas da Bacia do Rio Paraopeba (55%); e poços (45%) Possui rede de esgoto implantada pela Prefeitura Municipal e ETE, mantida pela COPASA, para 80% do esgoto sanitário da área central	Abastecimento de água por sistema independente: poços artesianos (100%) Possui rede de esgoto implantada pela Prefeitura Municipal Possui estação de tratamento de esgoto	Abastecimento de água por sistema independente: poços artesianos (100%) Possui rede de esgoto implantada pela Prefeitura Municipal
Infra-estrutura de Saúde	Possui dois hospitais com 100 leitos, duas unidades de pronto-atendimento, três centros de saúde e sete postos. Casos mais graves são transferidos para Belo Horizonte.	Possui dois hospitais com 780 leitos, duas unidades de pronto-atendimento, doze centros de saúde, 37 unidades ambulatoriais.	Possui um hospital e um centro de saúde. Casos mais graves são transferidos para Sete Lagoas e Belo Horizonte	Não tem hospital, mas possui policlínica e postos de saúde. Casos mais graves são atendidos em Vespasiano e Belo Horizonte
Infra-estrutura de Segurança Pública (Corpo de Bombeiros)	Não possui destacamento. Unidades mais próximas: Vespasiano ou Belo Horizonte. Utiliza brigada de incêndio da Camargo Corrêa e da Holcim	Possui Pelotão do Corpo de Bombeiros Militar de Mina Gerais	Não possui destacamento. Unidade mais próxima: Sete Lagoas.	Não possui destacamento. Unidades mais próximas: Vespasiano e Belo Horizonte. Utiliza brigada de incêndio da ICAL e da ITAUCAL
Infra-estrutura de Educação	Nove escolas municipais, dezenove estaduais(incluindo nível médio), cursos técnicos e cursos superiores em faculdade particular			

Fonte: DELPHI, Pesquisa Sócio-econômica, FJP (2000); FJP, Escola de Governo (1999); Processos COPAM (diversos anos); Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (www.bombeiros.mg.gov.br)

Quadro A.II – Co-incineração de resíduos na Holcim Brasil – 1999 a 2002

Fonte: Processo COPAM/PA/Nº 008/89

Resíduo	Gerador	Fonte	Classificação (NBR 10004)	Disponibilidade		Transporte	
				Geração	Estoque	Caminhão	Acondicionamento
solo contaminado (I)	Cia Vale do Rio Doce MG	resíduos de diversas industrias, sob a responsabilidade da empresa COLETOIL	classe I	-	100 t		big-bags
óleos e graxas (II)	Cia Vale do Rio Doce MG	resíduos de diversas industrias, sob a responsabilidade da empresa COLETOIL	classe I	-	100 t		tamboretes
solo contaminado (III)	Cia Vale do Rio Doce MG	resíduos de diversas industrias, sob a responsabilidade da empresa COLETOIL	classe I	-	150 t		big-bags
óleos e graxas (IV)	Cia Vale do Rio Doce MG	resíduos de diversas industrias, sob a responsabilidade da empresa COLETOIL	classe I	-	150 t		tamboretes
negro de fumo (V)	Cia Vale do Rio Doce MG	resíduos de diversas industrias, sob a responsabilidade da empresa COLETOIL	classe I	-	20t		big-bags
resíduo sólido (VI)	Cia Vale do Rio Doce MG	resíduos de diversas industrias, sob a responsabilidade da empresa COLETOIL	classe I	-	300 t		big-bags
solo contaminado (VII)	Cia Vale do Rio Doce MG	resíduos de diversas industrias, sob a responsabilidade da empresa COLETOIL	classe I	-	300 t		big-bags
tiras de borracha	Bandag do Brasil	produção de banda de rodagem para recapagem de pneus (rebarba)	classe II	40 t/mês	400 t	carreta aberta	sacos de ráfia dentro de big-bags
borra ácida	Madiol Lubrificantes Jandira, SP	processo de rerrefino de óleo lubrificante	classe I	700 m³/mês (875 t/mês)	7000 m³ (8750 t)	isocontainer	-
torta de filtração	Proluminas Varginha, MG	processo de rerrefino de óleo lubrificante	classe I	150 t/mês	100 t	carreta coberta com lona	big-bags
terra contaminada	Cia Vale Rio Doce Vitória e Serra, ES	oficina de manutençao de locomotivas	classe I		900 t		tambores 200 litros
lodo filtrado da ETE	ALSCO Toalheiro Brasil	lavanderia de higienização de toalhas, uniformes e EPIs	classe I			graneleiro	big-bags
óleo residual da ETE	ALSCO Toalheiro Brasil	lavanderia de higienização de toalhas, uniformes e EPIs	classe I			isocontainer	-
borra oleosa da ETE	Fiat Automóveis Betim, MG	estação de tratamento de efluentes da pintura	classe I	80 t/mês		isocontainer	-
borra de protetivo ceroso	Fiat Automóveis Betim, MG	estação de tratamento das águas das cabines de aplicação do produto	classe I	100 t/mês		graneleiro	big-bags
borra oleosa	REGAP-PETROBRAS Betim, MG	resíduos oleosos de separadores de água e óleo	classe I	150 t/ano (12,5 t/mês)			big-bags
petróleo borra	REGAP-PETROBRAS Betim, MG	borra oleosa dos tanques de petróleo e diesel	classe I	200 t/ano (16,5 t/mês)			big-bags
catalisador	REGAP-PETROBRAS Betim, MG	catalisador exaurido da unidade de craqueamento catalítico	classe I	965 t/ano (80,4 t/mês)			big-bags

borra oleosa	Cia Petróleo Ipiranga Diversas unidades instaladas no país	resíduo de fundo de tanques de combustíveis	classe I	50 t/mês		tanque	-
borra ácida 1	Proluminas Varginha, MG	rerrefino de óleo lubrificante	classe I			tanque	-
borra ácida 2	Proluminas Varginha, MG	rerrefino de óleo lubrificante	classe I			tanque	-
borra de landfarm	REDUC e REGAP Duque de Caxias, RJ Betim, MG	resíduo do tratamento da borra oleosa em landfarming	classe I	500 t/mês	2500 t	graneleiro ou carga seca	big-bags
borra de tanque	REDUC e REGAP Duque de Caxias, RJ Betim, MG	borra oleosa de fundo de tanque de combustíveis	classe I	300 t/mês	14000 t	-	big-bags ou tambores
sabão queimado	Belgo Mineira Bekaert Contagem, MG Sumaré, Hortolândia e Osasco, SP	processo de trefilação	classe II	12 t/mês		graneleiro ou carga seca	big-bags, sacos, ou tambores
óleo usado	Belgo Mineira Bekaert Contagem, MG Sumaré, Hortolândia e Osasco, SP	caixas coletoras da lavagem de peças com crostas, serragem impregnada com óleo, jateamento de rolos trefilados	classe I	150 t/mês		graneleiro ou carga seca	tambores
torta de ETE	Belgo Mineira Bekaert Contagem, MG Sumaré, Hortolândia e Osasco, SP	filtro prensa	classe I	600 t/mês		graneleiro ou carga seca	big-bags, sacos, ou tambores
resíduo oleoso em pasta	GEVISA Contagem, MG	lavagem e preparação da locomotiva para reforma	classe I	3 t/mês	25 t	graneleiro	big-bags, sacos ou tambores
resíduo oleoso líquido	GEVISA Contagem, MG	lavagem e preparação da locomotiva para reforma	classe II	3 t/mês		tanque	-
aparas de borracha	Produflex Mateus Leme, MG	vulcanização e acabamento de peças	classe I	45 t/mês	120 t		big-bags, sacos ou tambores
terra impregnada com diesel e gasolina	Ferrovia Centro Atlântica Belo Horizonte, MG	derramamento acidental em acidente ferroviário	classe II	-	400 t		big-bags
borra ácida	TASA Lubrificantes Nova Iguaçu, RJ	rerrefino de óleo lubrificante	classe I	200 t/mês	1000 t	tanque	-
filtro de carro	SOGEFI Auto Peças Mateus Leme	restos de papel e poliuretano utilizados na fabricação de filtros de ar	classe II	9 t/mês		carga seca ou baú	big-bags
sucata de borracha	Teksid do Brasil Betim, MG	correias transportadoras, pneus de empilhadeira gastos	classe I	5 t/mês	60 t	basculante	a granel

EPIs	Teksid do Brasil Betim, MG	uso pelos empregados	classe I	3 t/mês	8 t	basculante	a granel
serragem contaminada	Teksid do Brasil Betim, MG	limpeza de máquinas ou contenção de vazamentos de óleo, tinta ou graxa	classe I	1 t/mês	20 t	carga seca	tambores
pano, papel e plástico contaminado	Teksid do Brasil Betim, MG	limpeza de máquinas ou contenção de vazamentos de óleo, tinta ou graxa	classe I	2 t/mês	8 t	carga seca	tambores
líquido penetrante	Teksid do Brasil Betim, MG	ensaios não destrutivos	classe I	1 t/mês	20 t	carga seca	tambores
areia contaminada	Teksid do Brasil Betim, MG	absorção de vazamentos nas máquinas de moldagem	classe II	4 t/mês	40 t	carga seca	tambores
rejeito de tinta	Teksid do Brasil Betim, MG	pintura de peças e machos	classe II	2 t/mês	7 t	carga seca	tambores
resíduo de óleo CONSEMA	Teksid do Brasil Betim, MG	forjamento de peças	classe II	1 t/mês	12 t	carga seca	tambores
Resíduo de óleo HATEDUR	Teksid do Brasil Betim, MG	forjamento de peças	classe I	2 t/mês	24 t	carga seca	tambores
tar	Isopol Camaçari, BA	resíduo de compostos de címeros e trímeros de TDI (tolueno de isocianato)	classe I	1300 t/mês	10000 t	carga seca	big-bags
borra oleosa e material contaminado	FL Brasil Contagem, MG	limpeza de filtro de caixas de contenção de bombas, manutenção de equipamentos, caixas separadoras água-óleo	classe I	3 t/mês		carga seca	tambores
resíduo oleoso	GEVISA Contagem, MG	reparo e reforma de locomotivas, limpeza de peças metálicas e pisos	classe I	0,8 t/mês	1,2 t	carga seca	tambores
finos do filtro de mangas	GEVISA Contagem, MG	área de jateamento	classe I	2 t/mês	40 t	carga seca	tambores
torta de leito de secagem	GEVISA Contagem, MG	tratamento da água reciclada	classe I	0,5 t/mês	2,6 t	carga seca	tambores
resíduo de óleo	Alcoa Alumínio Poços de Caldas, MG	manutenção de equipamentos e vazamentos	classe I	7 t/mês		carga seca	a granel ou em tambores
manga de filtro	Alcoa Alumínio Poços de Caldas, MG	substituição das mangas usadas	classe I	7 t/mês		carga	a granel
carbonáceos	Alcoa Alumínio Poços de Caldas, MG	descarte de produto fora de especificação e da recuperação de banho eletrolítico	classe I	340 t/mês	19500 t	carga seca	a granel
pano de filtro	Alcoa Alumínio Poços de Caldas, MG	manutenção de filtros	classe II	7 t/mês		carga seca	a granel
alumina fluoretada	Alcoa Alumínio Poços de Caldas, MG	vazamentos e derramamentos de produtos	classe I	170 t/mês		carga seca	big-bags
SPL	Alcoa Alumínio Poços de Caldas, MG	substituição de revestimentos gastos das cubas de redução	classe I	200 t/mês	21000 t	carga seca	a granel
alumina A50	Alcoa Alumínio Poços de Caldas, MG	descarte de produtos fora de especificação	classe II	500 t/mês		carga seca	a granel ou big-bags

materiais diversos contaminados com óleo	CEMIG Usina de Jaguara Sacramento, MG Usina de Igarapé Juatuba, MG	manutenção e inspeção de equipamentos e vazamentos de óleo durante a limpeza	classe I		Jaguara: 460 t Igarapé: 375 t	carga seca	
terra contaminada com óleo	CEMIG Usina de Jaguara Sacramento, MG Usina de Igarapé Juatuba, MG	contenção de vazamentos	classe I			carga seca	
brita contaminada com óleo	CEMIG Usina de Jaguara Sacramento, MG Usina de Igarapé Juatuba, MG	contenção de vazamentos	classe I			carga seca	
borra oleosa	CEMIG Usina de Jaguara Sacramento, MG Usina de Igarapé Juatuba, MG	manutenção e inspeção de equipamentos e vazamentos de óleo durante a limpeza	classe I			carga seca	
papel impregnado com óleo naftênico	ALSTOM Brasil Itajubá, MG	substituição da coluna capacitiva (papel kraft embebido em óleo) de transformadores	classe I	2 t/mês	10 t	carga seca	tambores
resíduo de esmalte	Daimler Crhysler Juiz de Fora, MG	limpeza e tratamento de efluente das linhas de esmalte e primer	classe I	22 t/mês	94 t		tambores
resíduo de verniz	Daimler Crhysler Juiz de Fora, MG	limpeza e tratamento de efluetnes da linha de verniz	classe I	2 t/mês	1 t		tambores
borra de centrífuga	Daimler Crhysler Juiz de Fora, MG	tratamento de efluentes industriais	classe I	8 t/mês	16 t		tambores
borra de ETE Cesama	Daimler Crhysler Juiz de Fora, MG	tratamento biológico dos efluentes industriais e sanitários	classe I	0,6 t/mês	5,4 t		tambores
fluorita magna	Daimler Crhysler Juiz de Fora, MG	tratamento de emissões atmosféricas	classe I	0,25 t/mês			tambores
acetonitrila	Daimler Crhysler Juiz de Fora, MG	resíduo da cromatografia líquida	classe I	2 t/mês			tambores
óleos	Daimler Crhysler Juiz de Fora, MG	operação de desengraxe	classe I	1 t/mês	1 t		tambores
gasolina suja	Daimler Crhysler Juiz de Fora, MG	limpeza de equipamentos	classe I	0,10 t/mês	1,2 t		tambores
diversos contaminantes	Daimler Crhysler Juiz de Fora, MG	EPIs contaminados, estopas e trapos utilizados na limpeza	classe I	0,20 t/mês	4,5 t		tambores

terra contaminada	Cia Vale Rio Doce São Luiz, MA	derramamento acidental e operações de manutenção	classe I	-	500 t	carga seca	big-bags
resíduo líquido	Proema Minas Betim, MG	limpeza de piso sujo com óleo	classe I	30 t/mês		carga seca	tambores
lodo de ETE	Proema Minas Betim, MG	efluentes oleosos gerados em máquinas operatrizes e lavadora de peças	classe I	30 t/mês	35 t	carga seca	tambores
borra de retífica	Proema Minas Betim, MG	máquinas de retífica e usinagem	classe II	35 t/mês		carga seca	tambores
laque	Vallourec & Mannesmann 25 estabelecimentos em diferentes municípios, MG	excesso de laque aplicado nos tubos sem costura (anti-corrosivo)	classe I	18 t/mês		carga seca	tambores
resíduos oleosos	Vallourec & Mannesmann 25 estabelecimentos em diferentes municípios, MG	materiais descartados no teste hidráulico, na trefilaria e no lavador de peças	classe I	46 t/mês		carga seca	tambores
lamas oleosas	Vallourec & Mannesmann 25 estabelecimentos em diferentes municípios, MG	decantador da ETE do circuito de resfriamento do lingotamento contínuo e das laminações, onde é realizada a neutralização do ácido exaurido das decapagens	classe I	250 t/mês		carga seca	tambores
borra oleosa	COSIPA Cubatão, SP	diversas unidades da usina: escória de alto forno, óleos residuais de manutenção, alcatrão e subprodutos da coqueria e resíduos de calcinação	classe II		70000 t	báscula	a granel

