

André Gomes Guimarães

**COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS PERIGOSOS EM UMA
INDÚSTRIA CIMENTEIRA NO BRASIL: A PERCEPÇÃO DOS
TRABALHADORES E ASPECTOS DE SAÚDE OCUPACIONAL**

**Dissertação de Mestrado em
Cidadania Ambiental e Participação
2015**

**Orientadores: Professora Doutora Ana Paula Teixeira Martinho
Professora Doutora Ana Paula Figueira Vaz Fernandes**



DECLARAÇÃO

Declaro que esta dissertação é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia.

O candidato,

Lisboa, 04 de Fevereiro de 2015.

Agradecimentos

Às Professoras Doutoras Ana Paula Teixeira Martinho e Ana Paula Figueira Vaz Fernandes por aceitarem meu pedido de orientação. Minha gratidão não só pelos ensinamentos, generosidade, apoio acadêmico e atenção que dedicaram a mim, mas também pela constante disponibilidade, frente às dificuldades dos fusos horários entre Lisboa-Portugal e Brasil. Meus agradecimentos pela forma cuidadosa e gentil com que me conduziram ao longo deste estudo, de maneira a elaborar um trabalho com rigor científico apropriado. Não esquecerei.

À Cimentaria Estudada, por disponibilizar tudo o que foi necessário à elaboração deste trabalho, sem nenhum tipo de restrição. Pude contar com todo material e informações que entendi serem pertinentes para o alcance dos objetivos propostos.

À minha família pelo apoio constante e entendimento das horas em que necessitei estar ausente, em especial à minha esposa Roberta, que esteve incansavelmente ao meu lado desde o início deste Mestrado.

Aos trabalhadores que participaram do inquérito, e tão prontamente se dispuseram a responder à pesquisa.

Aos funcionários da Cimentaria Estudada pela atenção, disponibilidade e interesse dedicados a mim, em especial à Bel e Lena, sempre apoiando e torcendo pelo alcance de meus objetivos.

Aos meus estimados colegas Médicos do Trabalho, Doutores Roberto Muniz, Sinval Filho, Antônio Vinício e Marco Tulio; pelas longas horas de debates e estudos de temas relacionados à Saúde do Trabalhador, em particular à Toxicologia Ocupacional e Coprocessamento de Resíduos. Agradeço o que aprendi com cada um.

COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS PERIGOSOS EM UMA INDÚSTRIA CIMENTEIRA NO BRASIL: A PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES E ASPECTOS DE SAÚDE OCUPACIONAL

RESUMO

O parque industrial cimenteiro brasileiro é formado por 85 unidades, onde 36 destas estão licenciadas para o coprocessamento. Em 2012, os resíduos coprocessados representaram a eliminação de um passivo ambiental de 1.320.000 toneladas. Desse montante, 38% foram utilizados como substitutos de matérias-primas, e os outros 62% como combustíveis alternativos. A taxa de substituição térmica no respectivo ano, decorrente do uso de combustíveis alternativos chegou aos 9%. Acredita-se que a capacidade nacional de coprocessamento possa atingir 2.500.000 toneladas/ano. Neste trabalho desenvolveu-se um estudo de caso numa fábrica de cimento que aplica o coprocessamento de resíduos perigosos, onde na primeira parte interpreta-se os dados recolhidos pelo inquérito aplicado (questionário) a 50 trabalhadores da respectiva cimenteira, a respeito da percepção desses indivíduos sobre questões ambientais, econômicas, sociais e de saúde, relacionadas à prática do coprocessamento, tais como: poluição, condições e segurança no trabalho, meio ambiente, saúde individual e coletiva, oportunidades de emprego, capacitação e treinamentos oferecidos pela empresa, coprocessamento de resíduos, transparência pública e participação ativa da população nos processos decisórios. Os resultados obtidos foram favoráveis, em sua maioria, com exceção dos aspectos relacionados ao conhecimento das pessoas em geral sobre a prática do coprocessamento, bem como da participação da população nos processos decisórios relacionados, os quais receberam respostas desfavoráveis. Já a segunda parte deste estudo, apresenta os dados referentes ao monitoramento biológico dos trabalhadores desta cimenteira brasileira que exercem suas atividades laborais diretamente no coprocessamento de resíduos, onde avaliou-se a exposição aos seguintes agentes químicos: fluoretos, manganês, mercúrio, níquel, estireno, etil-benzeno, fenol, tolueno e xileno. Nenhum dos resultados obtidos ultrapassou os respectivos limites biológicos de exposição preconizados.

PALAVRAS-CHAVE: coprocessamento, resíduos perigosos, indústria cimenteira, Brasil, percepção dos trabalhadores, saúde ocupacional.

HAZARDOUS WASTE COPROCESSING IN A CEMENT INDUSTRY IN BRAZIL: THE PERCEPTION OF WORKERS AND ASPECTS OF OCCUPATIONAL HEALTH

ABSTRACT

The Brazilian cement industrial park consists of 85 units, where 36 of these are licensed for co-processing. In 2012, the co-processed waste accounted for the elimination of environmental liabilities of 1,320,000 tons. Of this amount, 38% were used as raw material substitutes, and the other 62% as alternative fuels. The thermal substitution rate in the current year due to the use of alternative fuels reached 9%. It is believed that the national co-processing capacity can reach 2.5 million tons / year. In this work it was developed a study case in a cement factory that uses the co-processing, where the first part interprets the data collected by the applied survey (questionnaire) to 50 workers of this industry about environmental, economic, social and health issues, related to practice of co-processing, such as: pollution, conditions and safety on work, environment, individual and collective health, employment opportunities, capacity building and training offered by the company, waste co-processing, public transparency and active participation of the population in decision-making. The results obtained were favorable, mostly, except for aspects related to the knowledge of the general public about the practice of co-processing as well as the population's participation in related decision-making processes, which received unfavorable responses. Already the second part of this study, presents data about the biological monitoring of workers of this Brazilian cement factory exercising their work activities directly in the waste co-processing, where was evaluated the exposure to these chemicals: fluoride, manganese, mercury, nickel, styrene, ethyl benzene, phenol, toluene and xylene. None of the results exceeded their biological limits recommended exposure.

KEYWORDS: co-processing, hazardous waste, cement industry, Brazil, perception of workers, occupational health

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	15
Objetivos.....	16
CAPÍTULO I – A INDÚSTRIA CIMENTEIRA.....	17
I.1 - Uma Breve História do Cimento.....	17
I.2 - O Processo de Fabricação.....	18
I.3 - A Produção e Consumo de Cimento no Mundo.....	24
I.4 - A Produção e Consumo de Cimento no Brasil.....	28
CAPÍTULO II: RESÍDUOS E COPROCESSAMENTO.....	31
II.1 - Os Resíduos.....	31
II. 2. - O Coprocessamento.....	35
II. 3. - O Cenário Nacional.....	43
II.4. - Políticas e Legislação.....	47
CAPÍTULO III – A CIÊNCIA TOXICOLÓGICA.....	56
III.1 - Conceitos Fundamentais em Toxicologia.....	56
III.2 - Aspectos Básicos da Toxicologia Ocupacional.....	59
CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	65
IV.1 - Caracterização de Cimenteira Estudada.....	65
IV.2 - A Operação de Coprocessamento na Cimenteira em Estudo.....	67
IV.3 - O Panorama dos Riscos Químicos no Ambiente de Trabalho.....	69
IV.3.1 Resultado das Avaliações Pontuais do Ambiente de Trabalho.....	70
IV.3.1.1 Setor: Injeção de Resíduos Líquidos.....	70
IV.3.1.2 Setor: Mistura de Resíduos Blendados.....	74
IV.3.2 Resultado das Avaliações Individuais do Ambiente de Trabalho.....	77

IV.4 – Controle Preventivo: Métodos, Medidas e Mecanismos Mitigadores.....	78
IV.4.1 – Do Processo de Produção de Cimento.....	78
IV.4.2 – Da Análise Laboratorial dos Resíduos.....	84
IV.4.3 - Das Restrições de Resíduos Para o Coprocessamento.....	85
IV.4.4 – Do Meio Ambiente e Segurança.....	86
IV.4.5 - Dos Serviços Especializados em Segurança e Medicina do Trabalho...86	
IV.4.6 – Do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.....	87
IV.4.7 – Da Proteção Individual.....	88
IV.4.8 – Do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.....	89
IV.4.9 - Da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes.....	91
IV.4.10 – Da Capacitação e Treinamentos.....	91
IV.4.11 – Dos Programas de Auditorias e Sistema Integrado de Gestão.....	92
CAPÍTULO V – METODOLOGIA.....	93
CAPÍTULO VI – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	98
VI.1 – O Inquérito da Percepção dos Trabalhadores.....	98
VI.1.1 – Sessão I do Questionário: Resultados e Discussão.....	99
VI.1.2 – Sessão II do Questionário: Resultados e Discussão.....	102
VI.1.3 – Sessão III do Questionário: Resultados e Discussão.....	104
VI.1.4 – Sessão IV do Questionário: Resultados e Discussão.....	105
VI.1.5 – Sessão V do Questionário: Resultados e Discussão.....	106
VI.1.6 – Sessão VI do Questionário: Resultados e Discussão.....	109
VI.1.7 – Sessão VII do Questionário: Resultados e Discussão.....	110
VI.2 – Aspectos de Saúde Ocupacional: Perfil Toxicológico dos Trabalhadores.....	112
VI.2.1 – Fluoretos.....	113

VI.2.1.1 – Efeitos à Saúde.....	114
VI.2.1.2 – Resultados do Monitoramento Biológico.....	114
VI.2.2 – Manganês.....	117
VI.2.2.1 – Efeitos à Saúde.....	118
VI.2.2.2 – Resultados do Monitoramento Biológico.....	118
VI.2.3 – Mercúrio.....	121
VI.2.3.1 – Efeitos à Saúde.....	121
VI.2.3.2 – Resultados do Monitoramento Biológico.....	122
VI.2.4 – Níquel.....	125
VI.2.4.1 – Efeitos à Saúde.....	126
VI.2.4.2 – Resultados do Monitoramento Biológico.....	127
VI.2.5 – Estireno e Etilbenzeno.....	128
VI.2.5.1 – Efeitos à Saúde.....	129
VI.2.5.2 – Resultados do Monitoramento Biológico.....	130
VI.2.6 – Fenol.....	132
VI.2.6.1 – Efeitos à Saúde.....	133
VI.2.6.2 – Resultados do Monitoramento Biológico.....	133
VI.2.7 – Tolueno.....	135
VI.2.7.1 – Efeitos à Saúde.....	135
VI.2.7.2 – Resultados do Monitoramento Biológico.....	136
VI.2.8 – Xileno.....	138
VI.2.8.1 – Efeitos à Saúde.....	138

VI.2.8.2 – Resultados do Monitoramento Biológico.....	139
CAPÍTULO VII – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	142
VII.1 – Conclusões do Inquérito da Percepção dos Trabalhadores.....	142
VII.2 – Conclusões dos Aspectos de Saúde Ocupacional: Perfil Toxicológico dos Trabalhadores.....	143
VII.3 – Considerações Finais.....	144
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	151
ANEXO.....	166

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.2.1. Esquema do Processo de Fabricação do Cimento.....	19
Figura 1.2.2. Foto da Mina de Calcário.....	19
Figura 1.2.3. Foto Parcial do Moinho de Cru.....	20
Figura 1.2.4. Esquema do Processo de Fabricação de Cimento Via Seca.....	21
Figura 1.2.5. Resíduo Preparado Após Homogeneização.....	22
Figura 1.2.6. Foto da Vista Lateral do Forno Rotativo.....	23
Figura 1.2.7. Foto do Moinho de Cimento.....	24
Figura 1.2.8. Silos de Armazenamento e Distribuição.....	24
Figura 1.3.1. Participação dos Continentes no Consumo Mundial de Cimento.....	27
Figura 1.4.1. Distribuição das Fábricas de Cimento no Brasil.....	28
Figura 1.4.2. Produção de Cimento no Brasil de 1970 a 2012.....	29
Figura 1.4.3. Consumo de Cimento e Economia no Brasil de 1970 a 2012.....	30
Figura 2.2.1. Ilustração Esquemática da Destruição do Resíduo no Forno.....	37
Figura 2.2.2. Perfis Típicos de Temperatura Para os Gases e Sólidos num Forno de Cimento Com Pré-Aquecedor e Pré-Calcinador.....	39
Figura 2.2.3. Temperaturas no Interior do Forno Rotativo e Fotografia da Chama do Maçarico.....	39
Figura 2.2.4. Representação Esquemática da Hierarquia de Sustentabilidade e Opções no Tratamento de Resíduos.....	41
Figura 2.3.1. Localizações Geográficas das Fábricas de Cimento e Unidades de Coprocessamento no Brasil.....	46
Figura 2.3.2. Perfil Evolutivo do Coprocessamento no Brasil.....	46

Figura 2.3.3. Resíduos Coprocessados no Brasil em 2012.....	47
Figura 4.1.1. Fotografia Panorâmica da Unidade Industrial em Estudo.....	65
Figura 4.1.2. Distribuição Mundial da Indústria em Estudo.....	66
Figura 4.4.1.1 – Ilustração Esquemática da 1ª Barreira – Sistema de Filtração.....	79
Figura 4.4.1.2. Fotografia Parcial do Filtro de Mangas da Indústria em Estudo.....	79
Figura 4.4.1.3. Ilustração Esquemática do Funcionamento do Filtro de Mangas.....	80
Figura 4.4.1.4. Emissão de Particulados (poeiras) Antes e Depois da Instalação dos Sistemas de Filtros de Manga na Exaustão do Forno e no Resfriador.....	80
Figura 4.4.1.5. Ilustração Esquemática da 2ª Barreira – Alimentação Contra-Corrente.	81
Figura 4.4.1.6. Ilustração Esquemática da 3ª Barreira – Efeito “atrito”.....	82
Figura 4.4.1.7. Ilustração Esquemática da 4ª Barreira – A Atmosfera Alcalina.....	82
Figura 4.4.1.8. Ilustração Esquemática da 5ª Barreira – As Altas Temperaturas.....	83
Figura 4.4.1.9. Ilustração Esquemática da 6ª Barreira – O Tempo de Permanência.....	83
Figura 4.4.1.10. Ilustração Esquemática da 7ª Barreira – O Monitoramento.....	84
Figura 4.4.7.1 – Equipamentos de Proteção Individual.....	88
Figura 5.1. Respostas Obtidas a Respeito da Percepção da Poluição Sonora.....	96
Figura 5.2. Respostas Obtidas a Respeito das Condições de Trabalho.....	96
Figura 5.1. Respostas Obtidas a Respeito do Cuidado da Indústria com a Saúde e Segurança dos Trabalhadores.....	96
Figura 6.2.1.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Fluoretos.....	116
Figura 6.2.1.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Fluoretos – Em Escala Vertical Aumentada.....	116
Figura 6.2.1.3. Médias Anuais (2006 a 2013) e Mensurações de Janeiro e Maio de 2014 das Emissões de HF na Chaminé do Forno de Clínquer.....	117

Figura 6.2.2.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Manganês.....	120
Figura 6.2.2.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Manganês – Em Escala Vertical Aumentada.....	120
Figura 6.2.3.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Mercúrio.....	124
Figura 6.2.3.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Mercúrio – Em Escala Vertical Aumentada.....	124
Figura 6.2.3.3. Médias Anuais (2006 a 2013) e Mensurações de Janeiro e Maio de 2014 das Emissões de Hg na Chaminé do Forno de Clínquer.....	125
Figura 6.2.4.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Níquel.....	127
Figura 6.2.4.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Níquel – Em Escala Vertical Aumentada.....	128
Figura 6.2.5.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Ácido Mandélico.....	131
Figura 6.2.5.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Ácido Mandélico – Em Escala Vertical Aumentada.....	132
Figura 6.2.6.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Fenol.....	134
Figura 6.2.6.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Fenol – Em Escala Vertical Aumentada.....	135
Figura 6.2.7.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Ácido Hipúrico.....	137
Figura 6.2.7.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Ácido Hipúrico – Em Escala Vertical Aumentada.....	138
Figura 6.2.8.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Ácido Metilhipúrico.....	140
Figura 6.2.8.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Ácido Metilhipúrico.....	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.3.1. Vinte Maiores Empresas Produtoras de Cimento no Mundo.....	25
Tabela 1.3.2. Os 10 Maiores Países Produtores de Cimento no Mundo.....	26
Tabela 1.3.3. Produção e Consumo Mundiais de Cimento em 2011.....	27
Tabela 1.3.4. Evolução, Consumo e Comércio Mundiais de Cimento 2007-2011.....	27
Tabela 2.1.1. Classificação dos Resíduos Quanto à Origem.....	33
Tabela 2.2.1. Variedade de Resíduos Coprocessados.....	37
Tabela 2.3.1. Dados da Geração de Resíduos Industriais no Brasil.....	45
Tabela 2.4.1. Limites Máximos de Emissão CONAMA 264/99.....	54
Tabela 3.2.1. Parâmetros Controle Biológico Ocupacional Agentes Químicos.....	62
Tabela 3.2.2. Parâmetros Controle Biológico Ocupacional Agentes Químicos II.....	63
Tabela 4.1.1. Indicadores no Âmbito Nacional.....	66
Tabela 4.3.1.1.1. Resultado da avaliação local de fluoretos gasosos na área de injeção de resíduos líquidos.....	70
Tabela 4.3.1.1.1. Resultado da avaliação local de fluoretos gasosos na área de injeção de resíduos líquidos.....	71
Tabela 4.3.1.1.2. Resultado da avaliação local de organometálicos e mercúrio na área de injeção de resíduos líquidos.....	71
Tabela 4.3.1.1.3. Resultado da avaliação local de HPA na área de injeção de resíduos líquidos.....	72
Tabela 4.3.1.1.4. Resultado da avaliação local de vapores orgânicos na área de injeção de resíduos líquidos.....	73
Tabela 4.3.1.1.5. Continuação do resultado da avaliação local de vapores orgânicos na área de injeção de resíduos líquidos.....	74

Tabela 4.3.1.2.1. Resultado da avaliação local de particulados metálicos na área dos resíduos sólidos blendados.....	75
Tabela 4.3.1.2.2. Resultado da avaliação local de poeira respirável (PNOS) na área dos resíduos sólidos blendados.....	76
Tabela 4.3.2.1. Avaliações Ambientais Individuais de Óxido de Ferro e PNOS.....	77
Tabela 4.4.10.1.Média Anual de Horas de Treinamento.....	91
Tabela 6.1.1. Doença e/ou Alterações de Saúde Informadas Pelos Inquiridos.....	99
Tabela 6.1.1.1.Opinião dos Inquiridos em Relação ao Que Vem Acontecendo na Fábrica nos Últimos Anos.....	100
Tabela 6.1.1.2. Respostas “não sei” ou não respondidas – Sessão I.....	100
Tabela 6.1.2.1. Opinião dos Inquiridos a Respeito de Aspectos Relacionados ao Coprocessamento – Sessão II.....	103
Tabela 6.1.2.2. Respostas “não sei” ou não respondidas – Sessão II.....	104
Tabela 6.1.3.1. Opinião dos Inquiridos a Respeito de Aspectos Relacionados ao Coprocessamento – Sessão III.....	104
Tabela 6.1.4.1. Opinião dos Inquiridos a Respeito de Aspectos Relacionados ao Coprocessamento – Sessão IV.....	105
Tabela 6.1.5.1. Opiniões e Atitudes dos Inquiridos.....	107
Tabela 6.1.6.1. Opinião dos Inquiridos a Respeito da Justificativa pela qual a Fábrica Pratica o Coprocessamento.....	110
Tabela 6.2.1. Agentes Químicos, Indicadores biológicos, Material Biológico e Métodos de Análises Laboratoriais Utilizados.....	113
Tabela 6.2.3.1. Classificação da ACGIH (2014) do Ni quanto à Carcinogenicidade...	126

INTRODUÇÃO

O homem com intuito da busca de alternativas para aprimorar seu dia a dia e facilitar a própria sobrevivência, vem ao longo do tempo procurando práticas e avanços tecnológicos, que apesar de contribuírem para evolução e desenvolvimento da sociedade, têm promovido situações com relevante potencial de transtornos para o meio ambiente. A geração de resíduos industriais é uma delas.