Resíduo	Características físico-químicas			Principais elementos limitantes (DN COPAM 26/98)	Alimentação do resíduo no forno	Substituição energética	Substituição de matéria-prima
	PCI (kcal/kg)	Umidade (%)	Outras				
solo contaminado (I)	2180			Pb, Cr, Ni, V, Sn, Co, Te	1 t/h		sim
óleos e graxas (II)	5704			Pb, Ni, V, Sn	1 t/h	sim	
solo contaminado (III)	5671			Pb, Hg, Ni, V, Te, Sb	1 t/h	sim	
óleos e graxas (IV)	8059			Pb, V	1 t/h	sim	
negro de fumo (V)	5823			Pb, V	1 t/h	sim	
resíduo sólido (VI)	8750			Pb, Ni	1 t/h	sim	
solo contaminado (VII)	1815	16,4	SiO_2 = 53,3%	Pb	1 t/h		sim
tiras de borracha	9395					sim	
borra ácida	4025		pH = 0,9	Cd, Ni, Cr, Pb, Sb	1,5 t/h	sim	
torta de filtração	4349		Al_2O_3 = 56% SiO_2 = 29% pH = 9	Cd, Ni, Cr, Sn, V	1 t/h	sim	sim
terra contaminada	2413	8,6	SiO_2 = 61% Fe_2O_3 = 26%	Cd, Co, Ni, Se, Pb, Cr, V,	2 t/h		sim
lodo filtrado da ETE	6270	56,4		Cd, Tl, Co, Ni, Te, Cr, Pb, Sb, Sn, V	700 kg/h	sim	
óleo residual da ETE	14726			Tl, Ni, Cr, Pb, Sn	1 t/h	sim	
borra oleosa da ETEP	4438	9,3		Tl, Ni, Pb, Sb, Sn, V	800 kg/h	sim	
borra de protetivo ceroso	5212	38,2		Tl, Te, Sn, Sb, V	1 t/h	sim	
borra oleosa	5294			Ni, Cr, Pb, V	1 t/h	sim	
petróleo borra	8437	75,5		Pb	1 t/h	sim	
catalisador (a base de alumina)		1,5	V = 1083 ppm	As, Co, Ni, V	250 kg/h		sim
borra oleosa	8898	16,7			2 t/h	sim	
borra ácida 1	3280	5,7	S = 3,8%	Hg, As, Cr, Pb	2 t/h	sim	
borra ácida 2	2500	6,9	S = 4,0%	As, Pb	2 t/h	sim	
borra de landfarm	4627	6,7	SiO_2 = 41% Al_2O_3 = 13%	Co, Ni, Cr, Pb, V	2 t/h	sim	sim
borra de tanque	4135	1,5	SiO_2 = 29% Al_2O_3 = 17%	Ni, Cr, Pb, V	2 t/h	sim	
sabão queimado	5464	4,5	cinzas = 39%	Ni, Pb, Cr, V	2 t/h	sim	
óleo usado	5750	24,4		Ni, Cr, Pb,	750 kg/h	sim	
torta de ETE		69,3	Fe_2O_3 = 12%	Ni, Cr, Pb, V	700 kg/h		sim (22%)
resíduo oleoso em pasta		70,2	Al_2O_3 = 34%	Cd, Co, Ni, Pb, Sn	200 kg/h		sim (15%)
resíduo oleoso líquido	3179	7,3		Cd, Co, Ni, Pb, Sn, V	200 kg/h	sim	
aparas de borracha	7060			Co, Ni, Cr, Pb, V	2 t/h	sim	
terra impregnada com diesel e gasolina	2237	8,9	SiO_2 = 66% Al_2O_3=9%	Tl, Cr, Pb, Sn	2 t/h		sim

borra ácida	3820	5,7		Hg, Cr, Pb	2 t/h	sim	
filtro de carro	4050	1,9		As, Co,	500 kg/h	sim	
sucata de borracha	5600	1,0	SiO_2 = 19%	Tl, As, Pb,	1 t/h	sim	
EPIs	5600	4,4		Cd, Tl, As, Co, Ni,Cr, Pb	800 kg/h	sim	
serragem contaminada		6,8	Fe_2O_3 = 65%	Tl, As, Co, Ni, Cr, Pb, V	700 kg/h		sim
pano, papel e plástico contaminado		32,9	SiO_2 = 21%	Tl, As, Ni, Cr, Pb	1 t/h		sim
líquido penetrante	5600	30,1		Tl, As, Pb	2 t/h	sim	
areia contaminada		5,4	SiO_2 = 44% Fe_2O_3 = 48%	Tl, Co, Ni, Cr, Pb, V	900 kg/h		sim
rejeito de tinta		24,1	SiO_2 = 43%	Tl, As, Ni, Cr, Pb	1 t/h		sim
resíduo de óleo CONSEMA		7,8	Fe_2O_3 = 62%	Tl, As, Ni,	2 t/h		sim
Resíduo de óleo HATEDUR	5600	6,4		Tl, As, Ni, Cr	2 t/h	sim	
tar	6480	10,2		Cd, Co, Ni, Te, Sb	2 t/h	sim	
borra oleosa e material contaminado	8355			não há informações sobre a caracterização dos resíduos	2 t/h	sim	
resíduo oleoso		29,9	SiO_2 = 32%	Cd, Tl, Co, Ni, Cr, Pb, Sn, V	500 kg/h		sim
finos do filtro de mangas		1,0	SiO_2 = 58%	Cd, Tl, Co, Ni, Cr, Pb, Sb, Sn,	300 kg/h		sim
torta de leito de secagem	4032	13,3		Cd, Tl, Co, Ni, Cr, Pb, Sn	1 t/h	sim	
resíduo de óleo	6300			Cd, Tl, As, Co, Ni, Se, Te, Pb, Sb, Sn, V	1 t/h	sim	
manga de filtro	3764			Cd, Tl, As, Ni, Se, Te	1 t/h	sim	
carbonáceos	2058		Al_2O_3 = 14%	Tl, As, Co, Ni, Se, Te, Cr, Pb, Sb, Sn, V	500 kg/h		sim
pano de filtro	2980			Cd, Tl, As, Se, Te, Pb, Sb, Sn, V	1 t/h	sim	
alumina fluoretada			Al_2O_3 = 46%	Cd, As, Ni, Se, Te, Pb, Sn, V	1 t/h		sim
SPL	4254		Al_2O_3 = 16%	Cd, Tl, As, Ni, Se, Te, Cr, Pb, V	2 t/h	sim	
alumina A50			Al_2O_3 = 21%	Cd, Tl, As, Se, Te, Pb, Sn, Sb, V	1 t/h		sim
materiais diversos contaminados com óleo	6080	6,3	SiO_2 = 67%	Cd, Tl, Te, Pb, Sn, Sb, V		sim	sim
terra contaminada com óleo		7,6	SiO_2 = 40%	Tl, Ni, Te, Cr, Pb, Sb, Sn, V			sim
brita contaminada com óleo			SiO_2 = 64%	Tl, Te, Pb, Sb, Sn, V			sim
borra oleosa	1746		SiO_2 = 35%	Tl, Ni, Te, Cr, Pb, Sb, Sn, V			sim
papel impregnado com óleo naftênico	4709	4,9	Al_2O_3 = 91%	Tl, Te, Pb, Sn, Sb, V	700 kg/h	sim	sim
resíduo de esmalte	3846	7,6		Tl, As, Te, Pb, V	1 t/h	sim	
resíduo de verniz	6150	7,7		As, Te, Cr, Pb, Sn, V	1 t/h	sim	
borra de centrífuga	2866	35,0		Cd, Tl, Co, Ni, Te, Cr, Pb, Sb, Sn, V	750 kg/h	sim	

borra de ETE Cesama			Al_2O_3 CaO Fe_2O_3 SiO_2	Tl, As, Co, Ni, Te, Cr, Pb, V	350 kg/h		sim
fluorita magna		61,5	mineralizante	Tl, Te, Pb, Sb, Sn, V	1 t/h		sim
acetonitrila	5582	99,9		Tl, Te, Pb, Sb, Sn, V	1 t/h	sim	
óleos	10015	1,0		Tl, Te, Pb, Sb, Sn, V	1,4 t/h	sim	
gasolina suja	7024	87,1		Tl, Te, Cr, Pb, Sb, Sn, V	1 t/h	sim	
diversos contaminantes	6625	24,0		Tl, Ni, Te, Cr, Pb, Sb, Sn, V	1 t/h	sim	
terra contaminada	4067	8,6		Te, Cr, Pb, Sb, Sn, V	750 kg/h	sim	
resíduo líquido	10085	1,1		Tl, Te, Pb, Sb, Sn, V	1,5 t/h	sim	
lodo de ETE	3446	15,6		Tl, Te, Cr, Pb, Ab, Sn, V	900 kg/h	sim	
borra de retífica		45,4	Fe_2O_3 = 91%	Tl, Co, Ni, Te, Cr, Pb, Sb, Sn, V	270 kg/h		sim
laque	8038				500 kg/h	sim	
resíduos oleosos	7418				350 kg/h	sim	
lamas oleosas	3065	17,5			500 kg/h	sim	
borra oleosa	5139	6,8	CaO = 74% Fe_2O_3 = 11%	Ni, Se, Cr, Pb	2 t/h	sim	sim

Quadro A.III – Co-incineração de resíduos na Camargo Corrêa Cimentos – 1999 a 2002

Fonte: Processo COPAM/PA/Nº 015/78

Resíduo	Gerador	Fonte	Classificação (NBR 10004)	Disponibilidade		Transporte	
				Geração	Estoque	Caminhão	Acondicionamento
resíduos das cubas de fabricação de alumínio (SPL)	ALCOA Alumínio SA Poços de Caldas, MG	desmontagem das cubas de fabricação de alumínio	classe I	40 a 60 t/mês	40000 t		
carvão de criolita	ALCOA Alumínio SA Poços de Caldas, MG	queima incompleta do anodo no processo de produção de alumínio	classe II	350 t/mês	20000 t		
resíduos oleosos	ALCOA Alumínio SA Poços de Caldas, MG	oficinas mecânicas, manutenção de equipamentos, limpeza de pisos e derramamentos acidentais	classe I	20 t/mês			tambores
borra de rerrefino	Proluminas Lubrificantes Varginha, MG	rerrefino de óleos lubrificantes usados	classe I	250 t/mês	3000 t	tanque	-
torta de filtração	Proluminas Lubrificantes Varginha, MG	rerrefino de óleos lubrificantes usados	classe I	100 t/mês	500 t	caçamba	
borra de rerrefino	Petrolub Sete Lagoas, MG	rerrefino de óleos lubrificantes usados	classe I	210 t/mês	3000 t		
torta de filtração	Petrolub Sete Lagoas, MG	rerrefino de óleos lubrificantes usados	classe I	80 t/mês	500 t		
borras oleosas	Fiat Automóveis Betim, MG	tratamento dos efluentes dos processos de pintura e setor de montagem	classe I	15 t/mês	80 t	caçamba	a granel
borra do filtro prensa	Fiat Automóveis Betim, MG		classe I	60 t/mês		caçamba	a granel
borra de retífica	Fiat Automóveis Betim, MG	usinagem e acabamento de peças	classe I	65 t/mês	80 t	caçamba	a granel
óleos e graxas usados e material contaminado	Tubos de Precisão Guarulhos, SP	contenção de derramamentos acidentais no processo de fabricação de tubos de aço	classe I	5 t/mês	50 t	carreta	tambores
borra de rerrefino	TASA Lubrificantes Nova Iguaçu, RJ	rerrefino de óleos lubrificantes usados	classe I	210 t/mês		tanque	-
resíduo de piche de MBT	Bann Química São Paulo, SP	reação de formação do marcaptobenzotiol, acelerador da vulcanização da borracha	classe I	40 t/mês	2000 t	tanque com aquecimento	-
borra de óleo e terra diatomácea com óleo	DAIDO Química do Brasil Betim, MG	processo de clarificação com terra diatomácea	classe I	1 t/mês	50 t	carga seca	tambores
papel filtro com terra diatomácea e óleo	DAIDO Química do Brasil Betim, MG	processo de clarificação com terra diatomácea	classe I	200 kg/mês	2 t	carga seca	tambores

sacarias	DAIDO Química do Brasil Betim, MG	embalagens de papel e polietileno	classe II	100 kg/mês	200 kg	carga seca	fardos
solventes	DAIDO Química do Brasil Betim, MG		classe I	100 kg/mês	3 t		
material contaminado com óleo	DAIDO Química do Brasil Betim, MG	EPIs, panos, estopas e papéis com óleo	classe I	50 kg/mês	100 kg	carga seca	

Resíduo	Características físico-químicas			Principais elementos limitantes (DN COPAM 26/98)	Alimentação do resíduo no forno	Substituição energética	Substituição de matéria-prima
	PCI	Umidade	Outras				
resíduos das cubas de fabricação de alumínio (SPL)	4200	1,4	F^- = 15%	Hg, As, Ni, Pb, Cr	759 kg/h	sim (5,8%)	
carvão de criolita	4733	19,7		As, Ni, Pb, Cr	1 t/h	sim (8,6%)	sim (113,3%)(*)
resíduos oleosos	3396			Cd, Pb	500 kg/h	sim (1,7%)	
borra de rerrefino	5150			Cd, Ni, Sb, Pb, Cr	1 t/h	sim (9,4%)	
torta de filtração	4349			Cd, Ni, Pb, V	4 t/dia	sim (4,0%)	
borra de rerrefino	4569	4,7		Pb, Cr	1 t/h	sim (8,3%)	
torta de filtração	3713	2,4		Ni, Cr	500 kg/h	sim (3,4%)	
borras oleosas	4438	9,3		Ni, Pb, Cr	500 kg/h	sim (4,1%)	
borra do filtro prensa	2926	37,0		Co, Ni, Pb, Cr	10 t/dia	sim	
borra de retífica	2381		Fe_2O_3 = 79% SiO_2 = 33%	Ni, Pb, Cr, Sn	500 kg/h		sim (78,5% óxido de ferro; 32,9% sílica)
óleos e graxas usados e material contaminado	2811	9,3		Ni, Pb, Cr	500 kg/h	sim (4,1%)	
borra de rerrefino	3820			Hg, Pb, Cr	500 kg/h	sim (3,5%)	
resíduo de piche de MBT	5841	14,9		Ni, Sn	2 t/h	sim (9,2%)	
borra de óleo e terra diatomácea com óleo	3179	16,1		Ni, Pb, Cr	2 t/h	sim (11,6%)	
papel filtro com terra diatomácea e óleo	3998	4,0		Ni, Cr	2 t/h	sim (14,6%)	
sacarias	12230	5,6		-	500 kg/h	sim (11,2%)	
solventes		57,2		Sn	100 kg/h	sim (1,8%)	
material contaminado com óleo	6409	14,2		-	500 kg/h	sim (5,9%)	