A humanidade enfrenta nos dias atuais uma crise sócio-ambiental proveniente de civilização e desenvolvimento construídos sem preocupação com as perspectivas de um futuro sustentável.

Com a era industrial, os resíduos gerados são crescentemente complexos e numerosos, de maneira que a natureza não possui mais a capacidade de reabsorvê-los em seus ciclos, como necessitaria para manutenção do equilíbrio natural. O manejo desses materiais gerados é um dos desafios para a sociedade moderna, sobretudo nos países em desenvolvimento. A implantação de uma gestão adequada nesse campo, além de promover a redução da poluição, é capaz de favorecer em muito a diminuição do desperdício, reaproveitando os materiais rotulados como inservíveis.

A indústria cimenteira, através do coprocessamento, pode oferecer uma alternativa sustentável para a destinação final desses resíduos, impactando de maneira positiva na racionalização e conservação de recursos minerais e energéticos.

A Convenção da Basileia de 2012 (Diretrizes Técnicas. Orientações Técnicas Sobre o Co-processamento Ambientalmente Saudável de Resíduos Perigosos em Fornos de Cimento), conceitua o coprocessamento como o uso de materiais e resíduos adequados nos processos de fabricação com o propósito de recuperar a energia e recursos, consequentemente reduzindo o uso de combustíveis e matérias-primas convencionais por conta da substituição (PNUMA, 2012).

Hoje, várias cimenteiras brasileiras utilizam-se do coprocessamento de resíduos em seus fornos rotativos. Tal prática vem sendo cada vez mais utilizada por questões

socioeconômicas, ambientais, e energéticas. É um procedimento capaz de contribuir significativamente para a gestão de resíduos provenientes das cidades e de outras indústrias, bem como favorecer o desenvolvimento sustentável: proporcionando uma destinação final mais adequada a esses materiais, reduzindo o custo de fabricação do cimento, conservando e racionalizando recursos minerais e energéticos, reduzindo as emissões de CO₂ e combatendo o efeito estufa.

Entretanto, as incertezas relacionadas com os possíveis impactos negativos oriundos de tal prática à saúde coletiva e ao meio ambiente, representam uma das preocupações das autoridades competentes, bem como da comunidade científica relacionada.

OBJETIVOS

Diante desse cenário, este trabalho visa avaliar a atividade de coprocessamento como método de valorização de resíduos industriais (perigosos e não perigosos) em uma indústria cimenteira localizada no Brasil, com os objetivos de se conhecer a percepção de seus trabalhadores a respeito de questões ambientais, econômicas, sociais e de saúde, relacionadas à respectiva prática; e ainda apresentar aspectos de saúde ocupacional desses trabalhadores envolvidos, especificamente analisando o monitoramento biológico de alguns agentes químicos.

CAPÍTULO I – A INDÚSTRIA CIMENTEIRA

I.1 - Uma Breve História do Cimento

A origem da palavra “cimento” deriva do termo latino “caementu”, que quer dizer pedra proveniente de rochedos sem esquadrejamento. Existem indícios da ocorrência do cimento nas civilizações antigas, desde há cerca de 4,5 mil anos. No Egito antigo já se empregava uma liga composta por gesso calcinado (ABCP, 2013; Bogue, 1955). Também na Roma e Grécia antigas foram utilizados solos de origem vulcânica dotados de características peculiares (endurecimento sob a ação da água), em grandes construções, como o Coliseu e Panteão (ABCP, 2013).

Uma importante evolução no desenvolvimento do cimento ocorreu em 1756. Um inglês chamado John Smeaton, obteve um produto de resistência elevada através da calcinação de calcários moles e argilosos. Anos depois, em 1818, misturando-se materiais calcários e argilosos, o francês Vicat, considerado o inventor do cimento artificial, também obteve resultados semelhantes aos do inglês Smeaton. No ano de 1824, um construtor inglês de nome Joseph Aspdin, incinerou em conjunto argila com pedras calcárias, conseguindo como resultado um pó fino, e que este material depois de aplicado e seco, adquiria uma dureza pétrea. Este produto foi patenteado pelo respectivo construtor naquele mesmo ano, sendo batizado pelo nome de cimento “Portland”, pois apresentara coloração e solidez semelhantes às pedras da ilha britânica de Portland (ABCP, 2013; Beuer, 1986; Carvalho, 2008). Este cimento patenteado por Aspdin era somente calcinado, não sinterizado. Somente em 1847, Johnson, verificou que para se obter um cimento de melhor qualidade, havia necessidade de se incinerar a mistura das matérias primas além da temperatura de calcinação (Silva, 1994). Segundo Fried and Rhuhausen (apud Silva, 1994), o aspecto fundamental do processo químico para obtenção do cimento evidenciado por Johnson, não sofreu mais modificações radicais. Por outro lado, vêm-se observando ao longo do tempo, grandes evoluções tecnológicas nos processos de fabricação de Cimento Portland, no que dizem respeito à economia de energia, emissões de poluentes e uso de combustíveis alternativos.

No Brasil, as articulações referentes à fabricação de cimento remontam em torno de 1888, ocasião na qual Antônio Proost Rodovalho iniciou os trabalhos para instalação de uma fábrica em uma fazenda de sua posse localizada na cidade de Sorocaba, Estado de São Paulo. Nesta mesma época, várias outras iniciativas para fabricação de cimento foram surgindo, todavia sem sucesso firmado. A fábrica de Rodovalho efetuou sua primeira produção em 1897, nomeando seu produto de cimento Santo Antônio, e operando até 1904, ano em que encerrou suas atividades. Em 1907 houve uma tentativa de se retomar a produção, mas por problemas relacionados com a qualidade do produto, a Rodovalho encerrou definitivamente suas operações em 1918, extinguindo-se. Outra tentativa descrita, ocorreu em Cachoeiro do Itapemirim, onde o governo do Estado do Espírito Santo, fundou em 1912, uma fábrica que operava precariamente e produzia muito pouco (8000 toneladas por ano), com funcionamento até 1924. Ainda nesse mesmo ano de 1924, a implantação da Companhia Brasileira de Cimento Portland, em Perus, Estado de São Paulo, marcaria definitivamente o início da indústria brasileira de cimento. Sua produção chegou ao mercado nacional em 1926, onde até então, o consumo de cimento no país dependia praticamente da importação. A partir daí, a produção nacional foi gradativamente sendo incrementada por conta da instalação de novas fábricas, tornando cada vez mais reduzida a participação de cimento importado no mercado nacional (ABCP, 2013).

1.2 – O Processo de Fabricação

O processo de produção de cimento (figura 1.2.1) envolve as seguintes etapas: mineração, britagem, preparo das matérias primas, preparo dos combustíveis, queima do clínquer, moagem do cimento e expedição (Carpio, 2005; Karstensen, 2010).

A extração das matérias-primas naturais representa o início do processo de produção do cimento. Calcário, gesso e argila são extraídos de jazidas, que na maioria dos casos estão localizadas bem próximas ou nas adjacências das indústrias. O calcário é a principal matéria-prima utilizada na fabricação do cimento. As reservas naturais deste mineral são constituídas de rochas sólidas (figura 1.2.2), o que leva à necessidade de

vários processos e procedimentos para se proceder à sua extração, tais como sondagem, perfuração e detonação. Com o calcário e argila extraídos, a etapa seguinte é o transporte destas matérias-primas para o britador, equipamento responsável pela fase da britagem, onde o calcário que foi extraído, porém ainda encontrando-se em forma de rochas grandes de tamanhos variados, é fragmentado para proporções menores, de maneira que possa ser conduzido por correias transportadoras até aos depósitos de estocagem onde posteriormente serão homogeneizados.

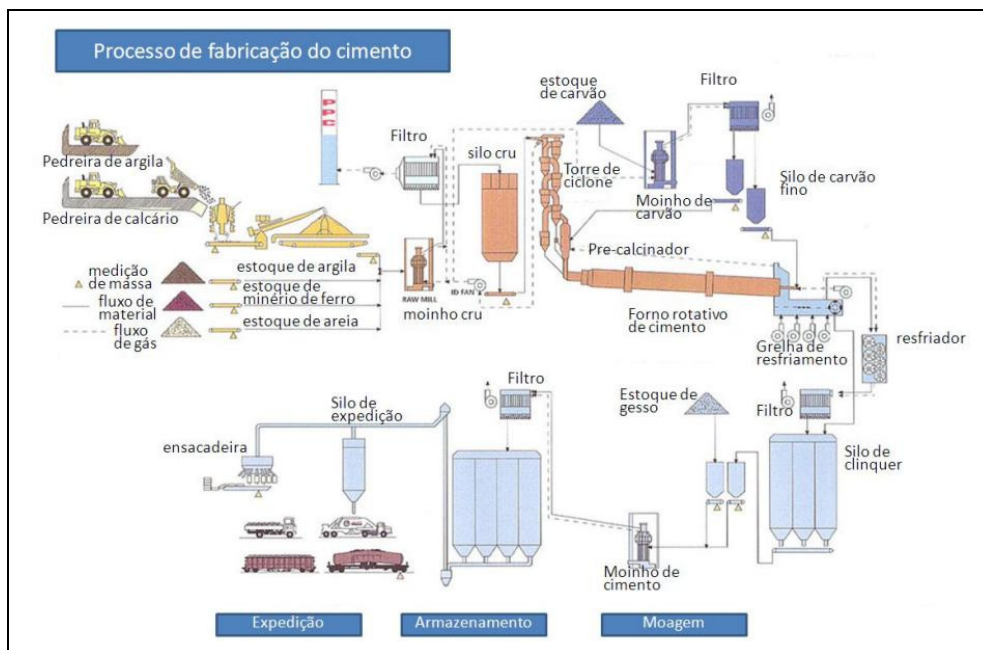


Figura 1.2.1. Esquema do Processo de Fabricação do Cimento. Fonte: Brasil, 2010a.



Figura 1.2.2. Foto da Mina de Calcário. Fonte: Cimenteira Estudada, 2013.

Materiais ditos “corretivos” como a bauxita, o minério de ferro ou a areia, podem ser necessários para adequação da composição química da mistura de minerais (ainda crua) às exigências do processo, bem como às especificações do cimento a ser produzido. Entretanto, as quantidades desses materiais corretivos são em geral pequenas se comparadas com o enorme fluxo de massa das matérias-primas principais. Por outro lado, materiais secundários ou alternativos, tais como os de origem industrial, podem ser utilizados em quantidades limitadas como substitutos das matérias-primas principais e corretivas (Karstensen, 2010).

Ainda constituindo a etapa de preparação das matérias primas, o calcário e argila, já pré-homogeneizados, são moídos (figura 1.2.3) conjuntamente até adquirirem um granulação de tamanho adequado e necessário às reações químicas da próxima fase de fabricação, denominada clinquerização. O material obtido após a respectiva moagem, é chamado de farinha crua. Trata-se de uma mistura de constituição bastante fina, formada basicamente por argila e calcário.

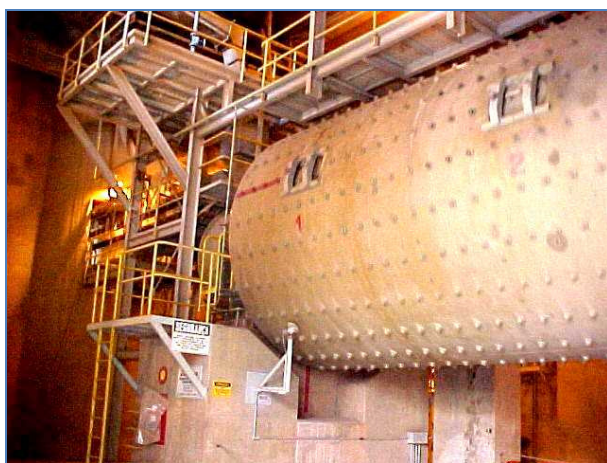


Figura 1.2.3. Foto Parcial do Moinho de Cru. Fonte: Cimenteira Estudada, 2013.

No processo de fabricação por via seca (figura 1.2.4), o qual é utilizado na cimenteira em estudo, o moinho responsável pela produção de farinha crua é dotado de uma antecâmara responsável pela secagem das matérias-primas, antes da moagem propriamente dita. Em geral, para se produzir uma tonelada de clínquer (material já queimado), há necessidade de aproximadamente de 1,5 a 1,6 toneladas de matéria-prima seca (Carpio, 2005; Karstensen, 2010). Nos fornos com pré-aquecedores em suspensão, a farinha é

introduzida no topo de uma série de ciclones, alcançando os ciclones mais inferiores em etapas, em contracorrente com os fluxos de gases quentes de exaustão do forno, conseguindo-se desta maneira, contato direto e troca eficiente de calor entre as partículas sólidas e o gás quente. Assim, antes de chegar ao forno, a farinha já recebeu aquecimento prévio (temperatura entre 810 e 830°C) onde cerca de 30% da calcinação (liberação de CO₂ dos carbonatos) já ocorreu (Karstensen, 2010).

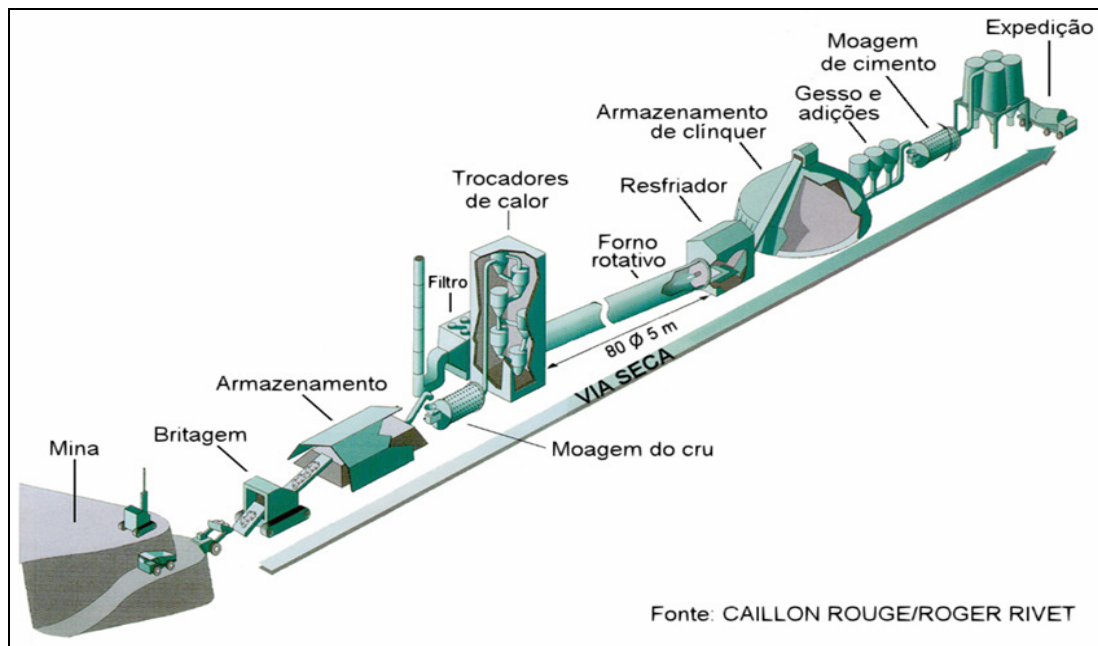


Figura 1.2.4. Esquema do Processo de Fabricação de Cimento Via Seca.

Fonte: Cimenteira Estudada, 2013; apud Rouge & Rivet, n.d.

Também como as matérias-primas, alguns combustíveis empregados na fabricação de cimento, como o coque de petróleo, necessitam de preparação prévia antes de sua introdução no forno para queima; processos de secagem e moagem são aplicados a estes materiais. Os principais combustíveis fósseis utilizados na indústria cimenteira são: carvão, coque de petróleo, óleo combustível e gás natural; este último em menor quantidade. Nos últimos anos, vem-se empregando também o uso de combustíveis alternativos não fósseis, provenientes de outras indústrias, tais como pneus, plásticos, solventes, borras de tintas, resíduos de óleos, entre outros. Tais combustíveis geralmente recebem preparo (homogeneização), como trituração e mistura (figura 1.2.5), fora das cimenteiras, em companhias especializadas para este propósito, havendo necessidade

por parte da fábrica de cimento, de possuir somente instalações para armazenagem e alimentação destes materiais (Karstensen, 2010).



Figura 1.2.5. Resíduo Preparado Após Homogeneização
Fonte: Cimenteira Estudada, 2013.

A farinha crua (matéria-prima já preparada) é introduzida no sistema do forno rotativo, onde será submetida ao processo de tratamento térmico, constituído pelas etapas consecutivas de: secagem/pré-aquecimento, calcinação (liberação de CO_2 do calcário) e sinterização ou clinquerização; esta última responsável pela constituição do clínquer, produto originado da queima da farinha crua em temperaturas em torno de 1.500°C . Os sistemas de forno geralmente empregados são os fornos rotativos (figura 1.2.6), com ou sem os chamados pré-aquecedores em suspensão. Tais fornos, são estruturas de aço em forma de tubo, dispostos com certa inclinação (parte mais elevada na entrada da matéria-prima), com uma razão comprimento/diâmetro que varia em torno de 10:1 e 38:1. Sua disposição levemente inclinada (2,5 a 4,5%) associada à rotação lenta (0,5 a 4,5 rotações por minuto), fazem com que o transporte do material em seu interior tenha uma velocidade adequada, isto é, seja suficientemente lenta para que os processos de conversão térmica necessários sejam realizados. Ao deixar o forno, o clínquer necessita ser resfriado bruscamente (resfriamento ao ar até temperaturas entre os 100° a 200°C)

para fixar termodinamicamente suas características químicas e cristalinas, o que concederá ao cimento a sua propriedade hidráulica (Carpio, 2005; Karstensen, 2010; Maringolo, 2001).



**Figura 1.2.6. Foto da Vista Lateral do Forno Rotativo.
Fonte: Cimenteira Estudada, 2013.**

A produção propriamente dita do cimento, acontece nesta próxima fase, chamada de moagem de cimento, onde o clínquer produzido já resfriado será moído conjuntamente com uma pequena porcentagem de gesso (age como um agente regulador da pega do cimento), por um equipamento denominado moinho de cimento (figura 1.2.7). Alguns tipos de cimento (cimentos compostos) podem conter outros componentes como a escória de alto-forno granulada, ou até adições inertes como o próprio calcário. Tais adições minerais no cimento composto podem ser integradas na moagem do clínquer ou moídas separadamente e depois misturadas. O processo finaliza-se com o transporte do cimento, agora já em forma de pó fino de cor acinzentada (cimento Portland), para os silos de estocagem (figura 1.2.8). O cimento poderá ser expedido a granel ou embalado em sacos de papelão (50 Kg cada). Os métodos de transporte das fábricas para o comércio (rodoviário, fluvial, ferroviário, etc.), dependerão das condições e exigências

de cada localidade (Karstensen, 2010). A produção da cimenteira em estudo é toda realizada por meio de transporte rodoviário.



Figura 1.2.7. Foto do Moinho de Cimento. Fonte: Cimenteira Estudada, 2013.



Figura 1.2.8. Silos de Armazenamento e Distribuição. Fonte: Cimenteira Estudada, 2013.

I.3 - A Produção e Consumo de Cimento no Mundo

A indústria cimenteira está presente em quase todos os países do mundo, onde os mercados emergentes representam cerca de 90% do mercado mundial de cimento. A tabela 1.3.1 apresenta as 20 maiores empresas produtoras de cimento do mundo,

classificadas por suas capacidades instaladas em produção no ano de 2011, incluindo o número de unidades fabris de cada grupo empresarial (CIMENTO.ORG, 2013).

Tabela 1.3.1. Vinte Maiores Empresas Produtoras de Cimento no Mundo.
Fonte: CIMENTO.ORG, 2013.

<u>Posição</u>	<u>Empresa / Grupo</u>	<u>País</u>	<u>Capac (Mt / ano)</u>	<u>Número de fábricas</u>
1	Lafarge	França	225	166
2	Holcim	Suíça	217	149
3	CNBM	China	200	69
4	Anhui Conch	China	180	34
5	HeidelbergCement	Alemanha	118	71
6	Jidong	China	100	100
7	Cemex	México	96	61
8	China Resources	China	89	16
9	Sinoma	China	87	24
10	Shanshui	China	84	13
11	Italcementi	Itália	74	55
12	Taiwan Cement	Taiwan	70	-
13	Votorantim *	Brasil	57	37
14	CRH	Irlanda	56	11
15	UltraTech	Índia	53	12
16	Huaxin	China	52	51
17	Buzzi	Itália	45	39
18	Eurocement	Rússia	40	16
19	Tianrui	China	35	11
20	Jaypee	Índia	34	16
* Inclui 15Mt/ano de capacidade das ações da Cimpor.				

Nos 10 países maiores produtores de cimento no mundo (por capacidade instalada produzindo em 2011), a China situa-se em primeiro lugar seguido pela Índia (tabela 1.3.2). A imensidão deste país e o crescimento do seu mercado de cimento, fazem com que seis das dez maiores empresas do mundo sejam chinesas. O Relatório da Indústria de Cimento da China, prevê para o período 2010-2015, que este país registrará uma produção de 2.48 BT/ano (bilhões de toneladas/ano) que sua capacidade chegará 2.75 BT/ano em 2015. O Brasil se situa como o nono país maior produtor no mundo, com capacidade de 69 milhões de toneladas/ano (CIMENTO.ORG, 2013).

Tabela 1.3.2. Os 10 Maiores Países Produtores de Cimento no Mundo.

Fonte: CIMENTO.ORG, 2013.

<u>Posição</u>	<u>País</u>	<u>Capacidade (Mt)</u>
1	China	1452
2	Índia	301
3	EUA (inc. Puerto Rico)	114
4	Turquia	82
5	Rússia	80
6	Vietnã	73
7	Irã	71
8	Japão	70
9	Brasil	69
10	Paquistão	65

No ano de 2011, a produção e consumo de cimento no mundo foram respectivamente da ordem de 3.638 e 3.583 milhões de toneladas (tabela 1.3.3). A Ásia foi responsável por 77% deste consumo, seguida pela Europa que consumiu 11% da produção (figura 1.3.1).

Tabela 1.3.3. Produção e Consumo Mundiais de Cimento em 2011 (em milhões de toneladas). Fonte: Adaptado de SNIC, 2012; apud CEMBUREAU, n.d.

Continente	Produção	Consumo
Américas	258	254
Europa	368	360
Ásia	2.830	2.786
África	171	171
Oceania	11	12
TOTAL MUNDIAL	3.638	3.583

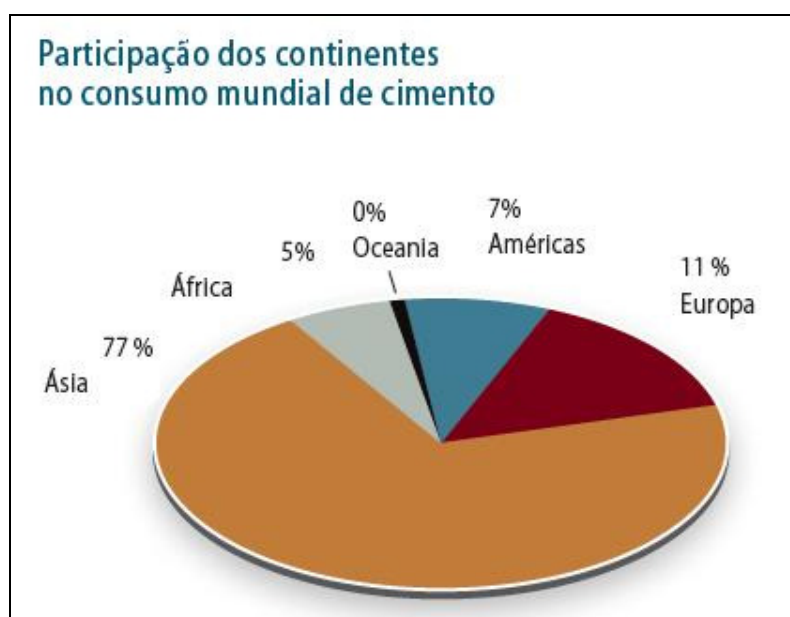


Figura 1.3.1. Participação dos Continentes no Consumo Mundial de Cimento
Fonte: SNIC, 2012.

A tabela 1.3.4 apresenta a evolução, consumo e comércio mundiais de cimento (em milhões por toneladas), de 2007 a 2011.

Tabela 1.3.4. Evolução, Consumo e Comércio Mundiais de Cimento 2007-2011 (em milhões de toneladas). Fonte: Adaptado de SNIC, 2012; apud CEMBUREAU, n.d., Global Building Materials - Jefferies International, 2012, CEMNET, 2012.

Ano	Produção	Consumo	Exportação	Importação
2007	2.798	2.779	184	159
2008	2.841	2.824	172	153
2009	3.033	3.005	153	128
2010	3.345	3.294	165	136
2011	3.638	3.583	175	147

Tudo indica que o desenvolvimento da indústria do cimento no mundo continuará. No caso da Índia, por exemplo, a produção de cimento deverá crescer 12% até 2014. O Grupo Lafarge espera que a demanda do mercado global de cimento aumente a taxas de 4,6% até 2015, assumindo um crescimento total do PIB mundial de 3,4% de acordo com as previsões do FMI, por outro lado percebe na Europa, a queda da demanda de cimento em 0,6% ao ano até 2015 (CIMENTO.ORG,2013).

I.4 - A Produção e Consumo de Cimento no Brasil

O parque industrial cimenteiro no Brasil é formado por 85 unidades de fabricação (figura 1.4.1), pertencentes a grupos nacionais e estrangeiros, distribuídas por todas as regiões do país (tabela 1.4.1), com maior predominância nas regiões sudeste (38) e nordeste (21). As demais unidades fabris, estão assim localizadas: 10 na região sul, 9 na centro-oeste e 7 no norte (SNIC, 2012).

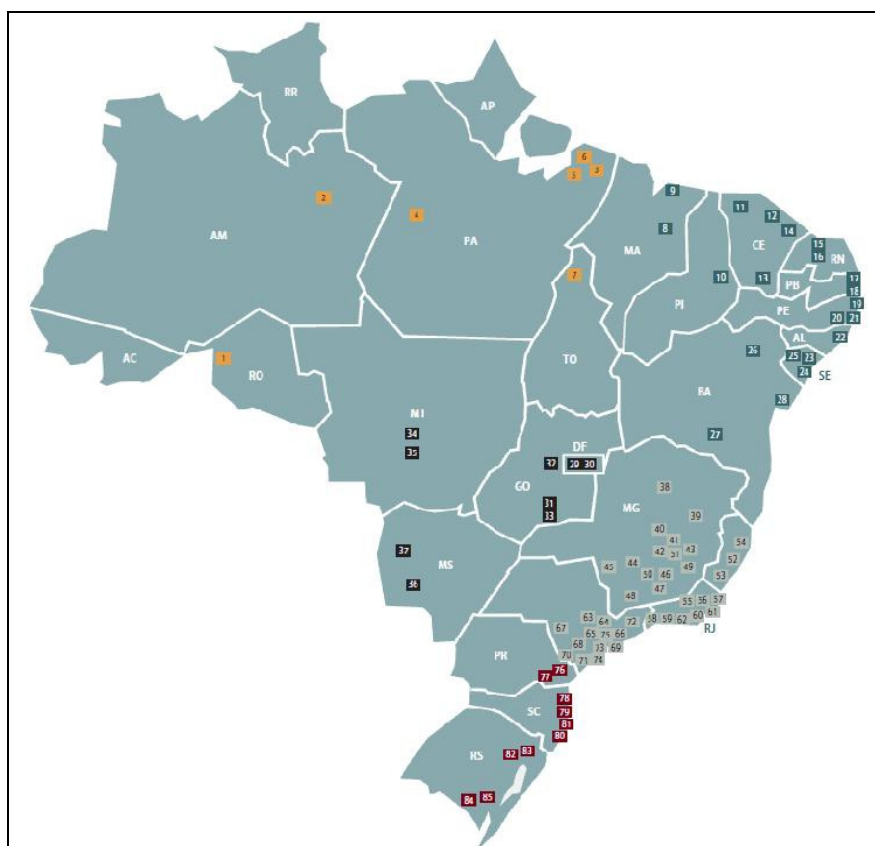


Figura 1.4.1 – Distribuição das Fábricas de Cimento no Brasil. Fonte: SNIC, 2012.

A produção de cimento no Brasil em escala industrial iniciou-se em 1926. Nos anos de 1970 obteve-se um imenso incremento, atingindo a marca de 9,8 milhões de toneladas por ano, e no início dos anos de 1980 já chegava a 27,2 milhões de toneladas. Outro aumento significativo da produção só veio acontecer ao longo dos anos de 1990, onde em 1999, foi alcançada a marca de 40,2 milhões de toneladas. A partir de 2000, houve diminuição da produção por conta das sucessivas crises mundiais e consequente instabilidade econômica. O consumo de cimento voltou ao patamar de 40 milhões de toneladas no ano de 2006, devido ao incremento da construção civil. Em 2012, o consumo nacional superou a marca de 69 milhões de toneladas (figuras 1.4.2 e 1.4.3) (SNIC, 2013).



Figura 1.4.2. Produção de Cimento no Brasil de 1970 a 2012. Fonte: SNIC, 2013.

Em 2013, um novo recorde no mercado nacional de cimento foi verificado. O consumo aparente (medido pela venda total da indústria, subtraídas as exportações e somada as importações), totalizou 71,014 milhões de toneladas, uma marca histórica, isto é, 2,4% acima do registrado em 2012. As vendas das cimenteiras instaladas no Brasil, no mercado doméstico nesse mesmo ano, alcançaram 70 milhões de toneladas, uma alta de 2,4% frente ao registrado no ano anterior e também um novo recorde para a indústria, segundo dados do Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (SNIC). De acordo com o presidente do SNIC, inicialmente, a previsão para o ano de 2014 é a de uma expansão em torno de 3% do consumo (AsBEA, 2014).

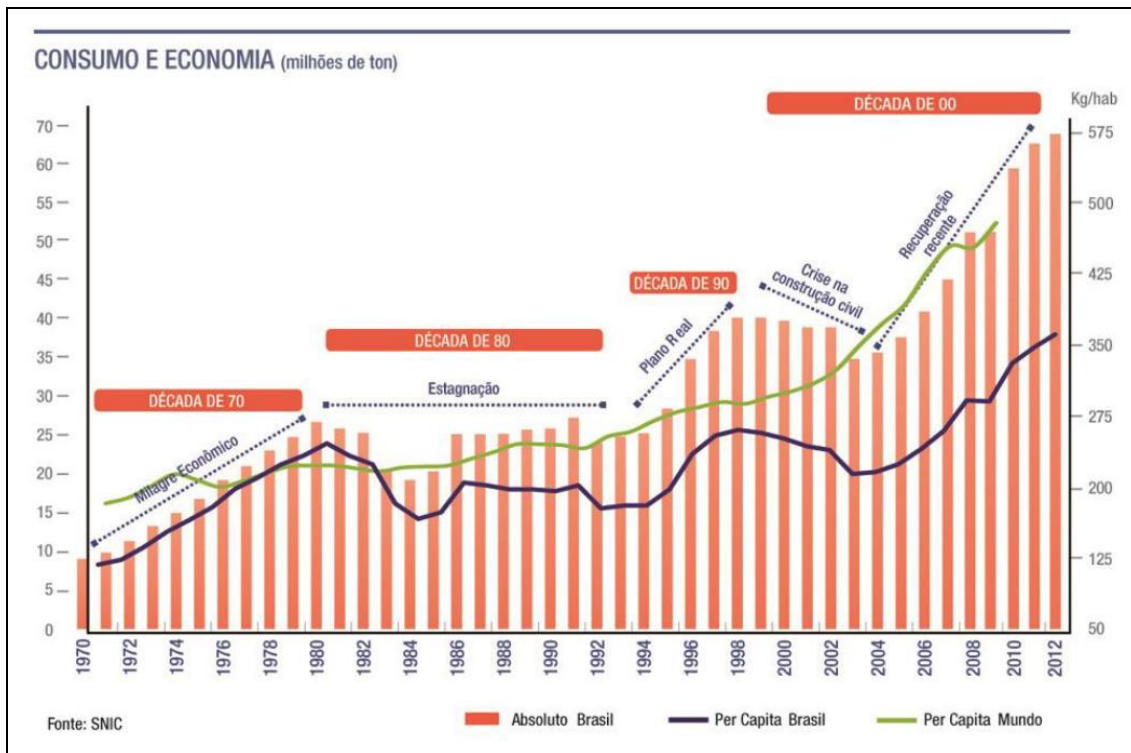


Figura 1.4.3. Consumo de Cimento e Economia no Brasil de 1970 a 2012.
Fonte: SNIC, 2013.

Existe a possibilidade de se chegar perto dos 80 milhões de toneladas até 2016. Contudo, há uma grande quantidade de projetos de novas fábricas e de expansão anunciados, e caso tudo isso se concretize, o país poderá ultrapassar a capacidade produtiva de 120 milhões de toneladas ao ano em 2016 (AsBEA, 2013).

CAPÍTULO II: RESÍDUOS E COPROCESSAMENTO

II.1 - Os Resíduos

Resíduo pode ser conceituado como qualquer material (seja no estado sólido, líquido ou gasoso), resultante da sobra de um processo de produção, transformação, extração de recursos naturais, execução ou consumo de produtos e serviços (Jesus & Santos, 2009; apud Conexão Social, 2009).

A Convenção da Basileia (PNUMA, 2012) define resíduo como substância ou material eliminado, que se pretende eliminar ou deve-se eliminar de acordo com a legislação nacional.

A Política Brasileira de Resíduos Sólidos (Brasil, 2012b), no seu Capítulo II, define:

“Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”;

“Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada”.

Segundo Philippi JR. (2005), os resíduos são subprodutos da atividade humana que apresentam características específicas de acordo com o processo que os originou. Do ponto de vista da sociedade, os materiais descartados que são reaproveitados se enquadram como matérias-primas secundárias, deixando assim de constituir resíduos. Todavia, quando não se aproveita economicamente os resíduos em nenhum processo

tecnológico acessível e disponível, tais materiais passam a ser denominados de rejeitos (figura 2.1.1).

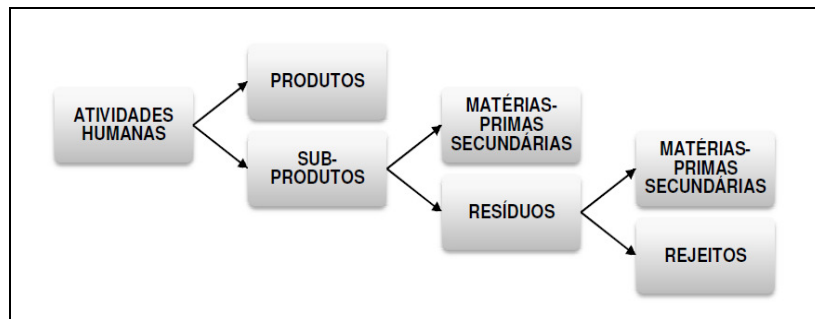


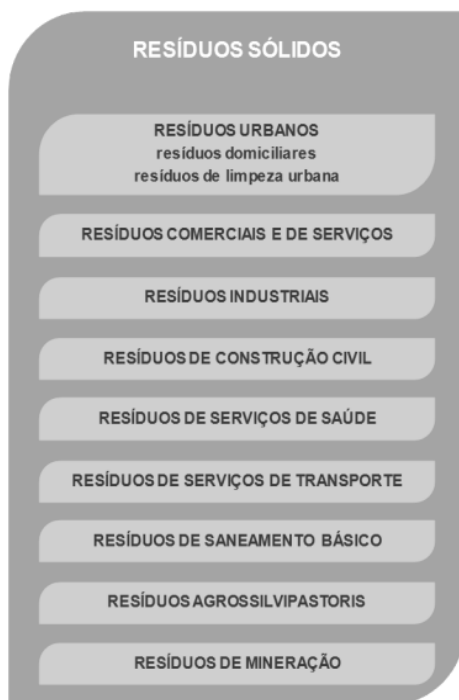
Figura 2.1.1. Diagrama esquemático das definições de Philippi JR (2005).

A Resolução CONAMA 264/99, que aplica-se ao licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de coprocessamento, define resíduos como aqueles materiais resultantes de atividades humanas, que se apresentam nos estados sólido, semi-sólido e líquidos, não passíveis de tratamento convencional, estabelecendo que o termo resíduo significa um único tipo de material ou mistura de vários (para fins de coprocessamento) (Brasil, 1999).

Não existe uma classificação internacionalmente adotada para os resíduos, devido a vasta heterogeneidade desses materiais. Assim, os inúmeros critérios empregados para este fim, têm originados dificuldades para com a interpretação e comparação de dados referentes aos diversos países, regiões e cidades (Martinho & Gonçalves, n.d.). Todavia, segundo Jesus & Santos (2009; apud Motta, 2009), de acordo com a origem dos resíduos, pode-se classificá-los como: domiciliar, originado do cotidiano das residências; comercial, proveniente dos estabelecimentos comerciais; de serviços públicos, gerados pelos serviços de limpeza urbana; hospitalar, descartados de hospitais e estabelecimentos afins, bem como farmácias e clínicas veterinárias; industrial, produzido nas atividades dos vários ramos da indústria; radioativo, resultantes da atividade nuclear; agrícola, oriundo da pecuária e atividades de agricultura; e entulho, provenientes da construção civil.

A Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE), classifica os resíduos quanto à origem conforme apresentado na tabela 2.1.1.

Tabela 2.1.1. Classificação dos Resíduos Quanto à Origem. Fonte: ABETRE, 2013.



A norma NBR 10004:2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que objetiva classificar os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, visando que tais materiais possam receber um gerenciamento adequado; define resíduos sólidos como aqueles nos estados sólido e semi-sólido, provenientes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Incluem-se ainda nesta definição, os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como líquidos com características que os tornem inviáveis para serem lançados na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou que para tal sejam exigidas soluções técnicas e economicamente inviáveis frente à melhor tecnologia disponível. A respectiva norma também conceitua a periculosidade de um resíduo, como a característica apresentada por este, que em função de suas propriedades químicas, físicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar: risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou incrementando seus

índices; e riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de maneira não adequada (ABNT, 2004).

A classificação de resíduos pela NBR 10004:2004 considera a identificação da atividade ou processo que os originou, bem como seus constituintes, levando em conta as características e a comparação destes, com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto ao meio ambiente e à saúde é conhecido (ABNT, 2004).

Segundo ainda a NBR 10004:2004, os resíduos são assim classificados:

- a) Resíduos Classe I - Perigosos;
- b) Resíduos Classe II - Não perigosos; divididos em:
 - Resíduos Classe II A - Não inertes.
 - Resíduos Classe II B - Inertes.