(*) valor conferido

Quadro A.IV – Co-incineração de resíduos na SOEICOM – 1999 a 2002

Fonte: Processo COPAM/PA/Nº 001/77

Resíduo	Gerador	Fonte	Classificação (NBR 10004)	Disponibilidade		Transporte	
				Geração	Estoque	Caminhão	Acondicionamento
resíduo das cubas (SPL)	ALCAN Alumínio do Brasil Ouro Preto, MG	desmontagem das cubas de fabricação de alumínio	classe I	160 t/mês	500 t		
cake de neutralização das torres	ALCAN Alumínio do Brasil Ouro Preto, MG	torre de neutralização dos lavadores de gases	classe II	140 t/mês	3000 t		
oxalato de cálcio	ALCAN Alumínio do Brasil Ouro Preto, MG	recuperação da soda utilizada na extração do alumínio da bauxita	classe II	70 t/mês	2000 t		
borra de tinta	ULTRAGÁZ Paulínia, SP		classe I				
resíduo de jateamento de botijões	ULTRAGÁZ Paulínia, SP		classe I	40 t/mês	270 t		
borra de tinta	Mangels Três Corações, MG	unidade de fabricação de botijões	classe I	40 t/mês	1000 t	carga seca	tambores 200 litros
pó de granalha	Mangels Paulínia, SP; Goiânia, GO; Canoas, RS; Duque de Caxias, RJ	unidades de recuperação de botijões	classe I	12 t/mês		carga seca	tambores 200 litros
borra de ETE	Mangels Três Corações, MG Paulínia, SP; Goiânia, GO; Canoas, RS; Duque de Caxias, RJ		classe I			carga seca	tambores 200 litros
borra de tinta	Toshiba Contagem, MG	limpeza das cabines de pintura e sobras de tintas do processo de pintura	classe I	4 t/mês	20 t	carga seca ou caçamba	tambores, big-bags; ou a granel
borra de ETE e material contaminado	Toshiba Contagem, MG	ETE (óleo solúvel, óleo usado) material contaminado (areia e serragem)	classe I	5 t/mês	40 t	carga seca ou caçamba	tambores, big-bags; ou a granel
borra de retífica e material contaminado	COFAP Lavras, MG	processo de retificação de anéis de pistão	classe I	40 t/mês		carga seca	big-bags
borra de ETE	COFAP Lavras, MG	ETES de água industrial e efluentes sanitários	classe I	20 t/mês		carga seca	big-bags
laque	Mannesmann Belo Horizonte, MG	aplicação de anti-corrosivo nos tubos sem costura	classe II	3 t/mês	20 t	carga seca ou caçamba	tambores 200 litros; ou a granel

resíduos oleosos	Mannesmann Belo Horizonte, MG	teste hidrostático, trefilaria e lavador de peças	classe I	20 t/mês	100 t	carga seca ou caçamba	tambores 200 litros; ou a granel
lamas oleosas	Mannesmann Belo Horizonte, MG	tratamento de água de resfriamento do lingotamento contínuo e laminações; neutralização do ácido das decapagens	classe I	100 t/mês	6000 t	carga seca ou caçamba	tambores 200 litros; ou a granel
lamas de neutralização	Mannesmann Belo Horizonte, MG	neutralização dos ácidos exauridos da decapagem	classe II	5 t/mês	10 t	carga seca ou caçamba	tambores 200 litros; ou a granel
resíduo de cuba (SPL)	ALCAN Aratu, BA	desmontagem de cubas de fabricação de alumínio	classe I	160 t/mês	20000t		
resíduos de cuba (SPL)	ALCOA Poços de Caldas, MG	desmontagem de cubas de fabricação de alumínio	classe I	200 t/mês	40000 t	carga seca ou caçamba	tambores 200 litros; ou a granel
resíduos oleosos	ALCOA Poços de Caldas, MG	oficinas de veículos e manutenção de equipamentos, limpezas de pisos e derramamentos acidentais	classe I	20 t/mês		carga seca ou caçamba	tambores 200 litros; ou a granel
carvão de criolita	ALCOA Poços de Caldas, MG	recuperação da criolita dos banhos das cubas de eletrólise	classe II	350 t/mês	20000 t	carga seca ou caçamba	tambores 200 litros; ou a granel
borra de tinta hidrosolúvel	Resil Minas S. Joaquim de Bicas, MG	excesso de tinta de peças saídas do tanque de pintura	classe I	1,5 t/mês	25 t	carga seca ou caçamba	tambores 200 litros ou big-bags
óleo usado, borra oleosa e material contaminado	Resil Minas S. Joaquim de Bicas, MG	oficinas de manutenção, lavagem de veículos e equipamentos; separador de água e óleo; contenção de derramamentos	classe I	0,5 t/mês	15 t	carga seca ou caçamba	tambores 200 litros ou big-bags
cera carnaúba	Resil Minas S. Joaquim de Bicas, MG		classe I		15 t	carga seca ou caçamba	tambores 200 litros ou big-bags
borra de ETE	Resil Minas S. Joaquim de Bicas, MG		classe II	5 t/mês	120 t	carga seca ou caçamba	tambores 200 litros ou big-bags
resíduo de piche de MBT	Bann Química São Paulo, SP	gerado na reação de formação de mercaptobenzotiol, acelerador da vulcanização da borracha	classe I	200 t/mês	2000 t		tambores
material contaminado com combustível	Esso Brasileira de Petróleo Betim, MG	limpeza de tanque de armazenamento de combustível	classe I			carga seca	tambores 200 litros

resíduos de borracha	Produflex Minas Mateus Leme, MG	refugo de peças ou acabamento	classe II	30 t/mês	120 t	carga seca	big-bags
óleos usados e material contaminado com óleo	Magotteaux Minas Metalúrgica Contagem, MG	lavagem de equipamentos, derramamentos acidentais	classe I	0,4 t/mês	25 t	carga seca; ou caçamba	tambores 200 litros
areia verde	Magotteaux Minas Metalúrgica Contagem, MG	moldagem para fabricação de peças fundidas de aço e outras ligas	classe II	360 t/mês		carga seca; ou caçamba	tambores 200 litros; a granel
areia no bake	Magotteaux Minas Metalúrgica Contagem, MG		classe II	150 t/mês		carga seca; ou caçamba	tambores 200 litros; a granel
areia shell	Magotteaux Minas Metalúrgica Contagem, MG		classe II	300 t/mês		carga seca; ou caçamba	tambores 200 litros; a granel
óleos e graxas usados e material contaminado	Ferteco Mineração Ouro Preto, MG	usina de pelotização e concentração; manutenção	classe I	5 t/mês	100 t	carga seca	tambores 200 litros
óleo 7A endurecido	Ferteco Mineração Ouro Preto, MG		classe I		300t	carga seca	tambores 200 litros
óleos e graxas e material contaminado com óleo	Belgo Mineira Participação Juiz de Fora, MG	derramamentos acidentais e limpeza de pisos	classe I	1 t/mês	100 t	carga seca	tambores 200 litros
óleos e graxas e material contaminado com óleo	CEMIG – Termelétrica Igarapé Juatuba, MG		classe I		126 t		tambores 200 litros
óleos e graxas e material contaminado com óleo	Mannesmann DEMAG Vespasiano, MG	derramamentos acidentais e limpeza de pisos	classe I	10 t/mês		carga seca	tambores 200 litros
resíduos da limpeza de tanques e material contaminado com combustíveis e óleos	SHELL Brasil Bases de armazenamento e distribuição de combustíveis espalhadas pelo País	limpeza de tanques de armazenamento de combustíveis; derramamentos acidentais	classe I	40 t/mês	100 t	carga seca	tambores 200 litros
borra de tinta	Metagal Conceição dos Ouros, MG	limpeza das cabines de pintura	classe I	4 t/mês	20 t	carga seca	tambores 200 litros
resíduos do polimento	Metagal Conceição dos Ouros, MG	preparação de peças para a pintura	classe II	1 t/mês	8 t	carga seca	tambores 200 litros
borra de ETE	Metagal Conceição dos Ouros, MG Santa Rita do Sapucaí, MG	tratamento superficial e pintura; setor de lavagem de peças e equipamentos	classe II	0,8 t/mês	7 t	carga seca	tambores 200 litros
óleos e graxas usados e material contaminado	Rhodia Ster Fipak Poços de Caldas, MG Cabo, PE	manuteção dos tanques de óleo, restos de material de treinamento de bombeiros, óleos de máquinas contaminados com glicol; separadores de água e óleo; derramamentos acidentais	classe I	1 tambor/mês	5 tambores	carga seca	tambores 200 litros ou big-bags
borra de mono e trietileno glicol (borra de GRU)	Rhodia Ster Fipak Poços de Caldas, MG Cabo, PE	unidade de recuperação de glicol: borra do fundo da coluna de destilação	classe II	3 t/mês		carga seca	tambores 200 litros ou big-bags

borra de fluido térmico degradado	Rhodia Ster Fipak Poços de Caldas, MG Cabo, PE	processo de recuperação de fluido térmico	classe I	não definida	8 t (Cabo) 46 t (Poços)	carga seca	tambores 200 litros ou big-bags
fuligem	Rhodia Ster Fipak Poços de Caldas, MG Cabo, PE	limpeza de caldeiras e aquecedores	classe I	5 tambores/mês	20 t	carga seca	tambores 200 litros ou big-bags
embalagens contaminadas com antimônio e titânio	Rhodia Ster Fipak Poços de Caldas, MG Cabo, PE	embalagens de catalisadores da polimerização do PTA	classe I	100 kg/mês	2 t	carga seca	tambores 200 litros ou big-bags
ensimagem	Rhodia Ster Fipak Poços de Caldas, MG Cabo, PE	processo de fabricação de fibras	classe I	não definida	3 t	carga seca	tambores 200 litros ou big-bags
resíduo de hexametileno diamina	Rhodia Ster Fipak Poços de Caldas, MG Cabo, PE	teste para recuperação de polímero degradado	classe II	-	7,3 t	carga seca	tambores 200 litros ou big-bags
óleos e graxas usados e material contaminado	FL Brasil (ex TUTELA) Contagem, MG	manutenção e limpeza de equipamentos; caixas separadoras de óleo e água; contenção de vazamentos	classe I	3 t/mês	20 t	carga seca	
borra de cobre; material contaminado (solventes, óleos); material contaminado (EPIs, frascos vazios); material filtrante com borra de cobre	São Marco Três Corações, MG	filtração do banho de trefila	classe I	400 t/mês	10 t	carga seca	tambores
óleos e borra oleosa; graxas usadas e material contaminado	Gerdau Divinópolis, MG	lingotamento contínuo e laminação de aço; manutenção de equipamentos; caixas separadoras	classe I	5 t/mês	50 t	carga seca	tambores
fuligem de caldeiras	Termotécnica Contagem, MG	fabricação de peças e componentes em poliestireno expansível)	classe II	40 kg/dia (1,2 t/mês)	16 t	carga seca	tambores 200 litros
borra de ETE	Buckman Laboratórios Sumaré, SP	borra de CRU, borra de destilação e material filtrante	classe I			carga seca	bombonas plásticas de 100 litros
borras das ETEs - borras oleosas - borras do filtro prensa	Fiat Automóveis Betim, MG	efluentes da pintura (óleo emulsionado, água dos lavadores, águas do sistema de pintura); efluentes das oficinas mecânicas	classe I	15 t/mês 60 t/mês	80 t 12000 t	caçamba	a ganel
borra de retífica	Fiat Automóveis Betim, MG		classe I	65 t/mês	80 t	caçamba	a granel

resíduos orgânicos não clorados	Ciquine Cia Petroquímica Taubaté, SP	produção de acrilatos, EPIs usados, materiais de contenção de vazamentos, limpeza de instalações industriais	classe I				tambores 200 litros
material de filtração	Ciquine Cia Petroquímica Taubaté, SP	material filtrante e borra de filtração	classe I				tambores 200 litros
embalagens usadas	Ciquine Cia Petroquímica Taubaté, SP	embalagens de matérias-primas e produtos	classe I				tambores 200 litros
selante curado	Dow Corning do Brasil Hortolândia, SP	área de empacotamento; testes laboratoriais; limpeza de equipamentos	classe III	20 t/mês			
bolo de filtro prensa	Dow Corning do Brasil Hortolândia, SP	filtração de óleos de silicone no setor de polímeros	classe III	10 t/mês			
material contaminado com silicone	Dow Corning do Brasil Hortolândia, SP	limpeza de máquinas e equipamentos	classe II	4 t/mês			
resíduo de silicone LPO	Dow Corning do Brasil Hortolândia, SP	limpeza de máquinas e equipamentos	classe II	4 t/mês			
fluido de silicone	Dow Corning do Brasil Hortolândia, SP		classe II	2 t/mês			
emulsão de silicone	Dow Corning do Brasil Hortolândia, SP	limpeza de máquinas e equipamentos	classe II	2 t/mês			
borra oleosa	Krupp Metalúrgica Santa Luzia, MG	manutenção de equipamentos; oficina de manutenção	classe I			tanque ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
pó de granalha	Krupp Metalúrgica Santa Luzia, MG	filtros de mangas da unidade de jateamento de granalha	classe III			tanque ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
borra de retífica	Krupp Metalúrgica Santa Luzia, MG	rebarbas das peças forjadas, misturadas com óleos e graxas e pó de grafite	classe I			tanque ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
borra de tinta e material contaminado com tinta	Shell Gás Distribuidora Bases em MG, SP, GO, BA, RJ, RS		classe I			carga seca	tambores 200 litros
borra de ETE	Shell Gás Distribuidora Bases em MG, SP, GO, BA, RJ, RS		classe I			carga seca	tambores 200 litros
terra diatomácea e elementos filtrantes	ALCOA Alumínio Itapissuma, PE	processo de laminação de chapas e folhas de alumínio	classe II	30 t/mês		carga seca	tambores 200 litros
areia de jateamento	ALCOA Alumínio Itapissuma, PE	jateamento de ferramentas de aço, após tratamento térmico	classe I	10 t/mês		carga seca	tambores 200 litros

óleo termofluido	ALCOA Alumínio Itapissuma, PE	aquecedor dos banhos de processo	classe I	0,5 t/mês		carga seca	tambores 200 litros
sal de nitretação	ALCOA Alumínio Itapissuma, PE	tratamento térmico de ferramentas	classe I	0,1 t/mês		carga seca	tambores 200 litros
óleos e graxas e material contaminado com óleo	ALCOA Alumínio Itapissuma, PE		classe I	12 t/mês		carga seca	tambores 200 litros
borra de retífica	ALCOA Alumínio Itapissuma, PE	usinagem para retificação de cilindros de aço	classe I	1 t/mês		carga seca	tambores 200 litros
escória MSP	Alumbras Alumínio do Brasil Betim, MG	processo de fusão do alumínio	classe II	400 t/mês		carga seca ou caçamba	big-bags ou a granel
pó do filtro	Alumbras Alumínio do Brasil Betim, MG	filtro de mangas do sistema de despoeiramento	classe I	40 t/mês		carga seca ou caçamba	big-bags ou a granel
pó de processo	Polyplaster Betim, MG	acabamento, corte e lixamento de peças de fibra de vidro	classe II	0,2 t/mês	14 t	carga seca	tambores metálicos
thinner/acetona contaminados	Polyplaster Betim, MG	limpeza de ferramentas, moldes e bancadas de trabalho	classe I	0,4 t/mês		carga seca	tambores metálicos
EPIs contaminados	TNT Logística Betim, MG	material sujo com óleo	classe I	1 t/mês	10 t	carga seca	tambores metálicos
borra de sabão de trefila	Empresas do Grupo Belgo Mineira: Vespasiano, Itaúna, Contagem, MG Cia Siderúrgica Belgo Mineira Cariacica, ES	trefilação seca (resíduo de sabão seco)	classe II	78 t/mês		caçamba ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
torta da ETE		tratamento dos efluentes líquidos (águas aciduladas e ácido clorídrico usado); sabão lubrificante líquido da trefila	classe II	1500 t/mês		caçamba ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
cinza de chumbo		deposição da camada superficial de latão	classe I	9 t/mês	210 t	caçamba ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
borra oleosa e material contaminado com óleo		óleo lubrificante usado; solvente misturado com graxa; material contaminado	classe I	4,6 t/mês		caçamba ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
óleos e graxas usados (USGV)			classe I	5 t/mês	90 t	caçamba ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
borra oleosa	Krupp Hoesch Molas São Paulo, SP; Ibirité, MG Krupp Automotive Systems do Brasil São Bernardo, SP; Ibirité, MG	separadores de água e óleo; óleos e graxas usados, óleo de tectyl, resíduo de magnaflux, solventes	classe I	1 t/mês	10 t	carga seca	tambores metálicos
borra de retífica		usinagem de peças	classe I	5 t/mês	20 t	carga seca	tambores metálicos
pó de jateamento		filtro de mangas do jateamento a granalha	classe I	10 t/mês	60 t	carga seca	tambores metálicos
borra de tinta		cabines de pintura de peças acabadas	classe I	0,5 t/mês	3 t	carga seca	tambores metálicos

óleos e graxas e material contaminado com óleos	V&M Florestal Curvelo, MG	separadores água e óleo das oficinas de manutenção, postos de lavagem de veículos; derramamentos acidentais	classe I	2 t/mês	20 t	caçamba ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
borra de alcatrão e material contaminado com alcatrão	V&M Florestal Curvelo, MG	manutenção dos equipamentos recuperadores de alcatrão, manutenção da rede e dos pisos dos fornos	classe I	5 t/mês	50 t	caçamba ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
óleos contaminados	Cia Vale do Rio Doce Itabira, Ouro Preto, Santa Bárbara, São Gonçalo Rio Abaixo, Barão de Cocais, MG	manutenção de equipamentos; trocas de óleo	classe I	8 t/mês	312 t	carga seca	tambores metálicos
borras oleosas		separadores de água e óleo das oficinas, postos de lavagem de veículos, limpeza de tanques de armazenamento	classe I	48 t/mês	69 t	carga seca	tambores metálicos
lamas oleosas		graxa velha de veículos e máquinas; lama retida nos separadores	classe I			carga seca	tambores metálicos
material contaminado com óleos e graxas		contenção de derramamentos acidentais; EPIs	classe I	4 t/mês	36 t	carga seca	tambores metálicos
resíduos de limpeza de tanques e material contaminado	Petrobras Distribuidora Bases de armazenamento e postos de serviço diversos em várias localidades no País		classe I			caçamba e tanque ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
borra oleosa	ROTCEL Produtos e Serviços de Limpeza Lagoa Santa, MG	purificação de materiais, produtos, óleos e graxas contaminados por destilação em reboiler (bateladas)	classe I	10 t/mês	120 t	tanque ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
borra de rerrefino	TASA Lubrificantes Nova Iguaçu, RJ	rerrefino de óleo lubrificante usado	classe I	200 t/mês		tanque	a granel
óleos e graxas usados e material contaminado	Cia Siderúrgica Belgo Mineira João Monlevade, MG	limpeza de pisos e máquinas; derramamento acidental	classe I	1 t/mês	100 t	carga seca	tambores 200 litros
borra de ETEs	IVECO FIAT Brasil Sete Lagoas, MG	tratamento de efluentes das oficinas mecânicas e linhas de pintura	classe I	60 t/mês	500 t	caçamba e tanque ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
borra de retífica	IVECO FIAT Brasil Sete Lagoas, MG	usinagem e acabamento de peças para motores	classe I	15 t/mês	150 t	caçamba e tanque ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros

borra oleosa	IVECO FIAT Brasil Sete Lagoas, MG		classe I	20 t/mês	200 t	caçamba e tanque ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
material contaminado com óleos e graxas	IVECO FIAT Brasil Sete Lagoas, MG	derramamentos acidentais; embalagens; limpeza	classe I	15 t/mês	150 t	caçamba e tanque ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
solventes contaminados	IVECO FIAT Brasil Sete Lagoas, MG		classe I	2 t/mês	20 t	caçamba e tanque ou carga seca	a granel ou tambores 200 litros
óleos, graxas e solventes contaminados	Ferrovia Centro Atlântica Oficinas e postos de manutenção e abastecimento em várias localidades no País	manutenção de equipamentos e veículos; limpeza de tanques de armazenamento; postos de lavagem de veículos	classe I	4 t/mês	32 t	carga seca	tambores 200 litros
borra oleosa	Ferrovia Centro Atlântica Oficinas e postos de manutenção e abastecimento em várias localidades no País	graxa velha de equipamentos e veículos; borra das caixas separadoras de água e óleo; contenção de derramamento acidental; materiais contaminados com óleo	classe I	2 t/mês	69 t	carga seca	tambores 200 litros
borras de óleos e graxas e material contaminado	Maximiano Locadora de Roupas Contagem, MG	higienização e lavagem de roupas, toalhas industriais, uniformes impregnados com óleos e graxas	classe I	12 tambores/ano	25 tambores	carga seca	tambores

Resíduo	**Características físico-químicas**			**Principais elementos limitantes (DN COPAM 26/98)**	**Alimentação do resíduo no forno**	**Substituição energética**	**Substituição de matéria-prima**
	PCI	**Umidade**	**Outras**				
resíduo das cubas (SPL)	3500	13,5			250 kg/h		sim (1,0%)
cake de neutralização das torres		49,2	CaO = 55%		500 kg/h		sim
oxalato de cálcio			CaO = 69%		250 kg/h		sim
borra de tinta	7011	29,6			500 kh/h	sim (3,5%)	
resíduo de jateamento de botijões	4537	2,2	Fe_2O_3 = 67%		500 kg/h	sim (2,3%)	sim (40,9%)
borra de tinta	3329	65,8			1 t/h	sim (3,3%)	
pó de granalha	3046	22,5			500 kg/h	sim (1,5%)	
borra de ETE	5965	49,7			1 t/h	sim (6,0%)	
borra de tinta	4041	19,5		Cd, As, Pb, Cr	500 kg/h	sim (1,8%)	

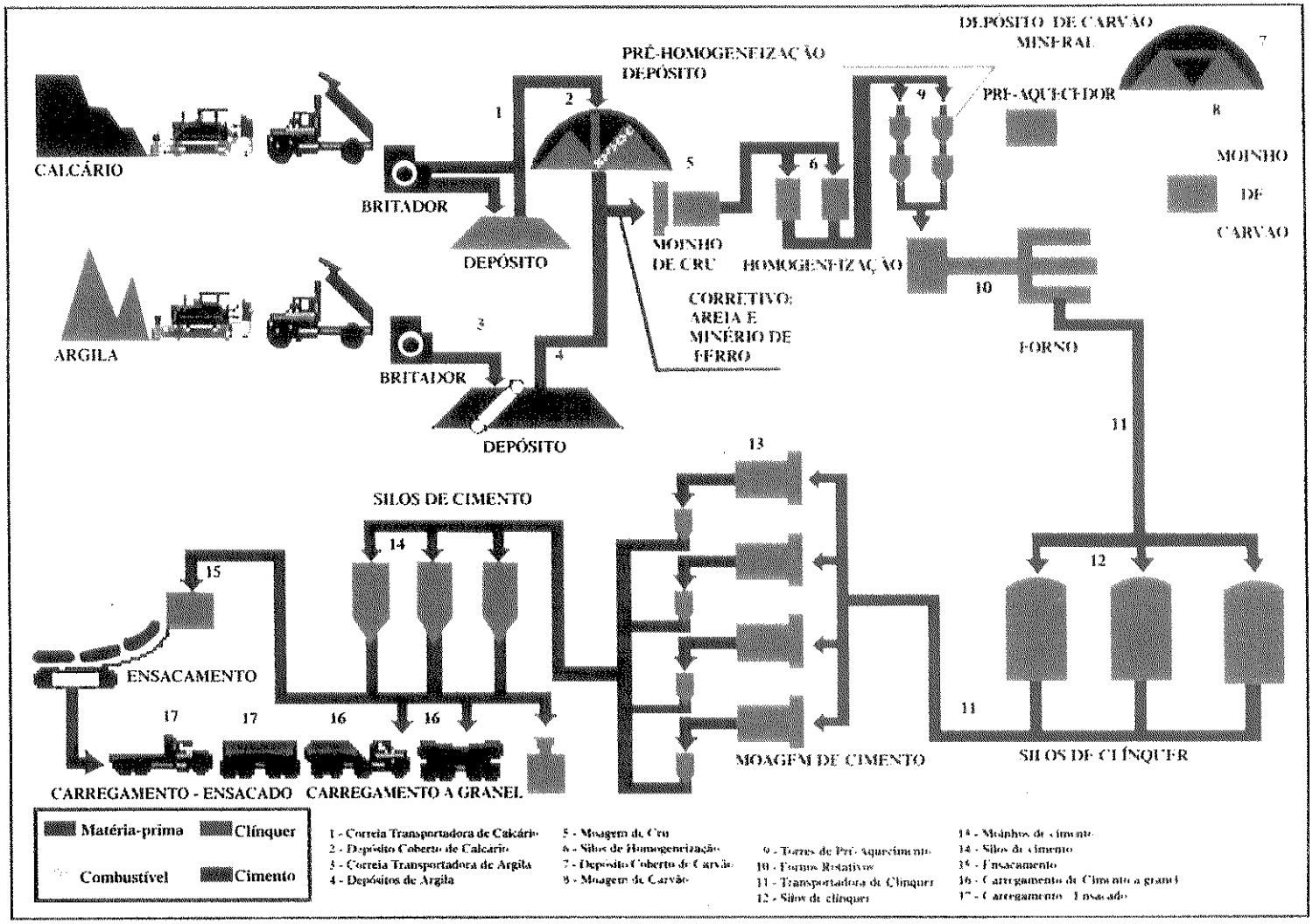
borra de ETE e material contaminado	4396	8,5	Al_2O_3 = 38%	Cd, Ad, Ni, Pb, Cr	500 kg/h	sim (2,2%)	sim (7,7%)
borra de retífica e material contaminado	1650	32,0	Fe_2O_3 = 54%		1 t/h		sim (75,5%)
borra de ETE	1077	72,0	SiO_2 = 20% Al_2O_3 = 9%		1 t/h		sim (4,7% Si) (4,2% Al)
laque	8039				500 kg/h	sim (4,0%)	
resíduos oleosos	7418				500 kg/h	sim (3,7%)	
lamas oleosas	3065	17,5			500 kg/h	sim (1,5%)	
lamas de neutralização		60,0	Fe_2O_3 = 29% CaO = 25%		500 kg/h		sim (57,7% Fe)
resíduo de cubas (SPL)	3500	13,5		As, Ni, V	1 t/h		
resíduos de cuba (SPL)	4733	19,7		Hg, As, Ni, Pb, Cr	750 kg/h	sim (3,8%)	
resíduos oleosos	3396			Cd, Pb	500 kg/h	sim (1,7%)	
carvão de criolita	5083	1,4		As, Ni, Pb, Cr	750 kg/h	sim (3,5%)	
borra de tinta hidrosolúvel	2791			Co, Ni, Cr, Sn	200 kg/h	sim (0,6%)	
óleo usado, borra oleosa e material contaminado	9644			-	100 kg/h	sim (1,0%)	
cera carnaúba	9908			Ni, Cu	100 kg/h	sim (1,0%)	
borra de ETE		74,4	CaO = 26% SiO_2 = 18%	Ni	850 k/h		sim (0,2% Si) (0,1% Ca)
resíduo de piche de MBT	5841	14,9		Ni, Sn	300 kg/h	sim (1,8%)	
material contaminado com combustível	3032			-	500 kg/h	sim (1,5%)	
resíduos de borracha	6673			As, Ni, V	150 kg/h	sim (1,0%)	
óleos usados e material contaminado com óleo	9247			Ni, Pb	1 t/h	sim (9,2%)	
areia verde			SiO_2 = 40%	As, Pb, Cr	500 kg/h		sim (11,4%)
areia no bake	2154		SiO_2 = 41%	As, Ni, Pb, Cr	250 kg/h		sim (5,8%)
areia shell	2977		SiO_2 = 31%	As, Ni, Pb, Cr	500 kg/h	sim (1,5%)	sim (8,7%)
óleos e graxas usados e material contaminado	8235			Ni, Pb, V	250 kg/h	sim (2,1%)	
óleo 7A endurecido	9350			Ni, Pb, Sn, V	250 kg/h	sim (2,3%)	
óleos e graxas e material contaminado com óleo	5571			As, Ni, Pb, Cr, Sn	500 kg/h	sim (2,8%)	
óleos e graxas e material contaminado com óleo	6516				500 kg/h	sim (3,3%)	
óleos e graxas e material contaminado com óleo	10592			As, Pb, Cr	500 kg/h	sim (5,3%)	

resíduos da limpeza de tanques e material contaminado com combustíveis e óleos	3227			As, Pb	500 kg/h	sim (1,6%)	
borra de tinta	2891	36,4		Pb, Cr		sim (1,5%)	
resíduos do polimento			Al_2O_3 = 30%	Hg, As, Ni, Pb, Cr, V			sim (6,3%)
borra de ETE			CaO = 14%	Hg, As, Ni, Pb, Cr, V			sim (0,1%)
óleos e graxas usados e material contaminado	6213	11,2		V	500 kg/h	sim (3,1%)	
borra de mono e trietileno glicol (borra de GRU)	5148	9,5		As, Pb	500 kg/h	sim (2,6%)	
borra de fluido térmico degradado	7382	63,6		Sn	500 kg/h	sim (3,7%)	
fuligem	3054	62,6		Ni, Sn, V	100 kg/h	sim (0,3%)	
embalagens contaminadas com antimônio e titânio	3034	23,6		Sb	100 kg/h	sim (0,2%)	
ensimagem				Sb	500 kg/h		
resíduo de hexametileno diamina	4500 (estimado)			Sn	100 kg/h	sim	
óleos e graxas usados e material contaminado	8355			-	500 kg/h	sim (4,2%)	
borra de cobre; material contaminado (solventes, óleos); material contaminado (EPIs, frascos vazios); material filtrante com borra de cobre	4599			Pb		sim (0,1%)	
óleos e borra oleosa; graxas usadas e material contaminado	9478			-	500 kg/h	sim (2,4%)	
fuligem de caldeiras	7588			-	500 kg/h	sim (3,8%)	
borra de ETE	6762	17,0		Ni, Pb, Cr	500 kg/h	sim(3,4%)	
borras das ETEs - borras oleosas - borras do filtro prensa	 2863 2990	 23,6 50,3		 Co, Ni, Pb, Cr Cd, Ni, Pb, Cr	 2 t/h	 sim (5,7%) sim (6,0%)	
borra de retífica	2381	5,5	Fe_2O_3 =55%	Ni, Pb, Cr, Sn	500 kg/h		sim (36,4%)
resíduos orgânicos não clorados	7556			As, Se, Pb, Cr	5 t/h	sim	
material de filtração	5697	2,5		As, Se, Pb, Cr	1,2 t/h	sim	
embalagens usadas	10421	3,5		-	1 t/h	sim	
selante curado	6455	2,1		Sn	250 kg/h	sim (1,6%)	
bolo de filtro prensa	3445	14,3		-	250 kg/h	sim (0,9%)	