Os Resíduos Classe I – Perigosos, são aqueles que apresentam periculosidade ou constem nos anexos A ou B da respectiva NBR, ou ainda contemplem uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. O anexo A apresenta os resíduos de processos industriais comuns, de fontes não específicas (código F) por ocorrerem em vários setores da indústria, como por exemplo: solventes, pós e fibras de amianto, lâmpadas (vapor de mercúrio), óleos lubrificantes, etc. O anexo B contém resíduos de fontes industriais específicas (código K): resíduos do processo de fabricação de pigmentos inorgânicos, lodos do processo de refinamento do petróleo, etc. (ABNT, 2004).

Os resíduos perigosos inflamáveis são aqueles que apresentam baixo ponto de fulgor na fase líquida e são capazes de produzir fogo por fricção, por absorção de umidade ou alterações químicas espontâneas; os corrosivos apresentam pH muito baixo ou muito alto; os reativos são instáveis, reagem com a água originando misturas explosivas e geram gases danosos; os tóxicos são caracterizados como tal por ensaio de lixiviação e apresentam toxicidade avaliada através da concentração, natureza, persistência, potencial de bioacumulação, efeito nocivo teratogênico, carcinogênico, mutagênico ou ecotóxico; e os patogênicos, contêm ou podem conter organismos com propriedades de

patogenicidade ou modificações genéticas, proteínas virais, DNA ou RNA recombinantes, organelas ou toxinas com potenciais de desencadear doenças (ABNT, 2004).

Os Resíduos Classe II - Não perigosos, subgrupo Classe II A – Não inertes, são constituídos por aqueles materiais que não se enquadram nas classificações dos Resíduos Classe I – Perigosos ou Resíduos Classe II B – Inertes. Propriedades tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, podem estar presentes nos resíduos deste grupo (ABNT, 2004).

Resíduos Classe II - Não perigosos, subgrupo Classe II B – Inertes, são aqueles que quando amostrados de forma representativa (segundo a ABNT NBR 10007) e submetidos a contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada à temperatura ambiente (conforme ABNT NBR 10006), não ocorre solubilização de nenhum de seus constituintes a concentrações maiores do que aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, turbidez, coloração, dureza e sabor, conforme anexo G da respectiva NBR 10004:2004, que trata dos parâmetros para o ensaio de solubilização (ABNT, 2004).

II. 2. - O Coprocessamento

Em acompanhamento ao desenvolvimento do país, cresce também a geração de resíduos. Nesse contexto, o coprocessamento se apresenta como um importante instrumento de gestão, bem como uma alternativa considerável para disposição final desses materiais descartados. No processo de fabricação de cimento, a valorização dos resíduos como substitutos de combustíveis tradicionais fósseis através do processo de recuperação energética, ou como fonte alternativa de matéria-prima, constitui um dos pilares da sustentabilidade na indústria, a qual se embasa no alcance de uma melhor eficiência energética e também de maior redução nas taxas de emissões atmosféricas dos gases de efeito estufa (GEE) (ABCP, 2012; CCI, 2000).

O coprocessamento é um conceito de desenvolvimento sustentável embasado nos princípios da ecologia industrial, que incide sobre o papel potencial da indústria para mitigar as questões ambientais negativas ao longo de todo o ciclo de vida do produto (Karstensen, 2009; Mutz et al., 2007). Um dos principais objetivos da ecologia industrial é converter os resíduos de uma indústria em matéria-prima da outra (OCDE, 2000). No setor de cimento, pode-se perceber um exemplo positivo dessa visão: resíduos de outros ramos industriais são utilizados como combustíveis alternativos e matérias-primas para fabricação de clínquer (PNUMA, 2012).

A substituição de combustíveis fósseis e matérias-primas em fornos de cimento por inúmeros tipos de resíduos, nos Estados Unidos da América, na Austrália, Canadá, Europa e Japão; ocorreram com sucesso desde o início dos anos de 1970 (GTZ / Holcim, 2006).

A Convenção da Basileia de 2012 (Diretrizes Técnicas, Orientações Técnicas Sobre o Coprocessamento Ambientalmente Saudável de Resíduos Perigosos em Fornos de Cimento), adota o termo coprocessamento ao invés de co-incineração, onde conceitua tal técnica como o uso de materiais e resíduos adequados nos processos de fabricação com o propósito de recuperar a energia e recursos, conseqüentemente reduzindo o uso de combustíveis e matérias-primas convencionais por conta da substituição (PNUMA, 2012).

O coprocessamento é uma técnica de aproveitamento de resíduos como substitutos de matérias-primas e combustíveis (tabela 2.2.1) para alimentação do forno rotativo, onde tais materiais incorporados no processo de produção de cimento, sofrem destruição térmica segura e eficiente, do ponto de vista ambiental e operacional (figura 2.2.1). As cinzas provenientes da queima são totalmente incorporadas ao clínquer, evitando assim a necessidade de disposição em aterros (Tocchetto, 2005). Tal técnica, representa uma alternativa sustentável e adequada pelo fato da integração segura do material residual descartado com o processo de fabricação do cimento. (ABCP, 2014a). Giannopoulos et al. (2006) afirmam que o coprocessamento em fornos de cimenteiras é uma tecnologia eficaz para a destruição de resíduos industriais perigosos.

A combustão é a reação mestra do processo de fabricação do cimento. Os fornos das cimenteiras possuem características que os credenciam como instalações para o processamento dos respectivos resíduos. A alta temperatura (em torno de 1500°C) (figuras 2.2.2 e 2.2.3), a turbulência no interior do forno, o tempo de residência dos

Tabela 2.2.1. Variedade de Resíduos Coprocessados. Fonte: Kihara, 2011.

<ul style="list-style-type: none"> ■ Resíduos com bom valor calorífico <ul style="list-style-type: none"> - Solventes - Resíduos oleosos - Óleos usados (de carro e fábricas) - Graxas - Lama de processos químicos - Fundos de destilação - Resíduos de empacotamento - Resíduos de fábricas de borracha - Pneus usados - Resíduos de picagem de veículos - Resíduos têxteis - Resíduos plásticos - Serragem - Resíduos de fábricas de papel - Lama de esgoto municipal - Farinha e ossos de animais - Grãos de validade vencida 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Resíduos com baixo valor calorífico <ul style="list-style-type: none"> - Resíduos aquosos - <u>Resíduos urbanos</u> - Água poluída com solventes - Água de processos químicos - Água de plantas de pintura - Lama derivada de esgoto industrial ■ Matérias-primas alternativas <ul style="list-style-type: none"> - Lama com alumina (alumínio) - Lamas siderúrgicas (ferro) - Areia de fundição (sílica) - Terras de filtragem (sílica) - Refratários usados (alumínio) - Resíduos da fabricação de vidros (flúor) - Gesso - Cinzas - Escórias
---	---

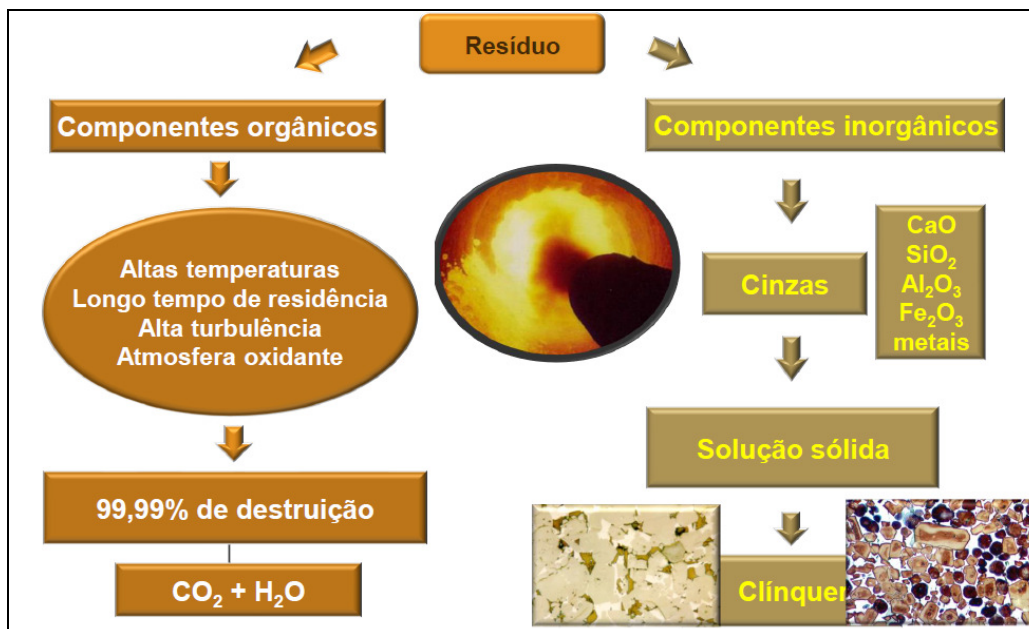


Figura 2.2.1. Ilustração Esquemática da Destruição do Resíduo no Forno.

Fonte: Kihara, 2011.

gases (aproximadamente 5s), entre outros parâmetros da combustão na produção de cimento, são ideais para a destruição ambientalmente segura de resíduos perigosos (ABCP, 2006; ABCP, 2014a). Assim, compostos tóxicos perigosos presentes nesses materiais são destruídos completamente (Ottoboni et al., 1998). Todavia é importante observar, que para uma queima eficaz dos resíduos, algumas precauções devem ser tomadas em relação ao modo com que esse material é introduzido no forno. O local mais apropriado de injeção é o queimador principal junto à saída do clínquer, porque assim consegue-se que a temperatura e o tempo de residência sejam maximizados (CCI, 2000). Alguns resíduos necessitam de pré-tratamento antes de serem injetados no forno. Tal processo é denominado de blendagem, que trata-se de uma mistura de resíduos compatíveis, através da qual se obtém-se um produto homogêneo com características físico-químicas constantes, independente dos materiais usados (Figueiredo et al., 2008), resultando em um material (figura 1.2.5) que propiciará uma combustão mais estável no forno rotativo (Maringolo, 2001). No entanto, o coprocessamento não é uma solução para todo tipo de resíduo. Materiais descartados de serviços de saúde, produtos domésticos não selecionados, elementos radioativos, agrotóxicos, asbestos, explosivos, substâncias organocloradas e aquelas com alto teor de metais pesados; são materiais de utilização proibida nessa técnica (CCI, 2000; Kihara, 2011).

Segundo Kara (2012), o coprocessamento é uma técnica de destruição térmica de resíduos onde se aproveita a energia calorífica da combustão desses materiais dentro do processo de fabricação de clínquer na indústria cimenteira, mantendo a qualidade da produção em conformidades com as normas, isto é, sem alterar a qualidade do cimento produzido. Os resíduos são incinerados no forno rotativo de cimento à temperatura da ordem de 1200°C a até 2000°C. As altas temperaturas, associadas ao tempo de residência de aproximadamente 30 minutos para os materiais sólidos e 3 segundos para os gases, condições de oxigenação adequadas, alta turbulência, ambiente alcalino, interação dos gases de combustão com a matéria-prima; propiciam a destruição de quase toda matéria orgânica, neutralizam e adsorvem alguns contaminantes, e incorporam as cinzas dos compostos inorgânicos ao clínquer sem prejuízo para qualidade do cimento fabricado (Maringolo 2001; Mokrzycki & Uliasz-Bochenczyk 2003; Mokrzycki, Uliasz-Bochenczyk & Sarna 2003; Salomon 2002).

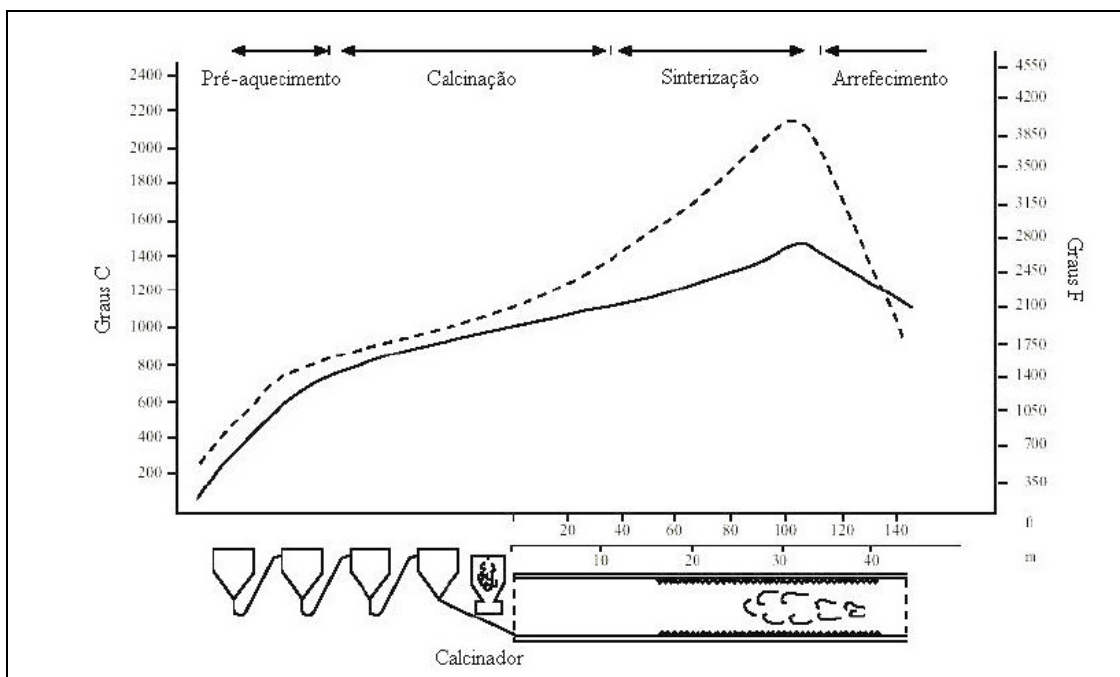


Figura 2.2.2. Perfis Típicos de Temperatura Para os Gases (linha tracejada) e Sólidos (linha sólida) num Forno de Cimento com Pré-aquecedor e Pré-calcinador. Fonte: CCI, 2000 apud USEPA, 1999.

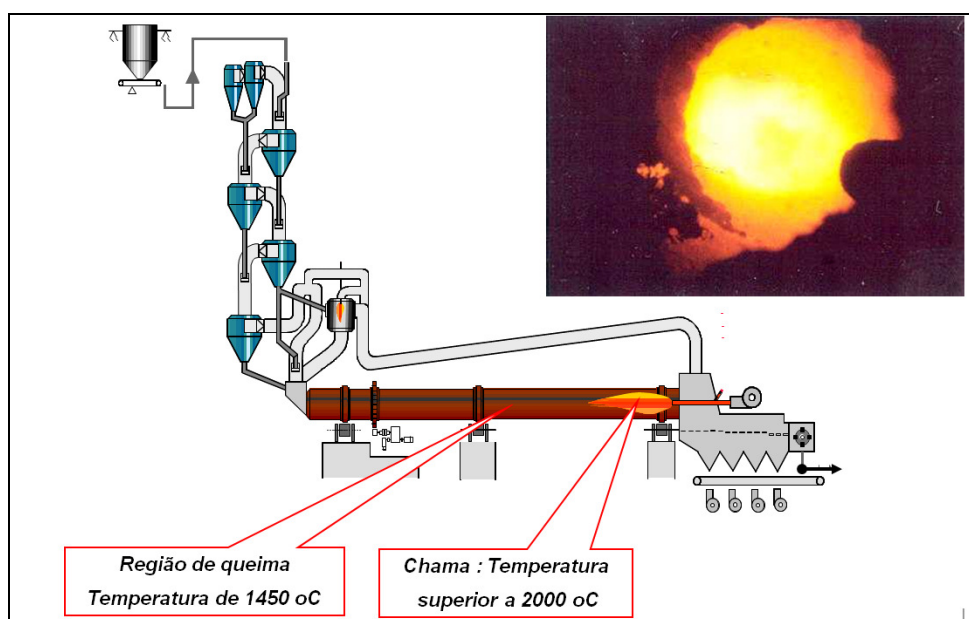


Figura 2.2.3. Temperaturas no Interior do Forno Rotativo e Fotografia da Chama do Maçarico (canto superior direito). Fonte: Cimenteira Estudada, 2013.

Quase 40 anos de experiência em todo o mundo tem mostrado que as emissões provenientes de cimenteiras que coprocessam resíduos perigosos, não são

significativamente diferentes daquelas provenientes da queima de combustível convencional (Karstensen, 2012). Há cerca de 10 anos, acreditava-se que a indústria cimenteira era a principal responsável pelas emissões atmosféricas de dioxinas e furanos. Entretanto, de acordo com análises de dados dessas respectivas emissões, concluiu-se que o processo de produção de cimento representa taxas inferiores a 1% do total das emissões de dibenzo-p-dioxinas policloradas e dibenzofuranos policlorados (Brenhas et al., 2009).

Pode-se verificar com o coprocessamento, que pela grande capacidade de destruição térmica do forno rotativo, não há influencia aditiva nas emissões de micro-poluente clorados. Em termos de gases de efeito estufa, cumprem-se parâmetros de Quioto (Genon, 2008) e há redução na quantidade de CO₂ emitida (Battelle, 2002; Hashimoto et al., 2010; Kara, 2012; Karstensen, 2007; Karstensen et al., 2010; Karstensen, 2012; Mantus, 1992; WBCSD, 2005).

Estudos realizados por anos em fábricas de cimento no mundo todo tem evidenciado claramente as vantagens da utilização de resíduos como combustível alternativo. O emprego desses materiais inservíveis, gera benefício ambiental e é uma forma de baratear o custo de produção do cimento, reduzindo os gastos com energia, que representam 30-40% dos custos totais de produção de cimento, assim proporcionando vantagem competitiva à indústria (Battelle, 2002; Karstensen, 2007; Mantus, 1992; Mokrzycki & Uliasz-Bochenczyk 2003; Mokrzycki, Uliasz-Bochenczyk & Sarna 2003; WBCSD, 2005).

A utilização de resíduos como elementos energéticos alternativos, ainda permite a redução do consumo de combustíveis fósseis tradicionais, conservando os recursos naturais; fornece destino final adequado aos materiais descartados, recuperando o potencial energético neles contido; e representa uma opção de solução na questão energética (Battelle, 2002; Genon, 2008; Kara, 2012; Karstensen, 2007; Karstensen et al., 2010; Mantus, 1992; Murray & Price, 2008; Strazza et al., 2011; WBCSD, 2005).

Benefícios ambientais são alcançados quando há a substituição de carvão ou coque (combustíveis fósseis) por resíduos como fonte energética alternativa (CEMBUREAU,

1999; CENBUREAU, 2009; Genon, 2008; Mokrzycki, Uliasz-Bochenczyk & Sarna, 2003).

No contexto da gestão de resíduos (figura 2.2.4), o coprocessamento coloca-se como uma opção na recuperação de recursos, imediatamente após à prevenção e política dos 3 R's (redução, reuso e reciclagem dos materiais) (SECIL, 2007; Kihara, 2011).

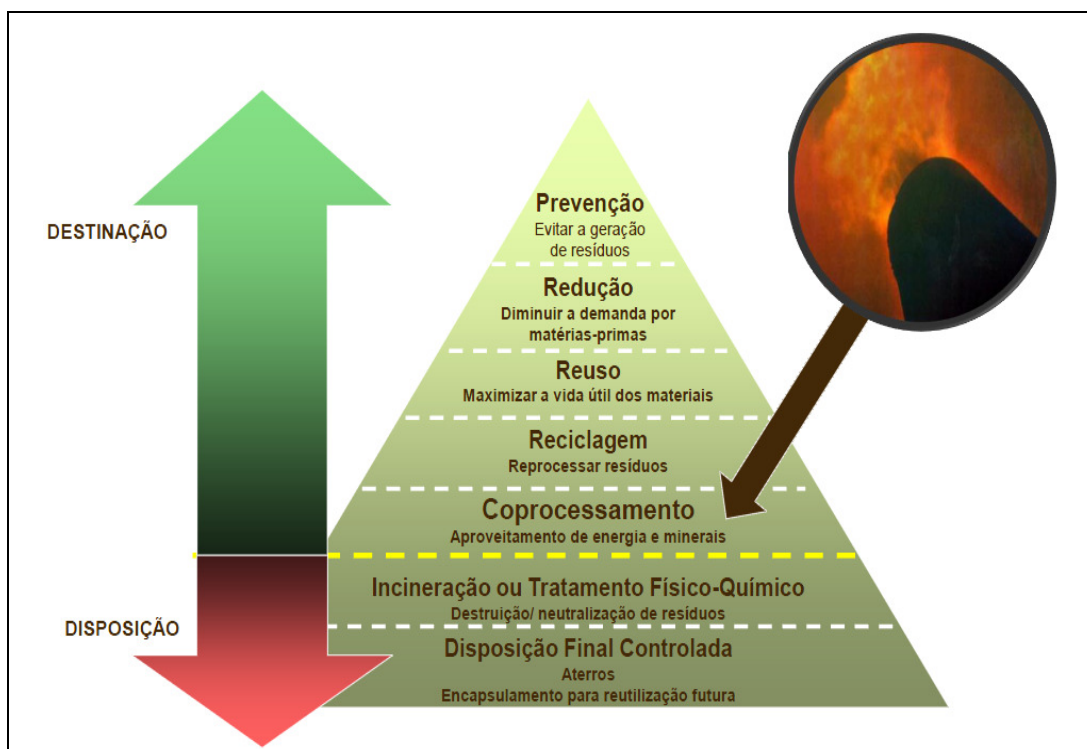


Figura 2.2.4. Representação Esquemática da Hierarquia de Sustentabilidade e Opções no Tratamento de Resíduos. Fonte: Kihara, 2011.

Com a utilização de equipamentos industriais (das cimenteiras) para destruição de resíduos industriais perigosos, quatro fatores importantes resultantes dessa prática podem ser observados (CCI, 2000):

- 1) A possibilidade da valorização energética de várias substâncias ditas “irrecuperáveis” por conta de suas composições heterogêneas;
- 2) O investimento relativamente pequeno necessário à adaptação de equipamentos já existentes, cujos custos de operação a princípio já estão garantidos pela finalidade econômica praticada;
- 3) O grande potencial térmico desses equipamentos;

- 4) O incremento da competitividade resultante da utilização de combustíveis alternativos com menores custos, e a promoção de vantagem estratégica pelo respectivo uso, bem como pela possibilidade de diversificação das fontes energéticas.

São apresentadas a seguir, sucintamente as vantagens e desvantagens da prática de coprocessamento, das quais muitas dessas foram reconhecidas na Convenção da Basileia (Basel Convention – Technical Guidelines on Incineration on Land, 2004) (Brenhas et al., 2009).

Vantagens:

- Os fornos rotativos atingem altas temperaturas e apresentam elevados tempos de residência, e por conta da inércia térmica, as variações de temperatura são de fácil controle porque ocorrem lentamente;
- Os metais são incorporados e fixados no clínquer e as moléculas orgânicas presentes nos resíduos são totalmente destruídas;
- Os custos de investimento para adequação à prática do coprocessamento são baixos, e estão relacionados com equipamentos de controle de emissões e estruturas de armazenamento e abastecimento de resíduos;
- A quantidade de resíduos a ser tratada não é uma condicionante do processo como na incineração dedicada, pelo fato do objetivo da instalação ser a de produzir cimento;
- O aumento da competitividade da indústria cimenteira pelo barateamento do combustível quando este é substituído por resíduos;
- Um melhor desempenho ambiental dessas unidades industriais por conta da exigência de se adotar tecnologias de tratamento e controle das emissões;
- A valorização energética dos resíduos industriais perigosos, sem geração de novos materiais residuais;
- A economia de recursos naturais não renováveis.

Desvantagens:

- O coprocessamento só pode ser praticado em unidades já existentes, portanto sem permitir uma flexibilidade na escolha do local;

- Resíduos que possuam cloro não podem ser usados pois níveis elevados desse elemento prejudicam a qualidade do cimento, bem como o funcionamento do sistema;
- A necessidade de preparação prévia dos resíduos, como o processo de blendagem;
- Custo adicional em termos de investimentos e manutenção de equipamentos, por conta de um controle mais apurado das emissões.

A Comissão Científica Independente de Controlo e Fiscalização Ambiental da Co-incineração de Portugal (CCI), em seu Parecer Relativo ao Tratamento de Resíduos Industriais Perigosos do ano de 2000, recomenda a técnica de coprocessamento em fornos de cimenteiras, baseada em alguns fatores como: o fato de não implicar um acréscimo previsível de emissões nocivas para a saúde quando comparada ao uso de combustíveis fósseis tradicionais, menores impactos ao meio ambiente que as incineradoras dedicadas, a contribuição para minimização do efeito estufa conduzindo a uma maior recuperação energética, o não incremento nos impactos ambientais em relação aos do processo produtivo de cimento quando respeitados os limites fixados, as razões econômicas mais favoráveis frente aos investimentos e custos operacionais.

II. 3. O Cenário Nacional

A economia brasileira vem crescendo bastante nos últimos anos, e associado a tal incremento, observa-se aumento do consumo, que por sua vez amplia a demanda por matérias-primas bem como suas respectivas atividades de processamento, resultando em uma elevação na geração de resíduos, com conseqüente necessidade de ampliação das opções e métodos de tratamento e para com a disposição final desses materiais. Neste contexto, as atividades industriais geram tipos variados de subprodutos, resíduos, e rejeitos, com inúmeras características, oriundos dos diferentes setores industriais tais como do petroquímico, químico, metalúrgico, de celulose, alimentício, minerador, têxtil, entre outros. Os resíduos industriais são bastante variados, sendo representados por aqueles provenientes de processos, operações de controle de poluição ou

descontaminação, materiais adulterados, substâncias vindas de atividades de remediação de solo contaminado, purificação de matérias-primas e produtos. Lodos, óleos, cinzas, plásticos, papéis, fibras, borracha madeira, metal, vidro, materiais alcalinos ou ácidos, escórias, também se incluem neste rol de materiais residuais. Entre todos estes resíduos industriais citados, estão incluídas quantidades significativas de material perigoso, algo em torno de 40%, o qual necessita de tratamento especial devido seu grande potencial de impacto à saúde e meio ambiente (IPEA, 2012 apud Tocchetto, 2009).

Não existe atualmente um inventário brasileiro de resíduos industriais. O que se têm são dados relativos à geração desses materiais em alguns estados, os quais representam informações desatualizadas e sem padronização, assim sem condições de se realizar uma consolidação das informações nacionais, tanto no quantitativo de resíduos, quanto na tipologia, bem como a respeito do ramo de atividade gerador no país.

Outras situações que não permitem ainda a realização de um diagnóstico completo e atualizado desta classe de resíduos são: a não elaboração de inventários de resíduos industriais por alguns estados da Federação, a falta de padronização para tal procedimento (geralmente quando se faz o inventariado não há padronização), realização de alguns inventários de acordo com as especificidades e perfis dos setores produtivos existentes em determinado estado, inventários elaborados a partir de coleta de dados em diferentes períodos (ano-base), e a desatualização na maioria dos que existem (anteriores a 2003) (IPEA, 2012).

Contudo, diante da situação em que se encontra o inventariado de resíduos industriais no Brasil, o Relatório de Pesquisa do Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada em 2012, apresenta as informações contidas na tabela 2.3.1., onde os dados referentes aos Estados do Acre, Amapá, Ceará, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul; foram extraídos de seus respectivos inventários estaduais de resíduos industriais. Já os dados dos Estados do Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo, foram originados do Panorama das Estimativas de Geração de Resíduos Industriais,

realizado em 2003, pela Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE).

Tabela 2.3.1. Dados da Geração de Resíduos Industriais no Brasil. Fonte: IPEA, 2012; apud Estado do Amapá, 2007; Estado do Ceará, 2004; Estado de Minas Gerais, 2010; Estado da Paraíba, 2004; Estado de Pernambuco, 2001; Estado do Rio Grande do Norte, 2003; Estado do Rio Grande do Sul, 2002; ABRELPE, 2007.

<u>Estados</u>	<u>Resíduos Perigosos</u>	<u>Resíduos Não Perigosos</u>	<u>Total</u>
Acre	5.500	112.765	118.265
Amapá	14.341	73.211	87.552
Ceará	115.238	393.831	509.069
Goiás	1.044.947	12.657.326	13.702.273
Mato Grosso	46.298	3.448.856	3.495.154
Minas Gerais	828.183	14.337.011	15.165.194
Paraíba	657	6.128.750	6.129.407
Pernambuco	81.583	7.267.930	7.349.513
Paraná	634.543	15.106.393	15.740.936
Rio Grande do Norte	3.363	1.543.450	1.546.813
Rio Grande do Sul	182.170	946.900	1.129.070
Rio de Janeiro	293.953	5.768.562	6.062.515
São Paulo	535.615	26.084.062	26.619.677
Total	3.786.391	93.869.046	97.655.438

O coprocessamento vem sendo utilizado há aproximadamente 40 anos na Europa, Estados Unidos e Japão (ABCP, 2014a). Mais de 10 milhões de toneladas de resíduos perigosos são coprocessados em fornos de cimento em todo o mundo anualmente

(Karstensen, 2012). No Brasil, seu início se deu no começo dos anos de 1990, onde 36 fábricas instaladas (figura 2.3.1) estão licenciadas para tal prática. A região Sudeste é a que possui o maior número de unidades licenciadas; 17 no total, número que representa 33% das fábricas consideradas adequadas para essa atividade (ABCP, 2014b).

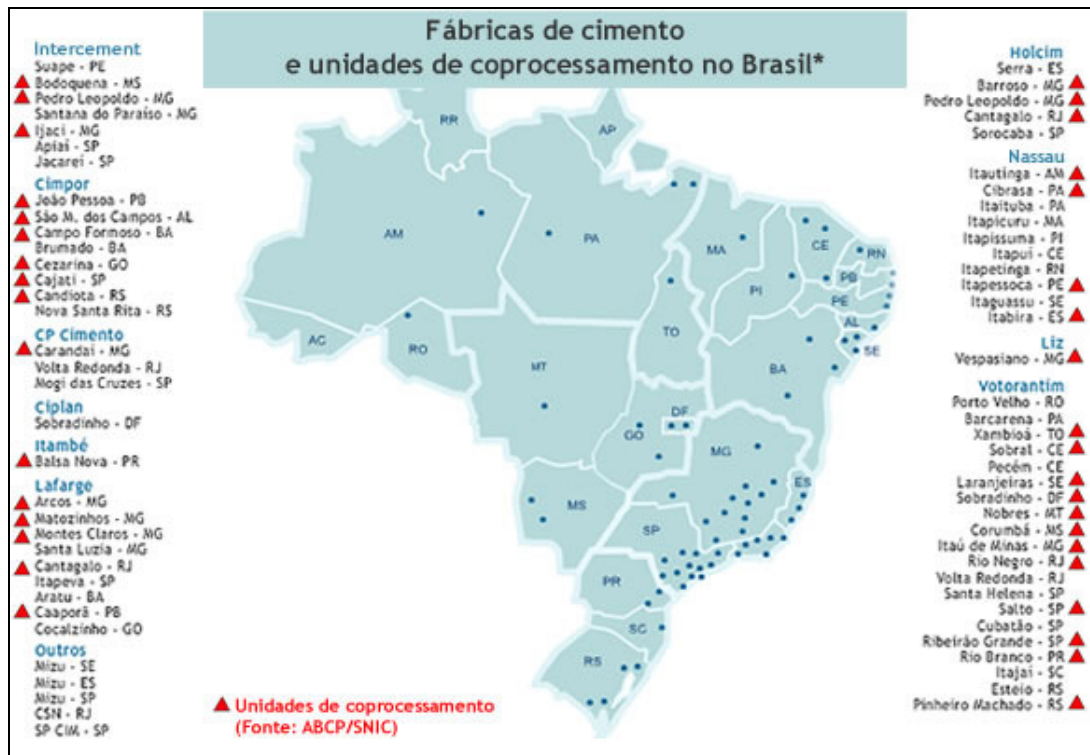


Figura 2.3.1. Localizações Geográficas das Fábricas de Cimento e Unidades de Coprocessamento no Brasil. Fonte: ABCP, 2014c.

A figura 2.3.2 ilustra o perfil evolutivo do crescimento do coprocessamento no Brasil de 2000 até 2012.

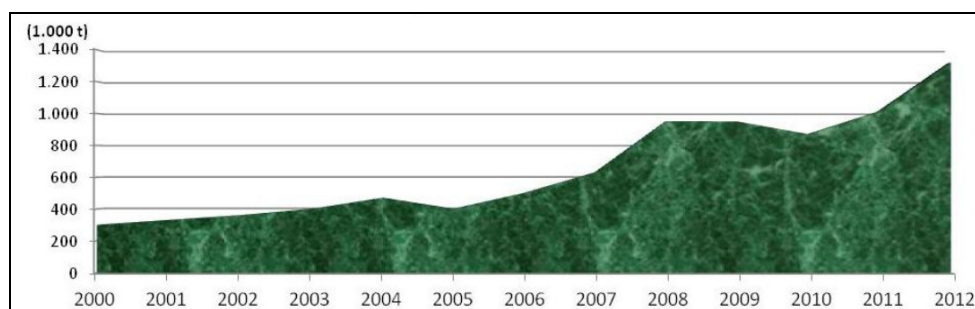


Figura 2.3.2. Perfil Evolutivo do Coprocessamento no Brasil. Fonte: ABCP, 2012.

Os resíduos coprocessados no país no ano de 2012, representaram a eliminação de um passivo ambiental de 1,32 milhões de toneladas. Desse montante, 38% (500.000 toneladas) foram utilizados como substitutos de matérias-primas, e os outros 62% como combustíveis alternativos, sendo que desses materiais com potencial energético, 17% foram constituídos por pneus usados de automóveis (figura 2.3.3).

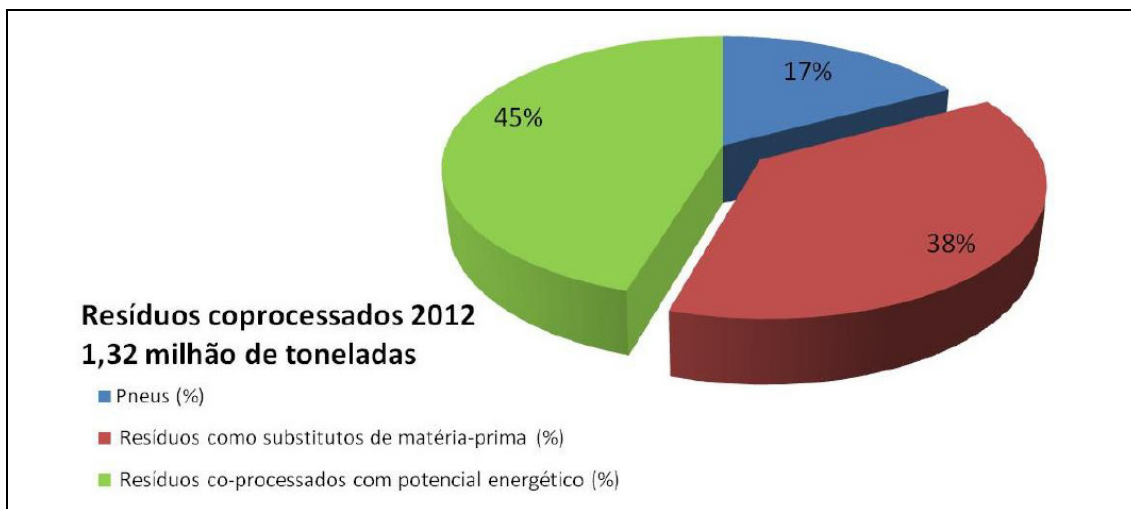


Figura 2.3.3. Resíduos Coprocessados no Brasil em 2012. Fonte: ABCP, 2012.

A taxa de substituição térmica no respectivo ano decorrente do uso de combustíveis alternativos chegou aos 9% (ABCP, 2012). Acredita-se que a capacidade de co-incineração nacional possa atingir 2.500.000 de toneladas/ano (Kihara, 2011).

II.4. Políticas e Legislação

Neste subcapítulo serão apresentadas as principais políticas e legislação brasileiras a respeito dos resíduos industriais e coprocessamento.

A Constituição Federal do Brasil (1988), em seu artigo 225, estabelece:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações...”

A Lei 6.938 de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), criando o SISAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente), cujo objetivo foi o estabelecimento de padrões que tornassem possível o alcance de um desenvolvimento sustentável, utilizando para esse fim, mecanismos e instrumentos capazes de conferir uma maior proteção ao meio ambiente (Brasil, 1981).

São princípios da PNMA: o equilíbrio ecológico; a racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar; o planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais; a proteção dos ecossistemas; o controle e zoneamento das atividades com potencial ou efetivamente poluidoras; o acompanhamento da qualidade ambiental; a recuperação de áreas degradadas; a proteção de áreas ameaçadas de degradação; e a educação ambiental em todos os níveis de ensino (Brasil, 1981).

O SISAMA, agrupa os órgãos e instituições ambientais da União, Estados, Municípios e do Distrito Federal, cuja finalidade primordial é dar cumprimento aos princípios constitucionalmente previstos e nas normas instituídas, apresentando a seguinte estrutura (Brasil, 1981):

- Órgão Superior: Conselho de Governo;
- Órgão Consultivo e Deliberativo: CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente;
- Órgão Central: Ministério do Meio Ambiente;
- Órgão Executor: IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente;
- Órgãos Seccionais: os dos estados responsáveis pela execução de programas, projetos e controle/fiscalização de atividades que possam degradar o meio ambiente;
- Órgãos Locais: os órgãos ou entidades municipais responsáveis pelo controle e fiscalização destas atividades prejudiciais ao meio ambiente, nas suas respectivas jurisdições.

A Lei 6.938 de 1981, é também responsável pela criação dos Estudos e Relatórios de Impactos Ambientais, necessários para obtenção da licença de implantação para empreendimentos de atividades econômicas que possam afetar significativamente o meio ambiente (Brasil, 1981).

A Resolução nº 6 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 1998, determina que as empresas têm que fornecer informações a respeito dos resíduos

gerados, e delega responsabilidade aos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente para que consolidem tais dados apresentados, com o propósito de se elaborar assim o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos. A respectiva resolução foi revogada em 2002, ocasião em que o CONAMA publicou a Resolução nº 313, a qual dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, e trata de aspectos a respeito da geração, características, armazenamento, transporte, tratamento, reutilização, reciclagem, recuperação e disposição final dos resíduos industriais.

De acordo com a respectiva Resolução nº 313/2002, alguns setores industriais, tais como, os de preparação e fabricação de artefatos de couro, refino de petróleo, fabricação de coque, combustíveis nucleares, produção de álcool, fabricação de produtos químicos, metalurgia, fabricação e montagem de veículos automotores, entre outros; deveriam apresentar ao Órgão Estadual de Meio Ambiente, no máximo um ano após a publicação desta resolução, informações sobre geração, características, armazenamento, transporte e destinação de seus resíduos sólidos. Isto é, essas informações deveriam ter sido apresentadas ao Órgão Ambiental Estadual até novembro de 2003, e seguidas com atualizações bienais. As indústrias também, dois meses após a publicação dessa resolução, estavam obrigadas a registrar todo mês, bem como manter na unidade industrial os dados referentes à geração, características, armazenamento, tratamento, transporte e destinação dos resíduos gerados; para fomentar o Inventário Nacional dos Resíduos Industriais. Ainda, tais informações deveriam ter sido repassadas pelos Órgãos Ambientais Estaduais ao IBAMA até novembro de 2004, sendo atualizadas a cada dois anos. Os Órgãos Estaduais de Meio Ambiente junto ao IBAMA deveriam ter elaborado até novembro de 2005 os Programas Estaduais de Gerenciamento de Resíduos Industriais, e até novembro de 2006, o Plano Nacional para Gerenciamento de Resíduos Industriais (Brasil, 2002a).