material contaminado com silicone	5703			Cr	250 kg/h	sim (1,4%)	
resíduo de silicone LPO	5030			-	250 kg/h	sim (1,3%)	
fluido de silicone	9017			-	250 kg/h	sim (2,3%)	
emulsão de silicone	4347			-	250 kg/h	sim (1,1%)	
borra oleosa	6346			Pb	500 kg/h	sim (3,2%)	
pó de granalha			SiO_2 = 72%	V	500 kg/h		sim (90%)
borra de retífica	6547			Co, Ni, Cr	250 kg/h	sim (1,6%)	
borra de tinta e material contaminado com tinta	6830	14,4		Pb	250 kg/h	sim (1,7%)	
borra de ETE	3514	32,4		Ni, Pb, Cr, V	250 kg/h	sim (0,9%)	
250 kh/h	4482	12,0		-	250 kg/h	sim (1,1%)	
areia de jateamento			SiO_2 = 46%	Pb, Cr			sim (11,7%)
óleo termofluido	9230			Pb, V	250 kg/h	sim 2,3%)	
sal de nitretação		4,8		Pb	250 kg/h		
óleos e graxas e material contaminado com óleo	12322	10,8		Co, Ni, Pb, Cr, V	250 kg/h	sim (3,1%)	
borra de retífica			Fe_2O_3 = 71%		250 kg/h		
escória MSP	1133		Al_2O_3 SiO_2		550 kg/h		sim (4,3%)
pó do filtro	3093			Cd, Ni, Pb, Cr, Sn, V	250 kg/h	sim (0,8%)	
pó de processo	3836			Pb	250 kg/h	sim (2,8%)	
thinner/acetona contaminados	7221			-	250 kg/h		
EPIs contaminados	5166	4,8		Cd, Pb, Cr	500 t/h	sim (1,3%)	
borra de sabão de trefila	6215	5,9		Ni, Pb	500 kg/h	sim (3,1%)	
torta da ETE		35,0	Fe_2O_3 = 26%	Ni, Pb, V	1,5 t/h		sim (54,3%)
cinza de chumbo	4200			Pb, V	500 kg/h	sim (2,1%)	
borra oleosa e material contaminado com óleo	11021				500 kg/h	sim (5,5%)	
óleos e graxas usados (USGV)	12009	6,8			500 kg/h	sim (6,0%)	
borra oleosa	4976	44,9		Sn	2 t/h	sim (10,0%)	
borra de retífica	5084	10,2	Fe_2O_3 = 40%	Cr, Sn	2 t/h	sim (10,2%)	
pó de jateamento	1640		Fe_2O_3 = 69%	Co, Ni, Cr, Sn	1 t/h		sim (90,0%)
borra de tinta	3253		Fe_2O_3 = 44%	Co, Ni, Cr	500 kg/h	sim (1,6%)	sim (28,8%)
óleos e graxas e material contaminado com óleos	7418			As, Co, Ni	250 kg/h	sim (1,9%)	
borra de alcatrão e material contaminado com alcatrão	5025			-	2 t/h	sim (10,1%)	
óleos contaminados	8863	15,4		-	2 t/h	sim (17,7%)	
borras oleosas	5994			Ni, Pb, Cr	1,5 t/h	sim (9,0%)	

lamas oleosas	9995			Cd, Cr	3 t/h	sim (30,0%)	
material contaminado com óleos e graxas	8037			Cd	2 t/h	sim (16,1%)	
resíduos de limpeza de tanques e material contaminado	3514	32,4		Ni, Pb, Cr V	450 t/h	sim (1,6%)	
borra oleosa	9909	48,1		Pb, Cr	4 t/h	sim (39,6%)	
borra ácida	3820			Pb	1 t/h	sim (3,8%)	
óleos e graxas usados e material contaminado	8345			Hg, Tl, Ni, Se, Sb, Pb, Cr, Sn, V	5 t/h	sim (41,7%)	
borra de ETEs	4401	1,2		Pb	3 t/h	sim (13,2%)	
borra de retífica		60,7	Fe_2O_3	Ni, Pb, Cr, Sn, V	300 kg/h		sim (16,3%)
borra oleosa	10158			-	3 t/h	sim (30,5%)	
material contaminado com óleos e graxas	5183	37,4		Pb, Cr	500 kg/h	sim (2,6%)	
solventes contaminados	8151	93,2		Pb, Cr	3 t/h	sim (24,5%)	
óleos, graxas e solventes contaminados	9871	8,11		Pb	5 t/h	sim (49,4%)	
borra oleosa	5441	11,5		Pb	3 t/h	sim (10,9%)	
borras de óleos e graxas e material contaminado	3140	2,1		Cd, Co, Ni, Se, Pb, Sn, V	0,25 t/h	sim (0,9%)	

Figura A.1 – Fluxograma do processo de produção de cimento por via seca



Fonte: HOLDERCIM

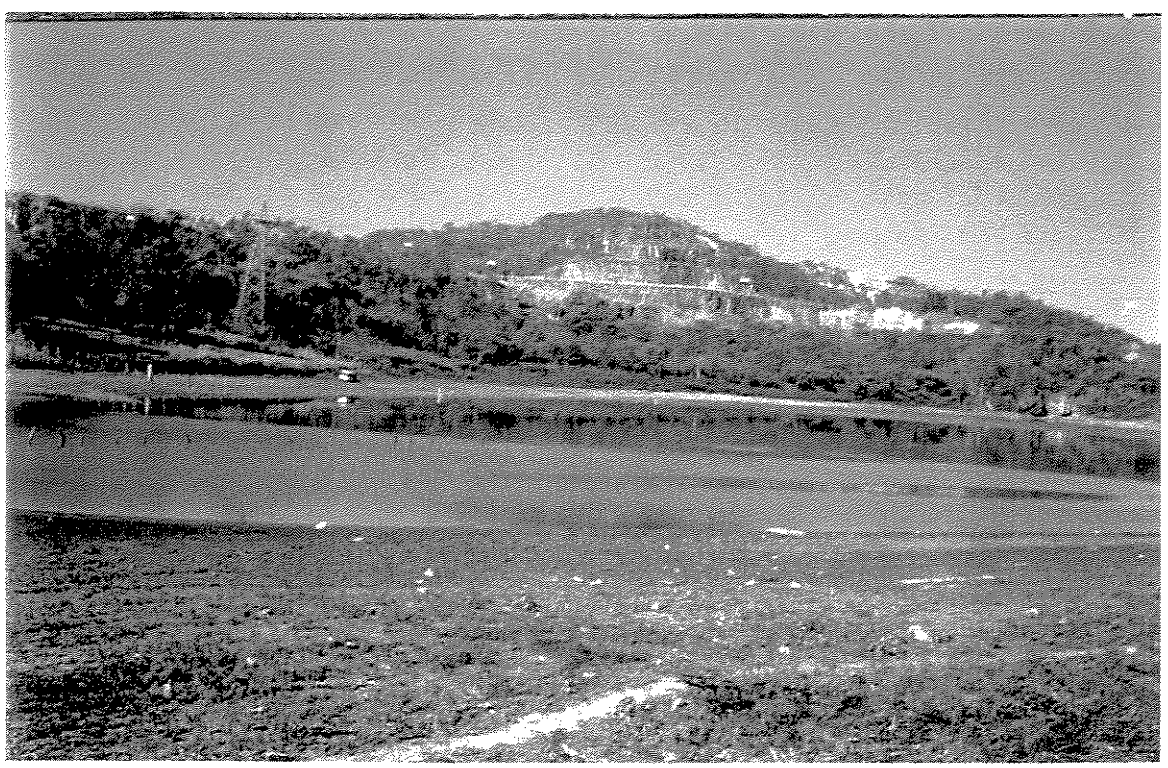
Fotografia A.1 – Afloramentos calcários da Gruta do Baú – Pedro Leopoldo, MG





Fotografia A.2 – Lagoa de Santo Antônio – Pedro Leopoldo, MG





Fotografia A.3 – Soeicom – Vespasiano, MG



Vista da fábrica



Vista da cidade de Vespasiano

Fotografia A.4 – Camargo Corrêa Cimentos – Pedro Leopoldo, MG



Vista da fábrica e seu entorno



Av. Juventino Dias, em frente à fábrica de cimento, na região central

Fotografia A.5 – Brasil Beton – Matozinhos, MG



Vista da fábrica

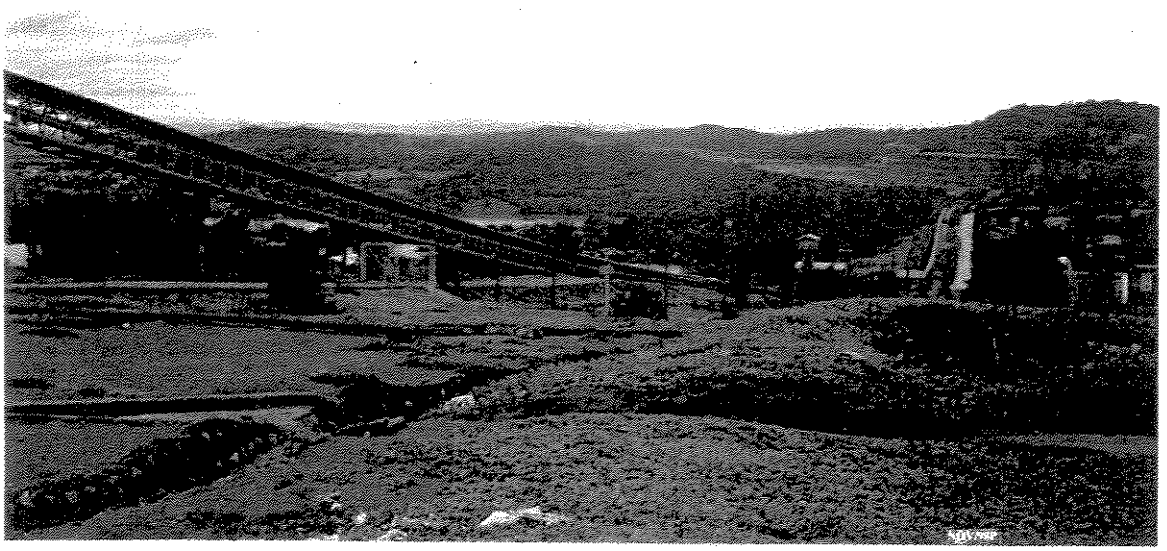


Vista do centro urbano de Matozinhos

Fotografia A.6 – Holcim Brasil – Pedro Leopoldo, MG



Vista da fábrica



Vista da correia transportadora

Fotografia A.7 – Holcim Brasil: acondicionamento de resíduos



Resíduos acondicionados em *big-bags*

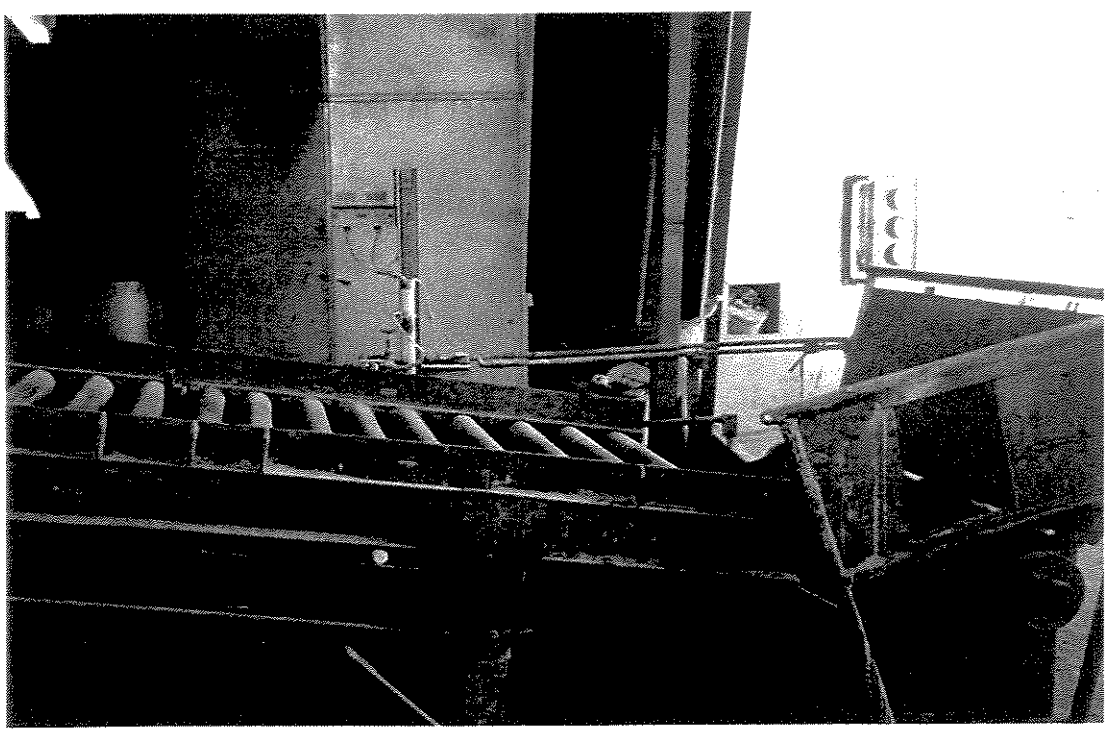


Resíduos acondicionados em tambores metálicos

Fotografia A.8 – Holcim Brasil: sistema de alimentação de resíduos



Sistema de alimentação de resíduos sólidos



Sistema de alimentação de pneus

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Promotoria de Justiça de Defesa do Meio Ambiente, do Patrimônio Histórico e Cultural, e de Habitação e Urbanismo da Comarca de Pedro Leopoldo

Ofício: 169/2002
Assunto: Requisição (faz)

Pedro Leopoldo, 06 de junho de 2002.

Senhor Coordenador,

O ***MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS,*** *por sua Promotora de Justiça que este subscreve, no uso de suas atribuições legais e com fulcro no art. 129, VI, Constituição Federal; art. 120, V, Constituição Estadual; art. 26, I, "b" da Lei 8.625/93 e art. 74, VIII, da Lei Complementar Estadual nº 34/94,* ***REQUISITA*** *a V. Sa. a remessa,* ***no prazo de 10 (dez) dias****, de informações circunstanciadas sobre os danos causados pelos tremores de terra no Município de Pedro Leopoldo, as providências já adotadas pelos órgãos públicos, e a realização de estudos técnicos e perícias.*

Sendo só para o momento, renova-lhe protestos de consideração e respeito.

Atenciosamente,

Miriam Queiroz Lacerda Costa
Promotora de Justiça

Ilmo. Sr.
Major Clério Alves Fonseca
DD. Coordenador da Defesa Civil de Pedro Leopoldo
PEDRO LEOPOLDO/MG

IO/MG

MOD. MP - 4

RELATÓRIO PRELIMINAR DE VISTORIA

ASSUNTO: Abalos Sísmicos nas localidades de Pedro Leopoldo, Matozinhos e Mocambeiro.

1. INTRODUÇÃO

Com base no relato da Coordenadoria Municipal de Defesa civil de Pedro Leopoldo, constante no oficio nº 004/2002 daquele órgão e pelas notícias veiculadas pela mídia, sentimos a necessidade de fazer um acompanhamento mais próximo dos fenômenos descritos como "Tremores de Terra", visando evitar o pânico e insegurança da população, especulações e boataria, orientar as comunidades mais próximas do epicentro, bem como estabelecer uma metodologia de pesquisa que possibilite elucidar as causas ou fatores provocadores dos abalos sísmicos.

2. FATOS RELATADOS PELA POPULAÇÃO

Segundo dados obtidos em entrevistas com moradores do Bairro Lagoa de Santo Antônio, Município de Pedro Leopoldo, ocorreram quatro tremores nos últimos dias. Na sexta-feira, dia 30 de abril, foram sentidos dois abalos sísmicos, sendo um deles acompanhado de um forte estrondo, fato este ocorrido durante a madrugada, por volta das 03:00 horas.

O mais forte dos abalos foi sentido na madrugada do dia 06 de maio, segunda-feira, também por volta das 03:00 horas, seguido de forte estrondo. Os moradores descrevem que as camas balançavam, as janelas vibravam os vidros e algumas casas apresentaram rachaduras verticais em paredes.

Os mesmos fenômenos foram percebidos nas localidades de Matozinhos e Mocambeiro, vizinhas de Pedro Leopoldo. As descrições dos moradores são semelhantes às anteriormente descritas, porém com menor intensidade.

3. FATOS OBSERVADOS PELA EQUIPE DA CEDEC

Nas visitas levadas à efeito nos Bairros Centro e Lagoa de Santo Antônio no município de Pedro Leopoldo percebemos a apreensão e angústia dos populares. O assunto tratado em todos os pontos de comércio (bares, padarias, etc), girava em torno dos abalos sísmicos.

Os moradores mais antigos relataram a ocorrência de outros abalos a cerca de quinze anos atrás, semelhantes aos atuais. Outro aspecto importante percebido é que o clima de tensão tem provocado o surgimento das mais diferentes versões e explicações por parte dos "cientistas populares", ou seja, boatos e uma profunda necessidade de superdimensionar os episódios.