Grande parte das exigências da Resolução Conama 313/2002 ainda não foi cumprida. As informações referentes à geração, ao tratamento e à destinação são raras e pobres, excetuando-se alguns casos específicos. Vários Estados brasileiros não possuem inventários recentes, ou em determinados casos, nem existe (IPEA, 2012).

Em 2010, entra em vigor a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A PNRS está alinhada aos esforços para transição para uma economia verde. Dentre seus princípios

estão: a prevenção, precaução, o poluidor-pagador e protetor-recebedor, visão sistêmica na gestão de resíduos (considera variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública), desenvolvimento sustentável, ecoeficiência, cooperação entre as diferentes esferas do poder público (setor empresarial e demais segmentos da sociedade), responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, reconhecimento do resíduo sólido (reutilizável e reciclável) como bem econômico e de valor social (gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania), respeito às diversidades locais e regionais, e direito da sociedade à informação. Aponta como objetivos: proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais; redução do volume e da periculosidade dos resíduos; incentivo à indústria da reciclagem, para fomentar uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados; gestão integrada de resíduos sólidos, articulação entre as diferentes esferas do poder público e destas com o setor empresarial (cooperação técnica e financeira), capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos; a regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos (Brasil, 2010b).

A PNRS também tem a pretensão de incentivar o desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e à revalorização dos resíduos sólidos, seja por reciclagem, ou pelo aproveitamento do valor energético dos resíduos não recicláveis e dos rejeitos. Quanto aos resíduos perigosos, define que as indústrias devem elaborar seus planos de gerenciamento desses materiais e submetê-los ao Órgão Ambiental competente, para que assim sejam estabelecidas exigências específicas por regulamento, em relação ao respectivo plano de gerenciamento (Brasil, 2010b).

A Resolução CONAMA 264/99 aplica-se ao licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de coprocessamento de resíduos, excetuando-se os

resíduos: domiciliares brutos, de serviços de saúde, radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins. Tal Resolução, define que o coprocessamento de resíduos em fornos de produção de clínquer deve ser realizada de maneira que esteja garantida a qualidade ambiental, evitem-se danos e riscos à saúde e atenda aos padrões de emissão (fixados nessa própria Resolução); que o cimento resultante da utilização de resíduos no processo produtivo, não deve agregar substâncias ou elementos em quantidades tais capazes de afetar a saúde humana e o meio ambiente; que para o resíduo ser utilizado com substituto de matéria-prima, é necessário que esse apresente características similares aos dos componentes normalmente empregados na produção de clínquer, incluindo nesse caso os materiais mineralizadores e/ou fundentes; e, que para fins de reaproveitamento energético, pode-se utilizar resíduo como substituto de combustíveis tradicionais, desde que o ganho de energia seja comprovado (Brasil, 1999).

Segundo a CONAMA 264/99, o processo de Licenciamento Ambiental para o coprocessamento, tecnicamente baseia-se nos seguintes estudos, que deverão ser apresentados pelo requerente interessado (Brasil, 1999):

- Estudo de Viabilidade de Queima - EVQ;
- Plano de Teste em Branco;
- Relatório de Teste Branco;
- Plano de Teste de Queima - PTQ;
- Relatório de Teste de Queima;
- Análise de Risco.

O EVQ é um estudo teórico com intuito de se avaliar a compatibilidade do resíduo a ser coprocessado com as características operacionais do processo e os impactos ambientais resultantes. Devem estar contempladas no respectivo EVQ as informações referentes: à fábrica de cimento requerente; aos resíduos, bem como os objetivos de utilização desses materiais; à descrição do processo e equipamentos; às matérias-primas; aos combustíveis; e aos equipamentos de controle de poluição. Em relação aos dados dos resíduos, deve estar especificada a descrição sucinta do processo de geração desses materiais e um breve fluxograma indicando o ponto de geração dos mesmos; as suas

caracterizações qualitativas e quantitativas, contendo: estado físico, quantidade gerada e estocada, poder calorífico inferior, viscosidade (no caso de líquidos), composição provável; teor de cinzas, umidade, metais pesados, cloro total, cloretos e enxofre; classificação (conforme a Norma ABNT - NBR-10.004), e descrição do sistema de armazenamento (Brasil, 1999):

Após a aprovação do Estudo de Viabilidade de Queima - EVQ, o Órgão Ambiental analisará o Plano de Teste em Branco e aprovará a realização do Teste em Branco, que trata-se do conjunto de medições realizadas no forno em funcionamento normal, operando sem a alimentação de resíduos, para avaliação das condições operacionais, bem como o desempenho ambiental da unidade fabril sem o coprocessamento de resíduos (Brasil, 1999).

A CONAMA 264/99, define Teste de Queima como (Brasil, 1999):

“O Conjunto de medições realizadas na unidade operando com a alimentação de resíduos, para avaliar a compatibilidade das condições operacionais da instalação de produção de clínquer com o atendimento aos limites de emissões definidos na presente Resolução e com as exigências técnicas fixadas pelo Órgão Ambiental.”

O Teste de Queima não deverá apresentar risco significativo de qualquer natureza à saúde pública e ao meio ambiente, sendo necessárias as seguintes condições prévias para sua realização: Plano de Teste de Queima aprovado pelo Órgão Ambiental competente; ter instalados, calibrados e em condição de funcionamento, pelo menos, os seguintes monitores contínuos e seus registradores: CO, O₂, temperatura e pressão do sistema forno, taxa de alimentação do resíduo e parâmetros operacionais dos equipamentos de controle de poluição; ter instalado e em funcionamento um sistema de alimentação para o resíduo, em condições de segurança e operacionalidade; possuir também instalado e em funcionamento um sistema de intertravamento para interromper automaticamente a alimentação de resíduos nos casos de: emissão acima dos limites previstos nesta Resolução dos poluentes monitorados continuamente, queda da temperatura normal de operação, pressão positiva no forno, ausência de energia elétrica ou queda brusca de tensão, diminuição do teor de O₂ no sistema, mau funcionamento dos monitores e registradores (de temperatura, O₂, CO ou THC), interrupção do

funcionamento dos equipamentos de controle de poluição, e níveis de temperatura da entrada do precipitador eletrostático superior a duzentos graus Celsius (Brasil, 1999).

Segundo a CONAMA 264/99, em relação aos compostos orgânicos perigosos, a Eficiência de Destruição e Remoção (EDR) dessas substâncias, deverá ser de no mínimo de 99,99 % (Brasil, 1999).

A tabela 2.4.1, apresenta os limites máximos de emissão atmosférica para o coprocessamento, fixados na Resolução CONAMA 264/99. A critério do órgão ambiental local (Estadual), os limites de emissão poderão ser mais restritivos, em função dos seguintes fatores: a capacidade de dispersão atmosférica dos poluentes, considerando as variações do relevo e clima da localidade; ou a intensidade de ocupação industrial e os parâmetros de qualidade do ar da região (Brasil, 1999).

A respeito do monitoramento ambiental, a CONAMA 264/99, estabelece que deverão ser monitorados de forma contínua os seguintes parâmetros: pressão interna, temperatura dos gases do sistema forno e na entrada do precipitador eletrostático; vazão de alimentação do resíduo; material particulado; O₂; CO; NO_x; e/ou THC quando necessário. De forma não contínua: SO_x, PCOPs, HCl/Cl₂, HF, bem como os elementos e substâncias inorgânicas elencados na tabela 2.4.1 (Brasil, 1999).

A Resolução 264/99, também define obrigatoriedades para com as Unidades de Mistura e Pré-condicionamento de Resíduos, as quais são passíveis de licenciamento pelo Órgão Ambiental competente (Brasil, 1999).

O pessoal envolvido com a operação das unidades de mistura, pré-condicionamento e coprocessamento; deverá receber periodicamente treinamento específico com relação ao processo, manuseio e utilização de resíduos, bem como a respeito dos procedimentos a serem adotados nas eventuais situações de emergência e anormalidades durante o processo (Brasil, 1999).

Os resíduos a serem recebidos pela unidade de mistura e/ou pela instalação responsável por sua utilização deverão ter análise prévia para determinação de suas propriedades

físico-químicas, procedendo-se ao registro das seguintes informações: origem e a caracterização do resíduo; métodos de amostragem e análise utilizados, com respectivos limites de detecção, de acordo com as normas vigentes; parâmetros analisados em cada resíduo; e a incompatibilidade com outros resíduos (Brasil, 1999).

Tabela 2.4.1. Limites Máximos de Emissão CONAMA 264/99. Fonte: Brasil, 1999.

POLUENTE	LIMITES MÁXIMOS DE EMISSÃO
HCL	1,8 kg/h ou 99% de redução
HF	5 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
CO*	100 ppmv corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
MP	70 mg/Nm ³ farinha seca corrigido a 11% de O ₂ (base seca)
THC (expresso como propano)	20 ppmv corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
Mercurio (Hg)	0,05 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
Chumbo (Pb)	0,35 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
Cádmio (Cd)	0,10 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
Tálio (Tl)	0,10 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
(As+Be+Co+Ni+Se+Te)	1,4 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
(As+Be+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Pb+Sb+Se+Sn+Te+Zn)	7,0 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)

* As concentrações de CO na chaminé não poderão exceder a 100 ppmv em termo de média horária.

O Estudo de Análise de Risco integra o processo de Licenciamento Ambiental e deve ser realizado pela unidade coprocessadora de acordo com os procedimentos e normas estabelecidas pelo Órgão Ambiental competente, contemplando avaliação dos riscos oriundos de emissões acidentais, como também das não acidentais (Brasil, 1999).

A Resolução CONAMA 316/02 dispõe sobre os procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos, todavia em relação à atividade de coprocessamento, traz o limite máximo de emissão atmosférica para dioxinas e furanos, no valor de 0,50 ng/Nm³ (expressos em TEQ - total de toxicidade equivalente da 2,3,7,8 TCDD tetracloro-dibenzo-para-dioxina). Essa Resolução determina a obrigatoriedade dos: Plano de Contingência, Plano de Emergência e Plano de Desativação. O Plano de Contingência visa identificar as respostas para um conjunto de situações de emergência, atribuindo tarefas às pessoas envolvidas, equipamentos a serem utilizados e planos de evacuação, caso haja necessidade. O Plano de Emergência

deve contemplar no mínimo, os procedimentos a serem adotados nos casos de: incêndio na estocagem de resíduos; riscos nas operações de descarregamento; vazamentos das áreas de estocagem e manuseio de resíduos perigosos para o meio ambiente, ou para se prevenir contra enchentes; falhas e interrupção de fornecimento de energia elétrica; exposição indevida de pessoas aos resíduos; liberação de gases para o ambiente (Brasil, 2002).

O encerramento das atividades dos sistemas de tratamento térmico deverá ser precedido da apresentação de Plano de Desativação, contemplando no mínimo: a descrição de como e quando a unidade será parcialmente ou completamente desativada, o diagnóstico ambiental da área, o inventário dos resíduos em estoque, a descrição dos procedimentos de descontaminação das instalações, a destinação dos resíduos estocados e dos materiais e equipamentos contaminados, bem como o cronograma de desativação (Brasil, 2002).

Ainda no contexto do coprocessamento, no âmbito regional, isto é, estadual, regulamentações próprias daquela unidade federativa, podem existir, como por exemplo há nos estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Paraná. No Rio Grande do Sul há a Resolução 02/2000 do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA, que dispõe sobre o licenciamento ambiental para o coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. Minas Gerais conta com a Deliberação Normativa COPAM nº 154/2010 do Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM, que também trata do coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. São Paulo possui a Norma Técnica P4.263 da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental - CETESB, que traz os procedimentos para utilização de resíduos em fornos de produção de clínquer. O Estado do Paraná detem duas normatizações próprias: a Resolução 054/06 da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA, que define critérios para o controle da qualidade do ar como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental; e a 076/09 do Conselho Estadual do Meio Ambiente, que estabelece critérios a serem atendidos em atividades de coprocessamento de resíduos, para fins de substituição de matéria-prima ou combustível.

CAPÍTULO III – A CIÊNCIA TOXICOLÓGICA

III.1 – Conceitos Fundamentais em Toxicologia

A toxicologia é definida como a ciência que estuda os efeitos adversos provenientes da interação entre sistemas biológicos e agentes químicos (Klaassem & Watkins III, 2012; Oga et al., 2008; USP, 2008a). Tal ciência investiga a ocorrência, a incidência, a natureza, os mecanismos e os fatores de riscos dos efeitos negativos dos agentes químicos sobre os seres vivos (Oga et al., 2008). Segundo Casarett (1996), toxicologia é a ciência que define os limites de segurança dos agentes químicos. Conforme enunciado há cerca de 400 anos por Paracelsus, todas as substâncias são tóxicas, porém o que diferencia o veneno do remédio é a dose (USP, 2008a).

O conhecimento a respeito dos efeitos toxicológicos de um componente químico incide sobre os produtos de consumo, os processos de fabricação, os fármacos e a manipulação de resíduos. Afeta também as medidas regulamentadoras, legislações, bem como as decisões políticas em geral.

A penetração de um xenobiótico (termo utilizado para designar agentes químicos estranhos aos organismos vivos) num sistema biológico pode provocar danos reversíveis e irreversíveis. Esses acometimentos adversos são denominados efeitos tóxicos. A maneira através da qual um componente químico exerce seu efeito nocivo a um sistema biológico é chamado ação tóxica. Assim, a ação tóxica refere-se à interação de um agente químico exógeno com um receptor orgânico em nível molecular, que consequentemente produzirá um dano, isto é, um efeito tóxico. De acordo com a magnitude desse efeito, poderão ser observadas desde pequenas alterações bioquímicas reversíveis, até modificações biológicas relevantes, resultando na possibilidade do aparecimento de sinais e sintomas relacionados, bem como doenças propriamente ditas (USP, 2008a). A manifestação dos efeitos tóxicos é conhecida como intoxicação, que trata-se de um processo patológico ocasionado por agentes químicos exógenos (em alguns casos também substâncias químicas endógenas) caracterizado por desequilíbrio fisiológico por conta das alterações bioquímicas orgânicas ocorridas (Oga et al., 2008).

De acordo com as condições de exposição, qualquer agente químico pode agir como um toxicante, desencadeando efeitos nocivos aos seres vivos. Os efeitos tóxicos induzidos por um componente químico ou por sua degradação biológica (biotransformação), somente ocorrerão caso o tempo de exposição e a concentração sejam suficientes para tal; a suscetibilidade do sistema biológico e o alcance do órgão-alvo são condições também necessárias para intoxicação (Klaassem & Watkins III, 2012).

As principais vias de absorção ou penetração, isto é, o caminho pelo qual o agente químico ganha acesso ao organismo, são: a gastrointestinal ou digestiva (pelo processo de ingestão), a cutânea ou dérmica (tópica, através da pele), a pulmonar ou respiratória (pela inalação e inspiração), e outras vias parenterais (Klaassem & Watkins III, 2012). Entre essas outras vias, são de importância prática: a intramuscular, a subcutânea e a venosa (Oga et al., 2008). Filho (1988), considera também as seguintes vias de absorção: a conjuntival, a rinofaríngea, a urogenital, a peritoneal e a dental. No âmbito da saúde do trabalhador as vias mais relevantes do ponto de vista das intoxicações ocupacionais são a respiratória, a cutânea, e com frequência muito rara a digestiva (Mendes, 1999).

Para um melhor entendimento, de forma didática é possível dividir em quatro fases (fases de intoxicação) os complexos eventos que ocorrem desde a exposição de um organismo ao toxicante, até o surgimento de sinais e sintomas: fase de exposição, toxicocinética, toxicodinâmica e clínica (Oga et al., 2008).

A primeira etapa para ocorrência da intoxicação é a exposição, onde o organismo entra em contato com o toxicante. Nesta fase há necessidade de se levar em conta a concentração ou dose do xenobiótico, a via de absorção, a duração e frequência da exposição, as propriedades físico-químicas, e a suscetibilidade individual (Oga et al., 2008).

A fase toxicocinética contempla todos os processos envolvidos na relação entre a absorção e a concentração do xenobiótico nos diferentes tecidos do organismo. Fazem parte desta etapa: a absorção, a distribuição, o armazenamento, a biotransformação e a excreção do agente químico. As propriedades físico-químicas do toxicante determinarão a capacidade de acesso aos órgãos-alvo, assim como a velocidade de eliminação através

da excreção. A distribuição é o processo de transporte pelo sangue e linfa para os diversos tecidos do xenobiótico, onde este chega aos espaços extracelulares, dispersando-se no fluido intersticial e assim atravessando as membranas celulares para alcançar o meio intra-celular. Alguns tecidos têm a capacidade de armazenar os toxicantes (tecidos de depósito), tais como por exemplo o tecido adiposo e os ossos. Este armazenamento de uma determinada substância existirá até que ocorra a diminuição da concentração plasmática da mesma, onde nesse momento os depósitos serão mobilizados novamente para o sangue. A biotransformação é o processo de alteração que ocorre na estrutura química de um xenobiótico no organismo (geralmente no fígado), com o objetivo de formar derivados mais polares e também com maior hidrossolubilidade, o que minimiza a difusibilidade do toxicante e aumenta a velocidade de sua excreção (mecanismo pelo qual o organismo elimina uma determinada substância). Assim, se um toxicante que possui a capacidade de difundir-se pelos tecidos rapidamente for transformado em um composto mais polar, conseqüentemente haverá redução na velocidade de difusão e um aumento da solubilidade em água, o que facilitará a excreção urinária. Por exemplo, a destoxificação do benzeno, o qual apresenta uma solubilidade de 1g em 1.500 mL de água, em sua biotransformação oxida-se a fenol, que é 100 vezes mais hidrossolúvel. A posterior sulfatação do fenol resulta em um composto com uma solubilidade em água de 1g em 3 mL. O resultado dessas duas reações, origina uma substância que é 500 vezes mais hidrossolúvel do que o xenobiótico original (benzeno) e que, portanto, facilitará o processo de excreção através da urina. Ainda em relação às vias de eliminação de uma substância química, além da urinária (ou renal), as mais representativas são: a fecal e a pulmonar ou respiratória. O balanço final de todos os processos envolvidos na fase toxicocinética é que condicionará a biodisponibilidade (a concentração sistêmica da fração inalterada de uma substância penetrada no organismo) de um toxicante (Oga et al., 2008; UFRJ, n.d.a).

A fase toxicodinâmica compreende a interação entre as moléculas do agente tóxico e o sítio de ação dos tecidos e órgãos. Por fim, na última etapa do processo de intoxicação, tem-se a fase clínica onde há o aparecimento de sinais (manifestação objetiva da doença que pode ser observada pelo médico, com por exemplo a tosse, alterações na coloração da pele, etc.) e sintomas (sensação subjetiva referida pelo indivíduo, como a dor, a

tontura, etc.), ou alterações patológicas detectadas em provas diagnósticas, resultante dos efeitos nocivos causados pela interação do toxicante com o organismo (Katzung, 2010; Oga et al., 2008; Romeiro, 1980).

Praticamente todas as substâncias químicas conhecidas têm o potencial de produzir lesão ou morte em um organismo vivo caso sua dose esteja em concentrações suficientes para tal. Por exemplo, o sulfato ferroso empregado amplamente na medicina para o tratamento da anemia ferropriva, na dose de 1,5 g/Kg é capaz de causar morte em 50% dos animais tratados experimentalmente (DL50); o cloreto de sódio usado rotineiramente em hospitais por via endovenosa (solução a 0,9%) para correção de transtornos hipovolêmicos e também como veículo para administração de outras drogas, é letal para metade dos animais em experimento laboratorial que receberam a dose de 4g/Kg. Entretanto é importante observar que a chamada DL50 (dose necessária para produzir morte em 50% dos animais tratados) pode não refletir a toxicidade ou o perigo associados à exposição de uma substância química. Alguns agentes podem causar alterações teratogênicas ou cancerígenas em doses incapazes de causar dano tóxico agudo (Klaasem & Watkins III, 2012).