Durante as visitas e levantamentos para averiguar os danos estruturais nos imóveis, verificamos que parte dos danos apontados pelos moradores nada tinham a ver com os abalos. Decorriam de erros estruturais, umidade excessiva (infiltrações), falta de conservação e manutenção das moradias, dentre outras.

Poucas foram as rachaduras verticais que aparentavam características de serem recentes e decorrentes de possível acomodação da estrutura.

4. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DOS ABALOS SÍSMICOS

A Região de Pedro Leopoldo é formada por grandes reservas subterrâneas de calcário, sendo também a segunda área do Brasil em concentração de cavernas. Existem mais de 200 (duzentas) cavernas catalogadas naquela região.

Existem registros de abalos sísmicos ocorridos em 29 de outubro de 1986 e nos anos 1998 e 1999. Não localizamos, pelo menos até o presente momento, um estudo mais detalhado sobre o comportamento geofísico daquela região. Em levantamentos que estamos fazendo, recebemos a informação que o Sr Antônio Carlos Fosculi Neri, Engenheiro Geólogo, responsável pelo Projeto de Solo do Aeroporto Internacional de Confins,

desenvolveu um excelente estudo sobre o comportamento geofísico da Região. Estamos em via de contactá-lo para termos acesso ao mencionado estudo.

5. MEDIDAS ADOTADAS

Inicialmente contactamos com o Observatório Sismológico da Universidade de Brasília, solicitando as informações registradas por aquele observatório concernentes aos abalos ocorridos nos dias 30 de abril e 06 de maio.

O Relatório enviado pelo Professor Lucas Vieira Barros, Chefe do Observatório, indica que o sismógrafo situado em Carmo do Cajuru/MG, pertencente à CEMIG, registrou dois abalos no dia 30 de abril, sendo que o maior deles atingiu 2,7 pontos de escala Richter, às 03:19 horas. Outro abalo foi registrado no dia 06 de maio, às 03:12 horas, atingindo 3,0 pontos da escala Richter.

O abalo do dia 06 de maio foi forte o suficiente para ser capitado pelos sismógrafos do Observatório Sismológico da Universidade de Brasília, cujos os equipamentos de detecção encontram-se no interior do Parque Nacional de Brasília, distantes 620 Km do Epicentro.

Com base nos dados coletados, estamos preparando uma operação para o dia 10 de maio, sexta-feira, utilizando aproximadamente 60 pessoas entre militares, voluntários da CEDEC e técnicos para aplicação dos "Questionários Sísmicos" aos populares em diversos pontos das localidades afetadas pelos abalos. A partir dos dados coletados nos questionários poderemos estabelecer o raio do abalo, Epicentro e a população exposta, dentre outros.

Agendamos para o dia 14 de maio, às 15:30 horas uma reunião com os representantes de todas as mineradoras e empresas que fazem extração de produtos do solo (britadeiras, etc), no Gabinete do Prefeito Municipal de Pedro Leopoldo. A reunião terá como objetivo coletar informações sobre a rotina de operações de extração, explosões, volume retirado, etc.

Ainda no dia 10 de maio, às 19:30 horas iremos nos reunir com os moradores do Bairro Lagoa de Santo Antônio para uma exposição da CEDEC com intuito de informá-los e orientá-los, evitando-se a boataria e a insegurança.

Já estabelecemos contato com a SETOP, FEAM, IGAM , CEFET e UFMG, acionando os profissionais de Geologia, Hidrologia e Geofísica para montarmos uma equipe de trabalho que elucide as causas dos abalos e indique as medidas saneadoras possíveis de serem adotadas.

6. EQUIPE DE VISTORIA

- *Cláudio Vinício Serra Teixeira, Major BM – CEDEC*
- *Clélio Alves Fonseca, Major PM – COMDEC PL*
- *Jader Fernandes Reis, 1º Sgt PM – CEDEC*
- *José Flávio de Campos, Geólogo – DER/MG*
- *Luciane Aparecida de Lima Soares, Assistente Social – Voluntária da CEDEC*
- *Aloísio Pereira Marques, Voluntário da CEDEC*

Belo Horizonte, 07 de maio de 2002.

CLAÚDIO VINÍCIO SERRA TEIXEIRA, MAJ BM
Chefe da Equipe

SAÚDE LANÇA CAMPANHA PARA EVITAR SURTO DE DENGUE EM 99

Secretários estadual e municipal de Saúde lançaram ontem a "Semana Estadual de Luta Contra a Dengue" e prometeram um plano rigoroso de combate ao *Aedes*

PÁGINA 3

SUSTO

Terra volta a tremer em Pedro Leopoldo

MARCOS MICHELIN



A dona-de-casa Selma Aparecida de Sales mostra vidro da janela de sua casa que caiu após o tremor de terra de 2,9 na Escala Richter registrado em Pedro Leopoldo na madrugada de ontem

Em menos de três dias, cidade tem dois abalos sísmicos de 2.6 e 2.9 na Escala Richter; população está assustada

TATIANA DRUMOND
SUCURSAL DE BRASÍLIA

Outro tremor de terra assustou a população de Pedro Leopoldo (Grande BH) na madrugada de ontem, às 0h36. O abalo sísmico atingiu também a cidade de Matozinhos (51 km de BH). Esse foi o segundo tremor de terra registrado em Pedro Leopoldo em menos de três dias. Na noite do último sábado, a cidade sofreu um abalo sísmico com magnitude de 2,6 na escala Richter. O de ontem foi um pouco maior, com uma magnitude de 2,9.

Os dados são do Observatório Sismológico de Brasília, vinculado à UnB (Universidade de Brasília), que mede a intensidade de tremores em todo o país e registrou os dois abalos ocorridos em Pedro Leopoldo. Segundo o professor José Eduardo Soares, a magnitude do tremor de ontem pode acordar pessoas, vibrar louças e rachar paredes. "O abalo registrado em Pedro Leopoldo não causa maiores danos à população pois é considerado um microtremor", afirmou. Ele disse que não dá para prever se haverá outros abalos sísmicos na região.

O Observatório Sismológico de Brasília não registrou a duração dos tremores e vai consultar os sensores instalados nos reservatórios da Cemig nas cidades de Carmo do Cajuru, Nova Ponte e Machado Mineiro para complementar suas informações.

Segundo o professor Soares, há três causas possíveis para o tremor. Duas delas são naturais. Pedro Leopoldo está localizado em uma região calcária e existem muitas grutas na região que podem gerar deslocamentos de terra e desabamentos. Também pode ter ocorrido um movimento tectônico, ou seja, falhas na crosta terrestre que, ao se acomodarem, provocam

A dona-de-casa Selma Aparecida de Sales mostra vidro da janela de sua casa que caiu após o tremor de terra de 2.9 na Escala Richter registrado em Pedro Leopoldo na madrugada de ontem

Causas serão conhecidas com sismógrafo

CHRISTIANE SAMPAIO
ESPECIAL PARA O TEMPO

Para identificar com exatidão as causas dos tremores em Pedro Leopoldo é imprescindível a instalação de um sismógrafo – instrumento que registra a medida a intensidade dos abalos – no bairro Lagoa de Santo Antônio, disse ontem o chefe do Observatório Sismológico de Brasília, Lucas Vieira Barros. Ele afirmou que o aparelho do Parque Nacional de Brasília não tem condições de registrar com precisão todos os tremores, já que capta apenas aqueles com magnitude superior a dois na escala Richter.

Segundo Barros, só será possível estudar de maneira sistemática o tremor e suas possíveis causas após a instalação do sismógrafo, que será feita caso a Prefeitura de Pedro Leopoldo assine um convênio com o observatório. Barros afirmou que a prefeitura ainda não buscou informações sobre uma possível intervenção no local para análise e conhecimento preciso sobre as origens dos sismos.

O secretário de Obras de Pedro Leopoldo, Mário Venceslau, disse que, provavelmente, os tremores foram produzidos por "acomodação de terra na região calcária" da cidade. "Foi mais um susto. A população ficou apavorada, mas não houve nenhum incidente. A Defesa Civil nem foi acionada", declarou. O bairro Lagoa de Santo Antônio tem uma população de 12 mil habitantes e fica a 5 km do centro da cidade.

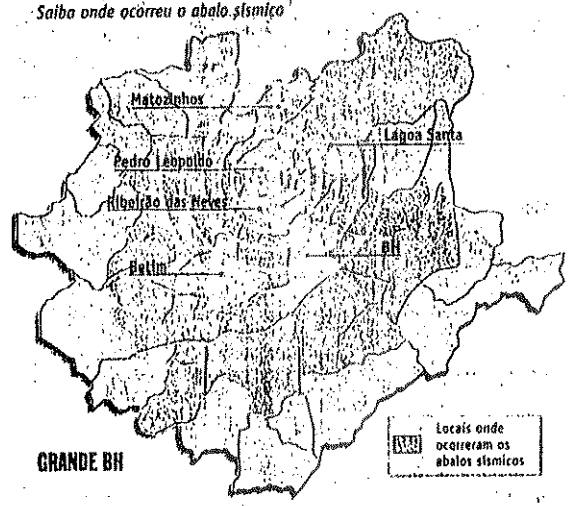
O chefe da Divisão de Meio Ambiente da prefeitura, Jair Afonso de Carvalho, também afirmou que não houve incidentes no local. Carvalho disse que procurou o Observatório Sismológico de Brasília apenas para se informar sobre a magnitude do sismo.

Carmo do Cajuru

A Estação Sismográfica da Cemig em Carmo do Cajuru (135 km de BH) registrou dois abalos sísmicos às 19h07 e à 0h13 de domingo. Segundo Gilson Furtado, chefe do Departamento de Manutenção de Estruturas Civis de Geração, a Cemig não tem como analisar a magnitude do sismo. "Nós apenas colhemos os dados e repassamos para Brasília". O Observatório Sismológico de Brasília, entretanto, não teve acesso aos dados da estação da Cemig até o fim da tarde de ontem porque os computadores da universidade estavam com problemas.

TREMOR EM MINAS

Saiba onde ocorreu o abalo sísmico



VEJA OS TREMORES JÁ REGISTRADOS NA GRANDE BH

Local	Ano	Magnitude*
PEDRO LEOPOLDO	1986	1.9
LAGOA SANTA	1987	3.3
RIBEIRÃO DAS NEVES	1992	3.0
BETIM	1994 e 1995	2.6

FONTE: OBSERVATÓRIO SISMOLÓGICO DE BRASÍLIA

Medição deve ser prolongada, diz geógrafa

A geógrafa Teresinha Assis, que fez parte da equipe que estudou os microtremores que ocorreram na região de Betim em 1994 e 1995, explica que, para se chegar a uma "hipótese real" sobre a causa de um sismo, é necessário não só a instalação do sismógrafo no local como também da realização de medições prolongadas.

Para concluir que os tremores de Betim não causavam risco à população local, uma equipe multidisciplinar estudou por quatro anos o terreno. Para se conhecer a causa de um sismo, o primeiro desafio é descobrir o epicentro, isto é, a origem do movimento no interior da terra, o que provocou o tremor e por onde este se locomoveu.

Segundo Teresinha Assis, a quantidade de informações na área de sismologia no Brasil é pequena devido a pouca freqüência do fenômeno no país. "Aqui os tremores assustam mais do que as enchentes pela desinformação e, não, pelos estragos que causam".

Assis, ela diz que, para medir precisamente o sismo, os técnicos procuram se informar antes sobre os horários de explosão das pedreiras mais próximas, que podem interferir nos dados usados na análise.

O chefe do Observatório Sismológico de Brasília, Lucas Vieira de Barros, afirmou que os tremores detectados em Brasília podem ter sido, inclusive, resultado de explosões provocadas pelas pedreiras que atuam na região. (CS)

Explosões já provocavam rachaduras

O presidente da Associação de Moradores do Bairro Lagoa Santo Antônio, José Geraldo Pereira, 44, disse acreditar que os tremores são um fenômeno inexplicável e que estão aumentando ainda mais as rachaduras nas casas. "Rachaduras sempre tivemos devidos as explosões provocadas por cinco mineradoras que exploram calcário na região: a Ciminas, Fazenda dos Borges, Cauaia, Lapa Vermelha e Fina Cau. Mas agora, mesmo quando não há explosões, tudo está tremendo", disse. A Cauê, que fica a menos de 2 km do bairro, está desativada há quase um ano, disse ele.

Ontem pela manhã, Pereira esteve reunido com o prefeito de Pedro Leopoldo, Ademir Gonçalves. Segundo ele, o prefeito garantiu que vai contratar um geólogo da Ciminas para analisar a causa dos tremores. O prefeito foi procurado em sua casa, ontem à noite, e não foi localizado pela reportagem.

No sábado passado, segundo José Geraldo Pereira, os tremores assustaram também os moradores dos bairros Santa Maria, Adélia Issa e o povoado de Mucumbeiro, distrito de Matozinhos.

Para a dona-de-casa Raimunda Pereira, 68, os tremores são como se algo estivesse mexendo debaixo da terra. "Se continuar desse jeito, a minha casa não vai aguentar. Quando treme a gente escuta um estrondo esquisito, como se fosse um trovão", disse. Na casa de Selma Aparecida de Sales, 32, os vidros se soltaram das janelas na madrugada de ontem. "Agora somos nós que trememos de medo", disse. (PF)

deslocamento de terra. Mas ele não descarta a hipótese do abalo ter sido causado por alguma explosão de pedreiras locais. "Para descobrir a causa dos tremores, o melhor seria instalarmos um sensor na região, mas esse trabalho teria de ser feito em conjunto com a prefeitura local pois há problemas de custo para a execução desse tipo de pesquisa", disse Soares.

Em 1986, outro tremor de terra foi registrado pela UnB em Pedro Leopoldo, mas foi menor que o verificado ontem. Segundo o professor Soares, não há registros no instituto de abalos sísmicos com grande intensidade na Grande BH.

Nos últimos 11 anos, três cidades da Grande BH foram atingidas por tremores, mas não tiveram prejuízos (veja quadro). Em 1987, foi registrado um abalo sísmico em Lagoa Santa, localizada em uma região com muitas grutas e cavernas. Em 1992 o tremor ocorreu em Ribeirão das Neves. Em 1994 e 1995, foram registrados abalos em Betim, provavelmente causados por movimentos tectônicos, disse o professor.

Nos últimos anos, o maior abalo sísmico registrado no Brasil foi na cidade de João Câmara (RN), que atingiu uma magnitude de 5.1 na escala Richter. O abalo causou o desmoronamento de casas e de uma igreja da cidade.

O assessor de imprensa da UFMG, João Bosco Jardim, disse que a responsabilidade por fazer qualquer estudo sobre o abalo sísmico em Pedro Leopoldo é do Instituto de Geociências e, não, da reitoria.

Moradores se assustam e pensam em abandonar as casas

PEDRO FERREIRA
REPÓRTER

Os moradores do bairro Lagoa de Santo Antônio, em Pedro Leopoldo, estão aterrorizados com os tremores de terra que vêm sendo registrados na cidade desde o último sábado. Na maioria das casas, as rachaduras tomaram conta das paredes e há risco de desabamentos. A dona-de-casa Maria Miguel Anacleto, 54, já pensa em abandonar sua residência diante da ameaça dela cair. As rachaduras são profundas e as paredes estão sendo amarradas com arames. Sua neta Dayane, 10, desmaiou de medo na madrugada de ontem, quando às 0h30 foi registrado o maior abalo sísmico dos últimos dias. No sábado um outro tremor de terra espalhou pânico pelo bairro.

A comerciante Vanda dos Santos, 28, disse que, na noite de sábado, estava na cozinha preparando o jantar quando tudo começou a tremer em sua volta. "As panelas começaram a cair da prateleira. Meus três filhos começaram a gritar desesperados. Corremos para a rua porque parecia que a casa ia cair em cima da gente", disse. Na madrugada de ontem, Vanda disse que estava dormindo quando acordou com sua cama balançando. "Parecia até um filme de terror. Minha cama tremia igual à do filme O Exorcista", afirmou.

Os tremores também foram sentidos em Mucambinho, distrito de Matozinhos, cidade vizinha a Pedro Leopoldo. O policial civil Antônio Paulo Matous, 33, disse que andava numa rua e sentiu a terra tremer debaixo de seus pés. As crianças também estão assustadas. Emerson Cláudio Sales, 9, disse que dormia no sofá do sua casa, na madrugada de ontem, e os tremores o jogaram no chão.

Jornal Observador
Ano X Nº 310 - Pedro Leopoldo 10 de maio de 2002

Terra volta a tremer na Lagoa

Dois abalos sísmicos em menos de 10 dias assustam o bairro Lagoa de Santo Antônio e preocupam autoridades

Pedro Leopoldo acordou assustada nas madrugadas dos dias 30 de abril e 6 de maio, quando por volta das 3:30 horas da manhã, moradores do bairro Lagoa de Santo Antônio saltaram das camas atônitos ouvindo estrondos e percebendo vibrações nas casas.

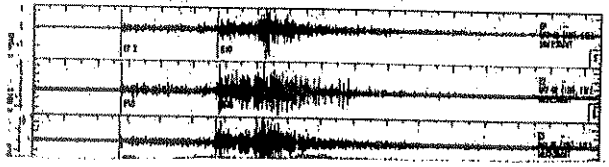
Os relatos são variados. Paredes e chão tremendo, estantes balançando, pequenos objetos caindo de prateleiras, alguns vidros de janela partindo e trincas em paredes. A percepção do fenômeno também é registrada de maneira diversa.

"Deu um estrondo e depois a Terra fica tremendo. É um "zuado" ruim. Os cachorros ficam uivando. O trem é feio mesmo", recorda Naide Nepomuceno Souza Alcântara, 4 filhos, residente há 26 anos à rua José Augusto, 67, em Lagoa de Santo Antônio, um dos maiores bairros de Pedro Leopoldo, distrestre denominado foco ou hipocentro (cuja projeção na superfície da Terra é o epicentro). A partir então desse ponto é que se propagam as ondas.

Naquele mesmo dia, sete minutos depois, novo sismo foi percebido pelos moradores, mas não foi acusado pelo Observatório de Brasília. Entretanto, uma outra unidade de observação sismológica, em uma Estação da Cemig em Carmo do Cajuru, cidade próxima a Divinópolis, oeste de Minas Gerais, acusou este segundo sismo.

A intensidade do primeiro foi de 2,9 na Escala Richter (veja explicação no quadro ao lado) e a segunda atingiu apenas 2,7pontos na mesma escala.

A cidade ainda comentava os tremores ocorridos em Lagoa de Santo Antônio, um dos maiores bairros de Pedro Leopoldo,



Observatório Sismológico (SIS) da Universidade de Brasília (UnB), cujas estações estão localizadas no interior do Parque Nacional de Brasília, situadas a cerca de 620 km do epicentro", explica o professor Lucas.

Preocupação

Mesmo embora seja considerado como um pequeno tremor, as autoridades em Pedro Leopoldo estão preocupadas.

O coordenador Municipal de Defesa Civil, major PM Clélio Alves Fonseca encaminhou um ofício no dia 30 de abril ao coordenador Estadual da Defesa Civil, tenente coronel PM, James Ferreira dos Santos relatando a ocorrência dos tremores, chamando a atenção para a existência de extração no município de pedra calcárea para indústria cimenteira e pedindo estudo e avaliação detalhada do fenômeno por órgãos especializados.

A Defesa Civil esteve em Pedro Leopoldo no fim da tarde do dia 6, quando ocorreu o segundo tremor e vistoriou o bair-

Foto Observador



A tranqüilidade da Lagoa tem sido abalada por freqüentes tremores

Gabriel.

Ele assegurou também que

Saiba Mais

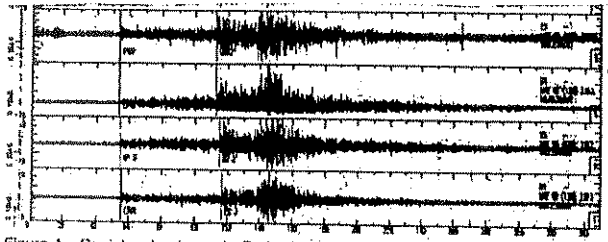


Figura 1 - Registro do sismo de Pedro Leopoldo/MG, de 06/05/02, às 6:12 h, feito pelas estações do Arranjo Sismográfico de Brasília, localizadas a cerca de 620 km da região epicentral. As estações estão localizadas no interior do Parque Nacional de Brasília, separadas por uma distância de 2,6 km. Na horizontal está o tempo, em segundos, e na vertical estão as amplitudes das ondas sísmicas.

to Antônio. Ela percebeu que no dia 6 uma pequena trinca em uma parede de sua casa havia aumentado significativamente.

Um vizinho seu não escutou o estrondo naquela madrugada, mas percebeu o abalo. "Não ouvi explosão, mas senti que a Terra tremeu. No dia 6 o tremor foi mais forte e mais rápido", recorda Carlos Roberto da Silva, 41 anos, pedreiro, residente no número 71, da rua José Augusto.

De fato, o que a população vem relatando também já foi percebido e registrado cientificamente. Segundo o professor Lucas Vieira Barros, chefe do Observatório Sismológico da Universidade de Brasília, na madrugada do dia 30 de abril deste ano, aconteceram dois sismos sendo que o primeiro, ocorrido às 3:19 hora local, foi percebido e registrado pelo próprio Observatório em Brasília (DF) com uma magnitude de 2,9 na escala Richter.

Sismo significa movimento brusco ou abalo da crosta terrestre, produzido a uma certa profundidade. Ele inicia em um ponto no interior da crosta ter- com grande concentração populacional, quando novamente pela madrugada, agora no dia 6 de maio, às 03:12 horas local, novo tremor assustou moradores, rachou paredes e trincou caixa d'água. Ele atingiu 3,0 pontos na Escala Richter.

Estes tremores não são recentes em Pedro Leopoldo. "Em 29 de outúbro de 1986 ocorreu o primeiro sismo de que se tem notícia na região. Nos anos de 1998 e 1999, outros sismos aconteceram. Entretanto, todos de baixa magnitude, menor ou igual a 3,0. Tremores de terra nessa faixa de magnitude não chegam a provocar danos na superfície da Terra. São sentidos em um raio de aproximadamente 10 km do epicentro. Isto se forem rasos, como é o caso dos sismos de Pedro Leopoldo, fato esse corroborado por estrondos, cujos efeitos sonoros podem assustar, às vezes, mais do que os efeitos mecânicos das ondas sísmicas geradas a partir do epicentro.

O sismo do dia 6, embora de baixa magnitude, foi grande o suficiente para ser registrado pelo Arranjo Sismográfico do ro Lagoa de Santo Antônio.

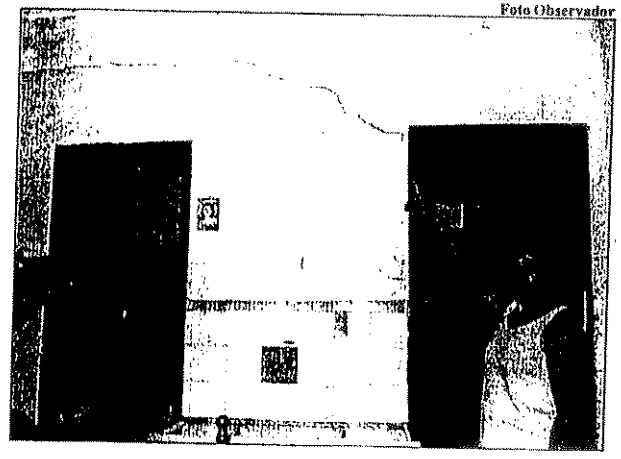
Segundo apurou o jornal **OBSERVADOR**, através de uma fonte ligada ao Prefeito, vai ocorrer na próxima semana uma reunião na Prefeitura Municipal onde serão convocadas Holcim(Ciminas), Camargo Corrêa (Cauê), Mineração dos Borges e Lapa Vermelha para explicarem como elas estão realizando explosões no município e se os procedimentos das mesmas encontram-se dentro das normas recomendadas.

O **OBSERVADOR** ouviu o empresário Gabriel Sales, da Mineração Fazenda dos Borges. Ele disse que o município não faz nenhum controle dessas explosões, fato confirmado pelo chefe da Defesa Civil. "O que existe é uma licença ambiental e uma autorização do Exército Brasileiro para realizar estas explosões necessárias à extração de pedra calcárea", afirmou as empresas do município executam um monitoramento contínuo dessas explosões onde são observados e analisados parâmetros de vibração. "Na Mineração Fazenda dos Borges fizemos este monitoramento há um ano e para você ter uma idéia nossas explosões não foram detectadas pelos sensores em nenhum ponto próximo à cidade.

Estamos dentro dos limites permitidos. As explosões em Pedro Leopoldo, 90% delas, acontecem entre 11 e 12 horas. Algumas no final da tarde. Já os tremores só são de madrugada. Estes abalos não têm nada a ver com as mineradoras", esclareceu Gabriel.

Na próxima semana o jornal **OBSERVADOR** irá acompanhar a reunião da Defesa Civil, Prefeitura e empresas mineradoras. Os pontos principais da reunião e o posicionamento da Defesa Civil serão publicados na próxima edição.

Foto Observador



Naides está preocupada com as trincas em sua casa

Terremoto

Chama-se terremoto, tremor de terra, sismo ou abalo sísmico a toda movimentação da crosta terrestre devida a causas naturais originárias de vulcanismos ou tectonismo que gera ondas elásticas. A passagem dessas ondas sísmicas pode provocar violentos movimentos na superfície da Terra.

Por que a Terra Treme?

A vibração da Terra se produz, na verdade, devido à rápida liberação de energia, que irradia em todas as direções a partir de uma fonte, na forma de ondas análogas àquelas produzidas quando se joga uma pedra num lago tranqüilo. A fonte, ou o ponto no interior da crosta em que ocorre a primeira liberação de energia elástica de um terremoto, chama-se foco, centro ou hipocentro. O local situado na superfície da Terra, acima do foco, é chamado epicentro.

Origem dos Terremotos

A origem e a distribuição geográfica da maior parte dos terremotos se explicam com base na teoria da tectônica de placas, segundo a qual a superfície da Terra se compõe de várias placas grandes e rígidas que se movem em relação umas às outras e interagem nos pontos de contato.

Como se Mede

A localização dos terremotos é dada por um aparelho denominado sismógrafo, que registra a oscilação do solo provocada por ondas sísmicas que viajam desde de sua origem através da Terra ou ao longo da superfície.

Escala Richter

Geralmente se mede um terremoto pela escala Richter, criada em 1935, por Charles Francis Richter, do Instituto de Tecnologia da Califórnia. Trata-se de uma escala logarítmica baseada em registros sismográficos de amplitudes de ondas sísmicas. A escala se organiza de tal modo que cada aumento de uma unidade representa um aumento de dez vezes na magnitude de um terremoto. Um terremoto de magnitude 8 na escala Richter, por exemplo, é dez mil vezes maior do que um de magnitude 4. Enquanto este último pode provocar apenas danos leves, o primeiro constitui um evento sísmico de proporções devastadoras.

Em geral, de magnitudes próximas de 8,6, na escala Richter, os maiores terremotos já registrados liberam energia equivalente à explosão de um bilhão de toneladas de trinitroglicerina (TNT). No extremo oposto, terremotos de magnitudes inferior a 2,5 na escala Richter, em geral não são perceptíveis por seres humanos e só podem ser medidos pelo sismógrafo.

SUSTO

Tremor assusta morador de Pedro Leopoldo

Abalo sísmico atingiu bairro Lagoa de Santo Antônio e teve duração de três segundos; esse foi o terceiro nos últimos 45 dias

ISABELLA TAVARES
REPÓRTER

Um tremor de terra, com duração de três segundos, deixou os moradores do bairro Lagoa de Santo Antônio, em Pedro Leopoldo, Grande Belo Horizonte assustados na noite de anteontem. A região é cercada por pedreiras da Cimlinas, Cimentos Cauê e Mineração Lapa Vermelha, três empresas que executam explosões no local diariamente. Segundo os moradores, o tremor aconteceu por volta das 21h30 minutos, fora do horário das explosões habituais.

"O que aconteceu foi muito mais forte do que os tremores causados pelas explosões a que estamos acostumados. Era como se o tremor caminhasse de um lado para outro", declarou Antônio Sérgio de Carvalho, morador. Ele disse que, em menos de 45 dias, outros três já aconteceram.

Maria Catarina Pereira de Amorim, secretária da associação de moradores do bairro Lagoa Santo Antônio, contou que estava em casa na hora do tremor, quando percebeu que a cadeira onde apoiava os pés se arrastou pela sala. "Foi um susto muito grande. Achei que a casa fosse cair." De acordo com o coordenador da Defesa Civil de Pedro Leopoldo, o major Clélio Alves Ponseca, a região tem o subsolo formado por grutas calcárias, pelas quais correm vários lençóis d'água. O bairro também não tem rede esgoto e os moradores são obrigados a escavarem fossas no local.

Para o major Clélio, os tremores podem ser uma influência da ação das pedreiras e das perfurações. Mas, pelas características geológicas do local, disse, não pode ser descartada a possibilidade de os fenômenos terem causas naturais. Ele afirmou que, até hoje, não foram feitos estudos sobre a região, mas que está encaminhando ofício à Cedec (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil) para que especialistas da UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) analisem o caso.

Embora o Instituto Sismográfico da Universidade de Brasília, responsável pela notificação de abalos, mantenha seus sismógrafos funcionando durante os finais de semana, ontem ninguém foi encontrado no local para confirmar a ocorrência e a intensidade do tremor ocorrido em Pedro Leopoldo.

Frequência e intensidade de sismos têm aumentado

Os moradores do bairro Lagoa de Santo Antônio estão preocupados com as atividades das pedreiras que atuam na região. Segundo Maria Catarina Amorim, os tremores ocorridos fora dos horários das explosões diárias têm se tornado mais intensos e mais constantes depois que as empresas vêm intensificando as ações.

Há três anos, uma das explosões das pedreiras causou um desabamento de rochas que entupiu o escoadouro da Lagoa Santo Antônio, fechando a passagem subterrânea de água para outra lagoa localizada no município de Fidalgo. Depois, o nível da lagoa subiu inundando 19 casas às suas margens. Também ficaram submersas a estrada que liga o bairro à Fidalgo e a rua Progresso.

Maria Catarina contou que, na época, a pedreira contratou uma equipe de especialistas da empresa alemã Brant para fazer estudos na região. Depois disso, a pedreira resolveu indenizar as famílias. Mas, afirmou, o laudo da pesquisa nunca foi divulgado aos moradores, e as indenizações estão sendo pagas pela prefeitura.

"A associação de moradores tomou suas providências e a prefeitura está negociando as indenizações, mas as que já foram pagas têm um valor menor do que o das casas que ficaram desabitadas", disse. Além disso, as explosões diárias provocam a destruição paulatina das residências. Muitas estão com rachaduras nas paredes e com os vidros das janelas quebrados. (IT)

FOTOS PEDRO GRAFF



A moradora Maria Catarina Amorim em frente à sua residência; segundo ela, frequência e intensidade dos abalos têm aumentado



Barraco no bairro Lagoa de Santo Antônio, que está sendo invadido pelas águas da lagoa; com inundação, 19 famílias foram desabrigadas

I PEDRO LEOPOLDO

GOVERNADOR ACIONA OS ÓRGÃOS LIGADOS À DEFESA CIVIL PARA INVESTIGAR FENÔMENO



MARCELO SANT'ANNA

MEDO
Joaquim Raimundo mostra as rachaduras: susto na madrugada

Tremor leva Estado a mobilizar equipe

LUIZ FERNANDO CAMPOS

O governador Itamar Franco (PMDB) determinou, em despacho com o coordenador estadual da Defesa Civil (Cedec), coronel Rúbio Paulino Coelho, que todos os órgãos integrantes da estrutura da Cedec devem dar apoio irrestrito às ações na região de Pedro Leopoldo, a 40 quilômetros de Belo Horizonte. Nos últimos dez dias, três abalos sísmicos balançaram o município e cidades vizinhas, sendo que o último, ocorrido na madrugada de segunda-feira, registrou três pontos na *Escala Richter* – que mede até seis –, conforme relatório do Serviço de Sismologia de Brasília. "Não é uma medida que provoca danos significativos na superfície, mas não sabemos até que ponto isso vai chegar", alerta o coordenador da operação, major Ricardo Cláudio Teixeira. Desde a segunda-feira, uma equipe atua em Pedro Leopoldo e região investigando as causas do fenômeno. Os tremores provocaram rachaduras em algumas casas e medo na população.