III.2 – Aspectos Básicos da Toxicologia Ocupacional

A toxicologia ocupacional é aplicação da metodologia e princípios da ciência toxicológica aos riscos químicos encontrados no ambiente laboral, com o objetivo de se prevenir os efeitos adversos desses agentes à saúde dos trabalhadores expostos (Klaasem & Watkins III, 2012).

A exposição ocupacional é a situação em que por conta das atividades laborais, um indivíduo tem contato com um ou mais agentes químicos, de tal forma que exista possibilidade da ocorrência de efeitos tóxicos, podendo estes aparecerem em curto, médio ou longo prazo. A maneira como se manuseia uma determinada substância química, as condições ambientais e de trabalho, são determinantes na exposição ocupacional. Alterações no estado de saúde bem como uma doença ocupacional, podem se iniciar a partir do momento em que ocorre aproximação ou contato do indivíduo

vulnerável com tal agente exógeno. No entanto, apenas esta condição não é suficiente, pois deve existir também a possibilidade de absorção (vias mais relevantes do ponto de vista das intoxicações ocupacionais: respiratória, cutânea e raramente a digestiva) e chegada aos sítios de ação no organismo (Mendes, 1999; Oga et al., 2008).

Não somente a toxicidade (capacidade de produzir efeito quando no sítio de ação) de uma substância química é importante, mas também o risco por ela oferecido (capacidade ou probabilidade do agente químico sair de onde se encontra, penetrar no organismo e atingir o sítio de ação numa concentração suficiente para causar efeito) (Oga et al., 2008).

É fundamental que a exposição ocupacional seja monitorada. Pode-se dividir tal procedimento em duas categorias: o monitoramento ambiental e o biológico. O monitoramento ambiental é a determinação da concentração de um agente químico na atmosfera do ambiente laboral. Já o biológico, é o processo que consiste na mensuração de um determinado agente tóxico, de seus metabólitos ou de sinais moleculares de seus efeitos no organismo humano, que para tal fim, podem ser utilizados materiais como: a urina, fezes, sangue, ar expirado, unhas, cabelo, tecido adiposo; para o rastreamento do respectivo indicador biológico de exposição. Os dados do monitoramento biológico permitem avaliar a exposição com base na dose interna, isto é, na quantidade de um agente químico presente no organismo. Os parâmetros obtidos neste monitoramento são denominados indicadores biológicos (também conhecidos como biomarcadores ou bioindicadores), os quais compreendem os agentes tóxicos ou seus produtos de biotransformação, assim como as alterações bioquímicas precoces, cujas determinações em materiais biológicos, estimam a magnitude da exposição ocupacional (Klaassem & Watkins III, 2012; Oga et al., 2008; USP, 2008a).

Os biomarcadores mais utilizados na prática do monitoramento biológico são: o de dose interna e o de efeito. Os indicadores de dose interna são aqueles que tentam mensurar a quantidade de um xenobiótico no organismo (dose interna). Já os de efeito, são parâmetros que avaliam alterações bioquímicas precoces que podem ocorrer em órgãos críticos (aqueles que primeiro atingem concentrações críticas do xenobiótico). A utilização dos indicadores de efeito requer conhecimentos dos mecanismos de ação

tóxica do agente químico, todavia possuem a função de evidenciar efeitos ainda considerados como não nocivos à saúde (Oga et al., 2008; USP, 2008a).

O monitoramento de exposição ocupacional é componente essencial dos programas de prevenção de riscos à saúde laboral. No Brasil, a Norma Regulamentadora nº 9 (NR-9), do Ministério do Trabalho e Emprego, estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação por parte dos empregadores, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), que tem como objetivo a preservação da integridade da saúde dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos ambientais existentes ou que venham existir no ambiente laboral (NR-9, 1994).

Visando à manutenção da segurança e saúde do trabalhador, há limites para várias substâncias ou elementos químicos presentes no ambiente de trabalho. Um desses limites refere-se aos níveis aceitáveis da concentração de um toxicante no ambiente de trabalho (limite de exposição ocupacional). Um outro, diz respeito à concentração de um agente químico, bem como de seus metabólitos ou marcador específico, presente no organismo do trabalhador exposto (Klaassem & Watkins III, 2012).

O primeiro registro de limites de exposição ocupacional para agentes químicos é de 1921, época em que o U.S. Bureau of Mines estabeleceu parâmetros para 33 substâncias. Em 1942, a American Conference of Governmental Industrial Hygienists ACGIH publicou sua primeira recomendação de limites para 63 componentes químicos (Lentz, 2001).

Diferentes denominações têm sido atribuídas aos parâmetros (limites) de exposição ocupacional aos agentes químicos, tais como: AEL (Acceptable Exposure Levels), EL (Exposure Limits), LT (Limites de Tolerância), MAK (Maximun Allowable Concentration), OEL (Occupational Exposure Levels), PEL (Permissible Exposure Levels), TLV (Threshold Limit Values), e WEELG (Workplace Environmental Exposure Guide) (USP, 2008b).

No Brasil se adota o Limite de Tolerância (LT), conforme estabelecido pela Portaria 3.214 do Ministério do Trabalho e Emprego, no Anexo 11 da Norma Regulamentadora nº 15 (NR-15). Esta norma utilizou basicamente os limites propostos pela ACGIH em 1977, com uma discutível redução proporcional de todos os valores a 78%, de modo a

se adaptar à realidade da jornada brasileira de trabalho, naquela época 48 horas semanais (jornada de trabalho nos EUA de 40 horas semanais) (NR-15, 2011; Oga et al., 2008).

Entre as referências estrangeiras mais atualizadas, os parâmetros da ACGIH, chamados de “Threshold Limit Values” (TLV), representam a melhor alternativa (são editados e atualizados anualmente). Os TLVs para riscos químicos, referem-se às concentrações de substâncias dispersas no ar, representando condições sob as quais se propõe que a maioria dos trabalhadores pode estar exposta, dia após dia, repetidamente, durante toda a vida laboral, sem que ocorram efeitos adversos à saúde. Ainda a respeito dos TLVs para agentes químicos, é importante observar: referem-se às substâncias dispersas no ar e não em sólidos e líquidos; servem com parâmetro de exposição para a maioria dos trabalhadores, excluindo-se os mais sensíveis e susceptíveis; aplicam-se a indivíduos adultos saudáveis aptos para o trabalho; referem-se a uma jornada laboral de 8 horas por dia, em 5 dias da semana (40h/semanais); e não fazem diferenciação quanto ao sexo do trabalhador (ACGIH, 2006; Oga et al., 2008).

Tabela 3.2.1 - Parâmetros para Controle Biológico da Exposição Ocupacional a Alguns Agentes Químicos I. Fonte: adaptado de NR-7, 2013.

Agente Químico	Indicador Biológico		YR	IBMP
	Mat.Biológ.	Análise		
Anilina	Urina	p-aminofenol	-	50mg/g creat.
	Sangue	e/ou Metahemoglobina	Até 2%	5%
Arsênico	Urina	Arsênico	Até 10ug/gcreat.	50ug/g creat.
Cádmio	Urina	Cádmio	Até 2ug/g creat.	5ug/g creat.
Chumbo Inorgânico	Sangue	Chumbo	Até 40ug/100 ml	60ug/100 ml
	Urina	e Ác. delta amino levulínico	Até 4,5 mg/g creat.	10mg/g creat.
	Sangue	ou Zinco protoporfirina	Até 40ug/100 ml	100ug/100 ml
Chumbo Tetraetila	Urina	Chumbo	Até 50ug/gcreat.	100ug/g creat.
Cromo Hexavalente	Urina	Cromo	Até 5 ug/g creat.	30ug/ creat.
Diclorometano	Sangue	Carboxihemoglobina	Até 1% NF	3,5% NF

Nota: NF (não fumantes) / creat. (creatinina)

Tabela 3.2.2 - Parâmetros para Controle Biológico da Exposição Ocupacional a Alguns Agentes Químicos II. Fonte: adaptado de NR-7, 2013.

Dimetilformamida	Urina	N-Metilformamida	-	40mg/g creat.
Dissulfeto de Carbono	Urina	Ác. 2-Tio-Tiazolidina	-	5mg/g creat.
Ésteres Organofosforados e Carbamatos	Sangue	Acetil-Colinesterase Eritrocitária ou Colinesterase Plasmática ou Colinesterase Eritrocitária e plasmática (sangue total)	Determinar a atividade pré-ocupacional	30% de depressão da atividade inicial 50% de depressão da atividade inicial 25% de depressão da atividade inicial
Estireno	Urina	Ác. Mandélico e/ou	-	0,8g/g creat.
	Urina	Ác. Fenil-Glioxílico	-	240mg/g creat.
Etil-Benzeno	Urina	Ác. Mandélico	-	1,5g/g creat.
Fenol	Urina	Fenol	20mg/g creat.	250mg/g creat.
Flúor e Fluoretos	Urina	Fluoreto	Até 0,5mg/g	3mg/g creat. no início da jornada e 10mg/g creat. no final da jornada
Mercúrio Inorgânico	Urina	Mercúrio	Até 5ug/g creat.	35ug/g creat.
Metanol	Urina	Metanol	Até 5mg/l	15mg/l
Metil-Etil-Cetona	Urina	Metil-Etil-Cetona	-	2mg/l
Monóxido de Carbono	Sangue	Carboxihemoglobina	Até 1% NF	3,5 NF
N-Hexano	Urina	2,5 Hexanodiona	-	5mg/g creat.
Nitrobenzeno	Sangue	Metahemoglobina	Até 2%	5%
Pentaclorofenol	Urina	Pentaclorofenol	-	2mg/g creat.
Tetracloroetileno	Urina	Ác. Tricloroacético	-	3,5mg/l
Tolueno	Urina	Ác. Hipúrico	Até 1,5g/g creat.	2,5 g/g creat.
Tricloroetano	Urina	Triclorocompostos Totais	-	40mg/g creat.
Tricloroetileno	Urina	Triclorocompostos Totais	-	300mg/g creat.
Xileno	Urina	Ác. Metil-Hipúrico	-	1,5g/g creat.

Nota: NF (não fumantes) / creat. (creatinina)

No Brasil, os parâmetros utilizados para o monitoramento biológico são estabelecidos pela Norma Regulamentadora nº 7 (NR-7). Esta norma adota o chamado “Índice Biológico Máximo Permitido” (IBMP), que corresponde ao valor máximo permitido de um determinado biomarcador para o qual se supõe que a maioria dos indivíduos expostos ocupacionalmente não correrá risco de sofrer danos à saúde (índices acima do IBMP correspondem à exposição excessiva). Outro parâmetro estabelecido pela NR-7 é o “Valor de Referência da Normalidade”, que indica a quantidade de um biomarcador possível de ser encontrado em populações sem exposição ocupacional (NR-7, 2013).

Para os agentes químicos não elencados no Quadro I da NR-7 (tabelas 3.2.1 e 3.2.2), utilizam-se as referências da ACGIH, nomeadamente os “Índices Biológicos de Exposição” (BEI), que em geral indicam uma concentração abaixo da qual os trabalhadores não deverão apresentar efeitos adversos à saúde. Os BEIs são utilizados para monitoramento de indivíduos cuja exposição seja de 8 horas por dia, durante 5 dias da semana, sendo que a ACGIH não recomenda que ajustes ou fator de correção sejam aplicados a estes parâmetros, a fim por exemplo de se compensar uma jornada de trabalho semanal diferente da citada (ACGIH, 2006; NR-7, 2013).

CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

IV.1 – Caracterização de Cimenteira Estudada

A indústria cimenteira em estudo está localizada na região sudeste do Brasil, numa área de zona rural, próxima a um município com população de aproximadamente 5.000 habitantes. Encampa um terreno de aproximadamente 4 milhões de metros quadrados, com área construída de 37.000 m² (figura 4.1.1) (IBGE, 2014). Fundada nos anos de 1970, e empregando cerca de 400 funcionários (mais de 90% do sexo masculino) entre diretos e terceiros, possui uma capacidade de produção anual da ordem de 1.200.000 toneladas de cimento. Detém licenciamento para realizar o coprocessamento, com capacidade de tratamento de cerca de 40 mil toneladas de resíduos industriais por ano, além das certificações ISO 9001 - Sistema de Qualidade, e ISO 14001 - Sistemas de Meio Ambiente. Desenvolve também um Programa de SST – Saúde e Segurança do Trabalhador.



Figura 4.1.1. Fotografia Panorâmica da Unidade Industrial em Estudo.

Fonte: Cimenteira Estudada, 2014

Há cerca de 60 anos operando no Brasil, a empresa estudada está presente também em outras localidades do território nacional, possuindo no total cerca de 1800 funcionários, e capacidade produtiva de 5,2 milhões de toneladas de cimento por ano. Situa-se entre as 5 maiores produtoras de cimento no Brasil. Em 2012, alcançou uma venda nacional de 4,7 milhões de toneladas. Além da fabricação de cimento e coprocessamento de resíduos, desenvolve atividades na produção de agregados e concreto pronto (tabela 4.1.1).

Tabela 4.1.1. Indicadores no Âmbito Nacional. Fonte: Cimentaria Estudada, 2012.

<u>Indicadores</u>	<u>2012</u>
Número de Funcionários	1.819
Vendas Líquidas	R\$ 1.357 bilhão
Resultado Líquido	R\$ 14 milhões
Vendas de Cimento	4,7 milhões de toneladas
Vendas de Concreto	0,9 milhões de m ³
Vendas de Agregados (brita, cascalho e areia)	3,0 milhões de toneladas

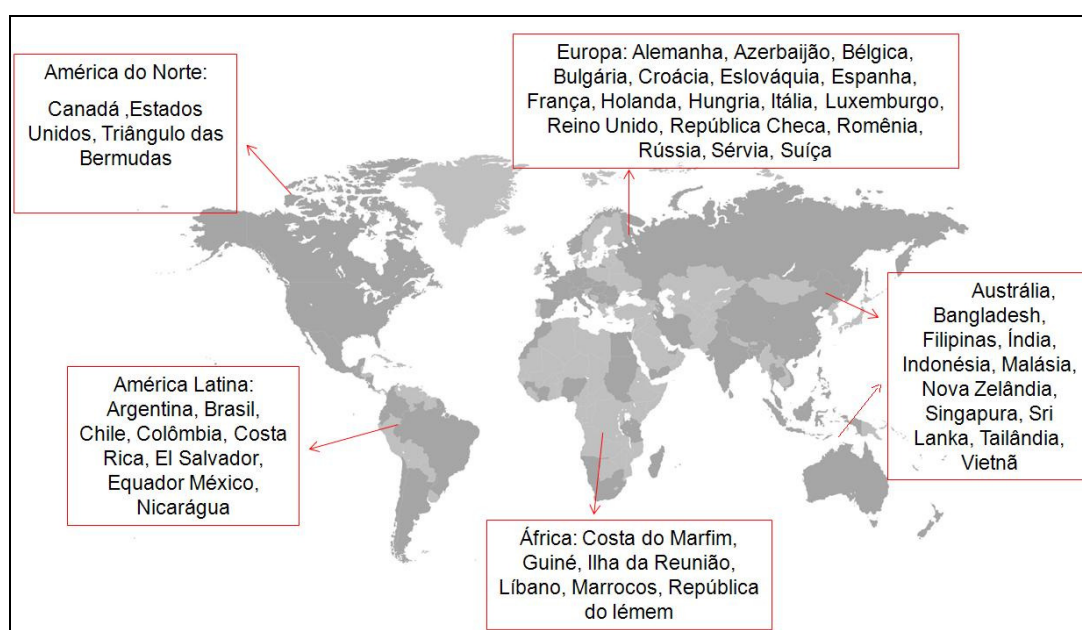


Figura 4.1.2. Distribuição Mundial da Indústria em Estudo. Fonte: Cimenteira Estudada, 2014.

No âmbito mundial, emprega cerca de 80.000 trabalhadores, com unidades de produção em mais de 70 países, distribuídos por todos os continentes (figura 4.1.2), situando-se entre as maiores produtoras de cimento no mundo.

IV.2 – A Operação de Coprocessamento na Cimenteira em Estudo

O início das atividades de coprocessamento se deu no final da década de 1990, apoiado pelo centro tecnológico internacional da empresa matriz, o qual já era detentor de uma larga experiência técnica a respeito. Hoje, no âmbito mundial, a empresa possui fábricas utilizando essa prática em 37 países.

A política de coprocessamento da cimenteira em questão está apoiada nos seguintes princípios:

- Atuar em parceria com a sociedade oferecendo soluções na gestão de resíduos;
- Proteger o meio ambiente;
- Agregar valor ao negócio;
- Assegurar a saúde e segurança no trabalho;
- Recusar resíduos proibidos para o coprocessamento;
- Garantir a qualidade dos produtos;
- Respeitar a legislação vigente e utilizar as melhores práticas;
- Monitorar e controlar os materiais utilizados, processos, produtos e emissões;
- Comunicar de forma transparente.

A operação de coprocessamento é composta por etapas que vão desde a caracterização e aceite do resíduo a ser utilizado, até a fase de queima do mesmo. Os tipos de matérias comumente recebidos para serem coprocessados são representados por borras de óleos, madeira não reaproveitada, óleos usados em geral, papéis e plásticos com óleo ou tinta não recicláveis, produtos de limpeza vencidos ou produzidos fora dos padrões, resinas, colas, látex, sobras de tintas, solventes e terra contaminada com óleos.

Na primeira etapa da operação (caracterização e aceite do resíduo) é realizada a caracterização do resíduo com o reconhecimento dos fatores de riscos químicos e físicos. São realizadas análises de metais pesados, enxofre, CaO, MgO, SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, K₂O, Na₂O, cloro, flúor, poder calorífico, teor de cinzas, umidade, densidade, granulometria, substâncias voláteis, PCB's, pH, ponto de fulgor, bem como avaliação de compatibilidade com outros resíduos. A viabilidade de recebimento do resíduo a ser coprocessado ocorrerá somente após o resultado de todas estas análises, bem como da liberação por parte não só da supervisão/gerência de produção, mas também pelos responsáveis das áreas de meio ambiente, saúde e segurança do trabalhador. É norma da cimenteira estudada não permitir o recebimento de resíduos domésticos, hospitalares, eletrônicos, radioativos, biologicamente perigosos, com alta concentração de cianeto, bem como os que contenham asbestos, ácidos minerais, baterias e explosivos.

Frente aos dados obtidos de todo processo de análise e avaliação realizado na etapa de caracterização e aceite, estando os resultados encontrados dentro dos parâmetros necessários determinados pela cimenteira, e devidamente aprovados pelos responsáveis pelas áreas envolvidas, a carga de resíduos está liberada para o recebimento, que chega à fábrica transportada por caminhões (os materiais líquidos chegam em caminhões tanques e os sólidos em caminhões basculantes).

Os resíduos recebidos são liberados para descarga após vistoria e coleta de amostra para análise laboratorial. A amostragem é realizada de acordo com o tipo e estado físico do material recebido. Para os resíduos sólidos a granel, são coletadas pequenas alíquotas em pontos aleatórios da carga para composição da amostra total. No caso dos resíduos líquidos e pastosos, primeiro faz-se o aterramento do caminhão tanque com assistência de um eletricista, aguarda-se em torno de 20 minutos a fim de que ocorra decantação do material, para então proceder-se à coleta. Com um tubo coletor, é retirada uma amostra de aproximadamente 500 ml da parte inferior e outra mesma quantidade da parte superior do material contido no tanque do caminhão.