Morador do bairro Lago Santo Antônio, em Pedro Leopoldo – onde estaria o epicentro dos abalos –, o pedreiro Joaquim Raimundo Rosa, de 59 anos, acordou por volta de 3h de segunda com um forte estrondo, seguido do tremor. "Levantei assustado, pois ficamos com medo de uma árvore cair. Já foram três vezes, todas no mesmo horário, e a gente acaba se acostumando", relatou. Após o tremor, a estrutura de sua casa sofreu rachaduras próximo ao teto.

O geólogo José Flávio de Campos, técnico do Departamento de Estradas de Rodagem de Minas (DER/MG), explica que o solo da região é predominantemente constituído de calcário, formação propícia aos abalos. "Por ser muito solúvel, qualquer água que infiltre pode ajuda a criar fendas nas rochas. A superfície perde sustentação e tende a se acomodar". O major Teixeira informou que, na sexta-feira, cerca de 60 voluntários da Defesa Civil farão um trabalho de campo com os moradores das cidades de Pedro Leopoldo, Matozinhos e Mocambeiro. Em nome do Cedec, ele convoca estudantes de Geologia e Geografia para ajudar no trabalho com a população.

Ele acrescenta que um estudo de solo será feito por um grupo de especialistas para averiguar as causas dos tremores. A equipe técnica será formada por geólogos, hidrólogos, meteorologistas e profissionais da Cemig, Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam), Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam) e Secretaria Estadual de Obras Públicas, além de consultores do Instituto de Geociências da UFMG. O coordenador da Defesa Civil Municipal, Major Cleiton Alves Fonseca, acredita que as constantes explosões nas pedreiras e mineradoras da região podem estar colaborando para o fenômeno. Uma reunião entre engenheiros das indústrias, prefeito e representantes da Defesa Civil será realizada na próxima segunda-feira, às 15h30, na Prefeitura de Pedro Leopoldo.

Jornal Estado de Minas de 8-5-2002

Camara Municipal de Matozinhos

De: "obsis" <obsis@unb.br>
Para: <camaramtz@camaramtz.com.br>
Enviada em: quinta-feira, 1 de agosto de 2002 17:04
Assunto: ENC:

-----Mensagem original-----
De: obsis [mailto:obsis@unb.br]
Enviada em: quarta-feira, 31 de julho de 2002 14:54
Para: observa1@cyber.pl.com.br
Assunto:

INFORME PRELIMINAR SOBRE O SISMO DE PEDRO LEOPOLDO/MG, DE 30 DE JULHO DE 2002.

Os sismógrafos do Observatório Sismológico (SIS) da Universidade de Brasília (UnB), detectaram no início da madrugada de hoje, 30 de julho de 2002, um abalo sísmico na região de Pedro Leopoldo/MG. O sismo aconteceu às 00h29m e atingiu magnitude de 2,9 (escala Richter). Há informações de que o sismo foi sentido por parte da população, que acordou com o barulho. Os dados macrossísmicos e instrumentais disponíveis indicam uma intensidade sísmica em torno de IV (graus MM).
Esse sismo faz parte de uma sequência sísmica que vem ocorrendo em Pedro Leopoldo, cujos maiores eventos foram detectados em 30 de abril (mR = 2,7) e 06 de maio (mR = 3,0) do presente ano, a qual motivou a instalação de uma estação sismográfica no local em 28/06/2002.
Técnicos do SIS/UnB estão coletando dados adicionais provenientes de outras estações sismográficas, operadas por este departamento em Minas Gerais, para uma melhor caracterização da fonte desse evento.

Prof. Lucas Vieira Barros
Chefe do Observatório Sismológico
Universidade de Brasília

Kate Tomé de Sousa
Observatório Sismológico - UnB
349-4453 - 9631-4959

01/08/2002

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB

OBSERVATÓRIO SISMOLÓGICO - SIS

Informe preliminar sobre sismos em Pedro Leopoldo/MG

A região de Pedro Leopoldo/MG vem sendo, desde a última semana, abalada por pequenos tremores de terra, sentidos inclusive pela população local, em especial no Bairro Lagoa de Santo Antônio. O mais forte desses tremores ocorreu na madrugada de hoje (06/05/02), às 03:12 h (hora local), que alcançou uma magnitude de 3,0 na escala Richter.

No dia 30/04, ocorreram dois outros sismos, o primeiro e o maior deles (magnitude 2,7) ocorreu às 13:19h, seguido de uma réplica sete minutos após, cuja magnitude não foi possível determinar.

Em 29 de outubro de 1986 ocorreu o primeiro sismo de que se tem notícia na região. Nos anos de 1998 e 1999 outros sismos aconteceram. Entretanto, todos de baixa magnitude, menor ou igual a 3,0. Tremores de terra nessa faixa de magnitudes não chegam a provocar danos na superfície da Terra. São sentidos em um raio de aproximadamente 10 km do epicentro. Isto se forem rasos, como é o caso dos sismos de Pedro Leopoldo, fato esse corroborado por estrondos, cujos efeitos sonoros podem assustar, às vezes, mais do que os efeitos mecânicos das ondas sísmicas geradas a partir do epicentro.

O sismo de hoje, embora de baixa magnitude, foi grande o suficiente para ser registrado pelo Arranjo Sismográfico do Observatório Sismológico (SIS) da Universidade de Brasília (UnB), cujas estações estão localizadas no interior do Parque Nacional de Brasília, situadas a cerca de 620 km do epicentro (Fig. 1).

O sismo foi melhor registrado pela Estação Sismográfica de Carmo do Cajuru/MG (CC7), pertencente à CEMIG, cuja operação é de responsabilidade do SIS/UnB, que está localizada a cerca de 100 km de Pedro Leopoldo (Fig. 2). A Figura 3 mostra um mapa parcial do Estado de Minas Gerais, indicando a localização da região epicentral e da Estação CC7.

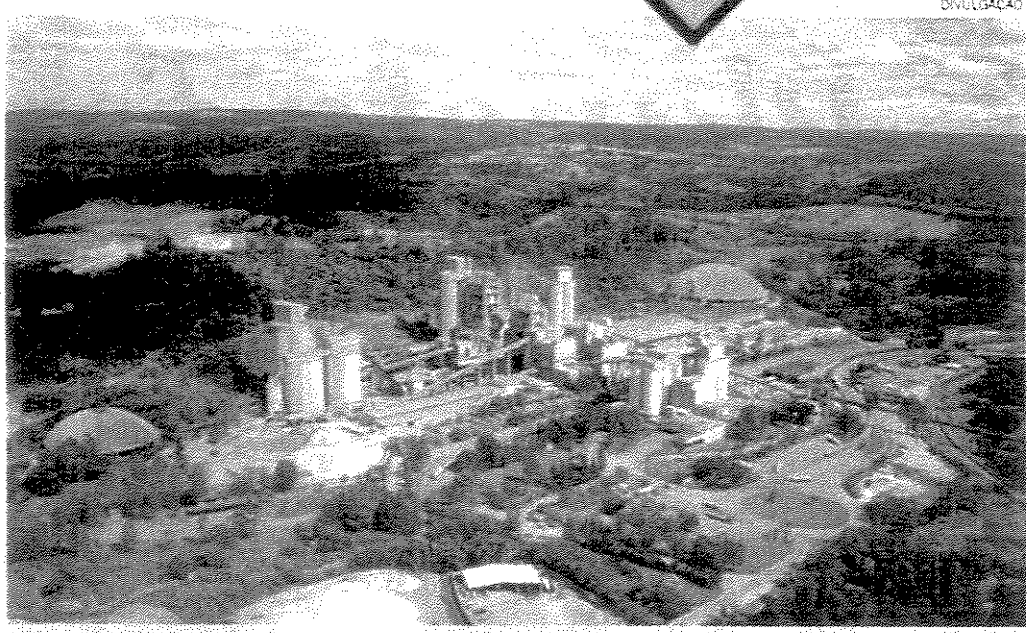
Espera-se que o sismo dessa madrugada seja o maior evento dessa seqüência sísmica, embora não possa ser descartada a possibilidade de ocorrência um sismo maior, apesar de tal possibilidade ser baixa.

Brasília/DF, 6 de maio de 2002

Professor Lucas Vieira Barros

Chefe do Observatório Sismológico

DIVULGAÇÃO



RESOTEC: tecnologia limpa e progresso sustentável em Minas

Uma nova planta cimenteira

Empresa investe US$ 6,5 milhões em combustível alternativo para o setor

Nasce em Minas a primeira planta de blending de resíduos industriais do Brasil, para a sua utilização como combustível alternativo para a indústria de cimento, a ser implementada pela Resotec Química Ambiental. A empresa, que já recebeu a Licença de Instalação (LI) concedida pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam), irá investir US$ 6,5 milhões. A planta será construída em Pedro Leopoldo, na Região Metropolitana de BH, com inauguração prevista para o final deste ano.

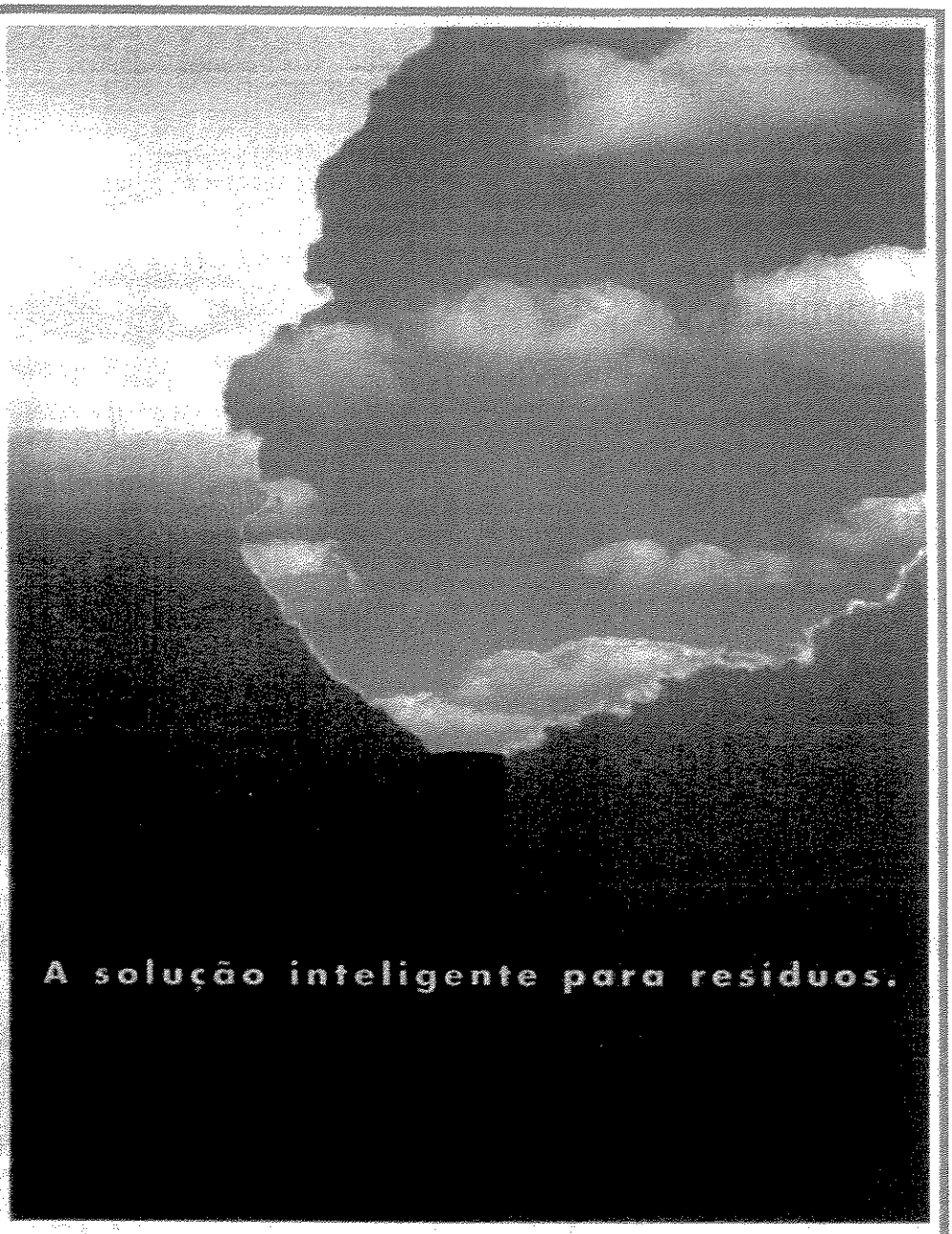
É nessa nova planta que a Resotec irá realizar a operação de pré-selecionamento e balanceamento dos resíduos industriais, os quais formarão o combustível para seu próprio processo produtivo. Pertencente ao Grupo Holdercim, a empresa foi formada para produzir e gerenciar a utilização de combustíveis alternativos para uso no processo de produção da indústria cimenteira, em substituição a parte do combustível tradicional.

"A utilização de resíduos industriais in-natura, tais como pneus, materiais fotográficos, óleos, terra contaminada, resíduos plásticos etc., como combustível alternativo diretamente pelas cimenteiras é possível, por esses materiais possuírem alto poder calorífico. No entanto, como cada resíduo possui poder calorífico diferente e características físicas diversas, o processo de produção de cimento pode ser prejudicado devido à instabilidade causada na operação do forno", explica Marcos José Lourenço Ferreira, gerente-geral da Resotec.

"A empresa, ao contrário, através da nova planta, irá selecionar e controlar esses resíduos, reunindo-os em espécies de pacotes que garantem uniformidade calorífica, além de manter as condições físicas de manuseio e operação constantes", complementa Ferreira.

Adequando-se para oferecer serviço completo aos seus clientes, garantindo a disposição correta dos resíduos em atendimento às exigências mais restritivas da legisalção ambiental brasileira, a Resotec passa a oferecer ao mercado setorizado serviços como: caracterização de resíduos, preparo de planos de controle ambiental, obtenção de licenças junto a órgãos ambientais, pré-tratamento adequado de resíduos, acondicionamento e transporte apropriados, e co-processamento com emissão do respectivo Certificado de Destruição Térmica (CDT).

Jornal Estado de Minas, de 8-2-2001
Caderno Estado Ecológico



A Resotec é líder em serviços de gerenciamento de resíduos industriais. Com sua tecnologia mundialmente reconhecida, ela produz, a partir desses resíduos, combustíveis alternativos para a indústria. Além de economizar recursos naturais, a Resotec dá uma força para o meio ambiente, transformando óleos, borras e outros materiais em fonte de energia. Em fase de expansão, ela estará implantando uma moderna unidade de processamento na cidade de Pedro Leopoldo, em Minas Gerais, para realizar o beneficiamento desses materiais e produzir combustível ecológico. Ligue para (**31) 287-7754 e peça mais informações. Em nome da natureza, a Resotec agradece.

RESOTEC

Jornal Estado de Minas de 8-2-2001