Os galpões destinados ao armazenamento dos resíduos sólidos recebidos (já em forma de blend) são cobertos, ventilados, e construídos com piso de concreto sobre revestimento inferior de uma manta impermeável (membrana impermeável). Os resíduos pastosos são recebidos e descarregados em 6 tanques com capacidade para 15

m³ cada e 1 tanque com capacidade para 30 m³, onde a mistura é definida em função de sua compatibilidade e semelhança de parâmetros físico-químicos. Os resíduos líquidos combustíveis são bombeados diretamente ao queimador do forno, não havendo armazenamento para estes materiais.

Na etapa final da operação de coprocessamento (queima), os resíduos industriais são introduzidos no forno de acordo com o plano de carregamento/queima, e controlados pelo Painel Central da Fábrica (setor de controle automatizado de todo processo de produção do cimento), a fim de se promover uma alimentação contínua e bem dosada, nos pontos mais adequados para a alimentação no forno, sempre supervisionado pelo Coordenador do Painel Centralizado.

São mantidos registros dos parâmetros operacionais monitorados continuamente no processo, incluindo: temperatura, taxa de alimentação das matérias primas, combustíveis, insumos alternativos e vazão dos gases, bem como parâmetros operacionais dos dispositivos de controle de emissões e registros de quaisquer interrupções no sistema de alimentação de resíduos.

IV.3 – O Panorama dos Riscos Químicos no Ambiente de Trabalho

A avaliação técnica ambiental do trabalho faz parte das ações do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA). Tal procedimento estuda os agentes físicos, químicos e/ou biológicos identificados no ambiente laboral, capazes de representar riscos à saúde dos trabalhadores (no âmbito deste trabalho somente serão abordados os riscos químicos). Dentro da metodologia dessa avaliação, geralmente definem-se duas estratégias de abordagens e amostragens no estudo ambiental: uma que avalia pontualmente o local de trabalho, onde as amostras são tomadas em pontos fixos do ambiente de trabalho, não vinculadas ao trabalhador, chamada de avaliação local, pontual ou de área; e outra, esta designada de avaliação pessoal ou individual, que estuda as condições ambientais incidentes sobre o trabalhador em questão, na qual as amostras são obtidas de maneira que o equipamento de amostragem (situado na zona

corporal de interesse; por exemplo no caso de químicos voláteis, no campo da zona respiratória) é portado pelo trabalhador (NR-9, 1994; USP, 2007).

IV.3.1 Resultado das Avaliações Pontuais do Ambiente de Trabalho

A seguir são apresentados os resultados das avaliações ambientais locais do ambiente de trabalho, onde se contemplam os dois setores da operação de coprocessamento mais relevantes do ponto de vista da higiene ocupacional: o local onde ocorre a injeção de resíduos líquidos (descarregamento do caminhão tanque), e a área de mistura de resíduos sólidos blendados (onde os resíduos são misturados através de pá carregadeira com combustíveis tradicionais: coque, carvão mineral e vegetal).

IV.3.1.1 Setor: Injeção de Resíduos Líquidos

Os resíduos líquidos chegam à fábrica em caminhões tanques, onde tais materiais são introduzidos no forno por um sistema de bombas hidráulicas e tubulação, que conectado ao tanque do caminhão, efetua o transporte até o ponto de injeção para queima.

Tabela 4.3.1.1.1 – Resultado da avaliação local de fluoretos gasosos na área de injeção de resíduos líquidos. Fonte: Cimenteira Estudada, 2012

AVALIAÇÃO LOCAL DE FLUORETOS - INJEÇÃO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS						
Agente químico	Vazão média(l/min.)	Tempo de amost. (min.)	Volume (m³)	Peso material (mg)	Concentração (mg/m³)	Limite de tolerância (mg/m³)
Fluoretos Gasosos	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	2,2 (*)
MÉTODO DE ANÁLISE: NIOSH 7902 – Medidor de íons específicos			TIPO DE FILTRO: Filtro de celulose de 0,8 µm e suporte de celulose tratado com carbonato de sódio			
EQUIPAMENTO DE MONITORAMENTO: - Bomba gravimétrica/Gilian BDX II - Calibrador de vazão digital TSI – modelo 4146						

(*) AMERICAN CONFERENCE GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH/2008

Nesse setor onde faz-se a injeção de resíduos líquidos, localizado na área onde o caminhão tanque fica estacionado para o descarregamento dos resíduos líquidos através do sistema hidráulico, foram avaliados os seguintes agentes químicos: fluoretos gasosos, organometálicos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e compostos voláteis orgânicos (tabelas 4.3.1.1.1 a 4.3.1.1.5).

Tabela 4.3.1.1.1 – Resultado da avaliação local de fluoretos gasosos na área de injeção de resíduos líquidos. Fonte: Cimenteira Estudada, 2012.

AVALIAÇÃO LOCAL DE FLUORETOS - INJEÇÃO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS						
Agente químico	Vazão média(l/min.)	Tempo de amost. (min.)	Volume (m³)	Peso material (mg)	Concentração (mg/m³)	Limite de tolerância (mg/m³)
Fluoretos Gasosos	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	2,2 (*)
MÉTODO DE ANÁLISE: NIOSH 7902 – Medidor de íons específicos			TIPO DE FILTRO: Filtro de celulose de 0,8 µm e suporte de celulose tratado com carbonato de sódio			
EQUIPAMENTO DE MONITORAMENTO: - Bomba gravimétrica/Gilian BDX II - Calibrador de vazão digital TSI – modelo 4146						

(*) AMERICAN CONFERENCE GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH/2008

Tabela 4.3.1.1.2 – Resultado da avaliação local de organometálicos e mercúrio na área de injeção de resíduos líquidos. Fonte: Cimenteira Estudada, 2012.

AVALIAÇÃO LOCAL DE ORGANOMETÁLICOS E MERCÚRIO - INJEÇÃO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS							
Agente	Vazão (l/min)	Tempo (min)	Volume m³	Resultado do agente MG	Concentração mg/m³	LT (NR-15) (mg/m³) (*)	LT (ACGIH) (mg/m³) (**)
CHUMBO TETRAETILA	1,5	480	0,720	Não Detectado	Não Detectado	-	0,088
MERCÚRIO	1,5	480	0,720	Não Detectado	Não Detectado	0,04	-
NÍQUEL CARBONILA	1,5	480	0,720	Não Detectado	Não Detectado	0,28	-
MÉTODO DE ANÁLISE: NIOSH 7301 – Espectroscopia de Absorção Atômica e ICP				TIPO DE FILTRO: Membrana de éster de celulose 0,8 µm			
EQUIPAMENTO DE MONITORAMENTO: Bomba gravimétrica/Gilian BDX II Calibrador de vazão digital TSI – modelo 4146							

(*) PORTARIA 3214/78 DO TEM – NORMA REGULAMENTADORA 15

(**) AMERICAN CONFERENCE GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH/2008

Tabela 4.3.1.1.3 – Resultado da avaliação local de HPA na área de injeção de resíduos líquidos. Fonte: Cimenteira Estudada, 2012.

AVALIAÇÃO LOCAL DE HPA - INJEÇÃO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS							
Agente	Vazão (l/min)	Tempo (min)	Volume m³	Resultado do agente MG	Concentração mg/m³	LT (NR-15) (mg/m³) (*)	LT (ACGIH) (mg/m³) (**)
Acenafteno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Acenaftileno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Antraceno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Benzo[a]Antraceno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Benzo[b]Fluoranteno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Benzo[k] Fluoranteno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Benzo[ghi]Perileno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Benzo[a]Perileno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Benzo[e]Perileno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Criseno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Dibenzo[a,h] Antraceno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Fluoranteno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Fluoreno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Indeno[1,2,3-cd] Pireno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Naftaleno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	46,14
Fenantreno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido
Pireno	2	480	0,960	Não Detectado	Não Detectado	-	Não estabelecido

MÉTODO DE ANÁLISE: OSHA 058 – Cromatografia gasosa	TIPO DE FILTRO: Cassete com membrana de fibra de vidro 1,0 microns
--	--

EQUIPAMENTO DE MONITORAMENTO: Bomba gravimétrica/Gilian BDX II Calibrador de vazão digital TSI – modelo 4146

(*) PORTARIA 3214/78 DO TEM – NORMA REGULAMENTADORA 15

(**) AMERICAN CONFERENCE GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH/2008

Tabela 4.3.1.1.4 – Resultado da avaliação local de vapores orgânicos na área de injeção de resíduos líquidos. Fonte: Cimenteira a Estudada, 2012.

AVALIAÇÃO LOCAL DE VAPORES ORGÂNICOS I - INJEÇÃO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS							
Agente	Vazão (l/min)	Tempo (min)	Volume m³	Resultado do agente mg	Concentração mg/m³	LT (NR-15) (mg/m³) (*)	LT (ACGIH) (mg/m³) (**)
2 – butoxi etanol	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	190	-
Acetato de butil glicol	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	115,32
Acetato de etila	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	1090	-
Acetato de isoamila	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	234,31
Acetato de n-Butila	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	627,12
Acetona	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	1870	-
AEBMEG (#)	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	115,3
AEEMEG (##)	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	23,8
Benzeno	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	3,19	-
Cicloexano	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	820	-
Ciclohexanona	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	70,64
Cloreto de metileno	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	560	-
Cumeno	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	190	-
Diacetona Álcool	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	209,04
EBMEG (###)	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	85,6
EEMEG (####)	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	16,22
Estireno	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	328	-
Etanol	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	140	-
Etilbenzeno	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	340	-
Heptano	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	1442,5
Hexano Isômeros	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	1550,89
Isobutanol	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	115	-
Isofurona	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	24,87
Isopropanol	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	432,55

(*) PORTARIA 3214/78 DO TEM – NORMA REGULAMENTADORA 15 / (**) AMERICAN CONFERENCE GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH/2008

(#) ACETATO DE BUTILGLICOL

(##) ACETATO DE ETILGLICOL

(###) BUTILGLICOL

(####) ETILGLICOL

Tabela 4.3.1.1.5 - Continuação do resultado da avaliação local de vapores orgânicos na área de injeção de resíduos líquidos. Fonte: Cimenteira a Estudada, 2012.

AVALIAÇÃO LOCAL DE VAPORES ORGÂNICOS II - INJEÇÃO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS							
Agente	Vazão (l/min)	Tempo (min)	Volume m³	Resultado do agente mg	Concentração mg/m³	LT (NR-15) (mg/m³) (*)	LT (ACGIH) (mg/m³) (**)
Metiletilcetona	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	460	-
Metilisobutilcetona	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	180,25
N – hexano	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	155,08
N – butanol	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	-	53,35
N – pentano	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	1400	-
Percloroetileno	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	525	-
Tetrahydrofurano	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	460	-
Tolueno	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	290	-
Tricloroetileno	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	420	-
Xileno – o, m e p	0,05	120	0,006	Não Detectado	Não Detectado	340	382,09
MÉTODO DE ANÁLISE: NIOSH 2549 – Cromatografia gasosa				TIPO DE FILTRO: Tubo de carvão ativo			
EQUIPAMENTO DE MONITORAMENTO: Bomba gravimétrica/Gilian BDX II Calibrador de vazão digital TSI – modelo 4146 Redutor de vazão SKC							

(*) PORTARIA 3214/78 DO TEM – NORMA REGULAMENTADORA 15

(**) AMERICAN CONFERENCE GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH/2008

Não houve detecção de nenhum dos agentes químicos analisados na área de injeção de resíduos líquidos. Neste mesmo setor, não foram avaliados materiais químicos particulados, tais como poeira mineral e metais (exceto mercúrio e os organometálicos: chumbo tetraetila e níquel carbonila), devido às características físicas dos resíduos (estado líquido) utilizados neste ponto.

IV.3.1.2 Setor: Mistura de Resíduos Blendados

Neste setor, ocorre a mistura dos resíduos sólidos blendados ao carvão mineral e/ou coque, realizada por máquinas Pás Carregadeiras, para alimentação do forno. Nesta área, além dos agentes químicos avaliados no setor de injeção de resíduos líquidos (tabelas 4.3.1.1.1 a 4.3.1.1.5), foram analisados também poeiras respiráveis (PNOS -

Tabela 4.3.1.2.1 – Resultado da avaliação local de particulados metálicos na área dos resíduos sólidos blendados. Fonte: Cimenteira a Estudada, 2012.

AValiação Local de Particulados Metálicos - Resíduos Sólidos Blendados							
Agente	Vazão (l/min)	Tempo (min)	Volume m³	Resultado do agente mg	Concentração mg/m³	LT (NR-15) (mg/m³) (*)	LT (ACGIH) (mg/m³) (**)
ALUMÍNIO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	8,80
ANTIMÔNIO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	0,44
ARSÊNIO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	0,008
BERÍLIO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	0,001
CÁDMIO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	0,008
CHUMBO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	0,1	
CHUMBO TETRAETILA	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	0,088
COBALTO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	0,017
COBRE	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	0,88
CROMO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	0,44
ESTANHO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	1,76
FERRO	1,5	470	0,705	0,01	0,014	4,4	
FÓSFORO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	0,088
MERCÚRIO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	0,04	-
MANGANÊS	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	1	-
MAGNÉSIO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	-
NÍQUEL	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	1,32
ÓXIDO DE FERRO	1,5	470	0,705	0,014	0,02	4,4	-
ÓXIDO DE ZINCO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	1,76
TÁLIO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	0,088
TELÚRIO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	0,088
VANÁDIO	1,5	470	0,705	Não Detectado	Não Detectado	-	-
MÉTODO DE ANÁLISE: NIOSH 7301 – Espectroscopia de Absorção Atômica e ICP				TIPO DE FILTRO: Membrana de éster de celulose 0,8 µm			
EQUIPAMENTO DE MONITORAMENTO: Bomba gravimétrica/Gilian BDX II /Calibrador de vazão digital TSI – modelo 4146							

(*) PORTARIA 3214/78 DO TEM – NORMA REGULAMENTADORA 15

(**) AMERICAN CONFERENCE GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH/2008

particulados insolúveis não especificados de outra maneira) e metais (tabelas 4.3.1.2.1 e 4.3.1.2.2).

Os resultados encontrados para fluoretos gasosos, organometálicos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e compostos voláteis orgânicos; foram idênticos aos verificados na injeção de resíduos líquidos, isto é, não se detectou nenhum dos elementos avaliados. Os quadros a seguir apresentam os resultados das avaliações de poeiras respiráveis (PNOS - particulados insolúveis não especificados de outra maneira) e metais, já que neste setor, os resíduos utilizados e manipulados, são sólidos blendados.

Tabela 4.3.1.2.2 – Resultado da avaliação local de poeira respirável (PNOS) na área dos resíduos sólidos blendados. Fonte: Cimenteira Estudada, 2012.

AVALIAÇÃO LOCAL DE POEIRA RESPIRÁVEL (PNOS) - RESÍDUOS SÓLIDOS BLENDADOS							
Agente químico	Vazão média (l/min.)	Tempo de amost. (min.)	Volume (m³)	Peso material (mg)	% de Sílica	Concentração (mg/m³)	Limite de tolerância (mg/m³)
Poeira respirável	1,7	470	0,799	0,20	Não detectado	0,25	3,00 (*)
MÉTODO DE ANÁLISE: NIOSH 7500 – Difração de raios – X				TIPO DE FILTRO: Membrana de PVC pré-Pesado			
EQUIPAMENTO DE MONITORAMENTO: - Bomba gravimétrica/Gilian BDX II - Calibrador de vazão digital TSI – modelo 4146 - Conjunto ciclone de nylon							

Nota: não houve detecção de sílica livre cristalina na amostra analisada.

(**) AMERICAN CONFERENCE GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH/2008

Na avaliação de particulados metálicos, o único agente identificado disperso na atmosfera local foi o elemento ferro, inclusive na forma de óxido, sendo que as concentrações ambientais evidenciadas de ambos foram muito abaixo dos limites de tolerância aplicáveis, o que também se evidenciou para com os resultados obtidos para avaliação de PNOS.

IV.3.2 Resultado das Avaliações Individuais do Ambiente de Trabalho

No processo de avaliação ocupacional individual (pessoal), foram estudados 8 trabalhadores, onde se analisaram os mesmos agentes elencados nas avaliações locais (pontuais). Os resultados encontrados para fluoretos gasosos, organometálicos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e compostos voláteis orgânicos; foram idênticos aos verificados nas avaliações locais, isto é, não se detectou nenhum dos elementos avaliados.

Tabela 4.3.2.1 – Avaliações Ambientais Individuais de Óxido de Ferro e PNOS.
Fonte: adaptado de Cimenteira Estudada, 2012.

AVALIAÇÕES INDIVIDUAIS					
PATICULADO METÁLICO – FERRO E ÓXIDO DE FERRO					
POEIRA RESPIRÁVEL (PNOS)					
Trabalhadores	FERRO (Concentração mg/m³)	ÓXIDO DE FERRO (Concentração mg/m³)	Limite de Tolerância (Ferro e Óxido de Ferro) (NR-15) (mg/m³) (*)	POEIRA RESPIRÁVEL (PNOS) (Concentração mg/m³)	Limite de Tolerância Poeira Respirável-PNOS (ACGIH) (mg/m³) (**)
TFM	Não Detectado	Não Detectado	4,4	0,13	3,0
GSM	Não Detectado	0,019	4,4	0,17	3,0
CMRP	Não Detectado	Não Detectado	4,4	0,20	3,0
DLC	Não Detectado	Não Detectado	4,4	0,14	3,0
TCB	Não Detectado	Não Detectado	4,4	0,29	3,0
LEL	Não Detectado	Não Detectado	4,4	0,13	3,0
MRD	Não Detectado	0,019	4,4	0,18	3,0
DMP	Não Detectado	Não Detectado	4,4	0,21	3,0

Nota: não houve detecção de sílica livre cristalina em nenhuma das amostras analisadas

(*) PORTARIA 3214/78 DO TEM – NORMA REGULAMENTADORA 15

(**) AMERICAN CONFERENCE GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH/2008

Na avaliação de particulados metálicos, o único agente identificado disperso na zona respiratória de alguns trabalhadores foi o óxido de ferro, em concentrações muito abaixo dos limites de tolerância aplicáveis. Em relação às poeiras respiráveis (PNOS), para todos os trabalhadores estudados se detectou tal agente, entretanto em níveis também bem abaixo do limite de tolerância aplicável (tabela 4.3.2.1). Não houve detecção de sílica livre cristalina nas amostras de poeira colhidas.

IV.4 – Controle Preventivo: Métodos, Medidas e Mecanismos Mitigadores

IV.4.1 – Do Processo de Produção de Cimento

Em relação às medidas preventivas e mitigadoras aplicadas para com o coprocessamento de resíduos, primeiramente observam-se aquelas que estão incorporadas à produção de cimento, isto é, os procedimentos, as técnicas e a própria natureza do processo produtivo, em particular, as peculiaridades relacionadas ao processo de combustão, bem como o funcionamento do forno rotativo. A esse conjunto de eventos, técnicas de procedimentos inerentes à produção de clínquer (combustão em forno rotativo), de caráter mitigador, que concorre para um processo industrial ambientalmente compatível, será atribuído o nome de barreiras. De forma didática, as respectivas barreiras serão divididas e descritas ordenadamente da primeira à sétima.

A primeira barreira é representada pelos filtros (figura 4.4.1.1). O sistema de filtração da exaustão dos gases provenientes da combustão no forno, apresenta uma eficiência de 99,9 %. (UFES, 2005). Desde 1998, a cimenteira em estudo conta com filtro de mangas (figura 4.4.1.2), instalado em substituição ao antigo filtro eletrostático. Nesse atual sistema de filtragem o fluxo gasoso é forçado a passar por um meio poroso onde o material poluente é retido (figura 4.4.1.3). Em 2006, iniciou-se também o funcionamento do filtro de mangas para a área do resfriador, em substituição ao sistema anterior de multiciclones (figura 4.4.1.4).

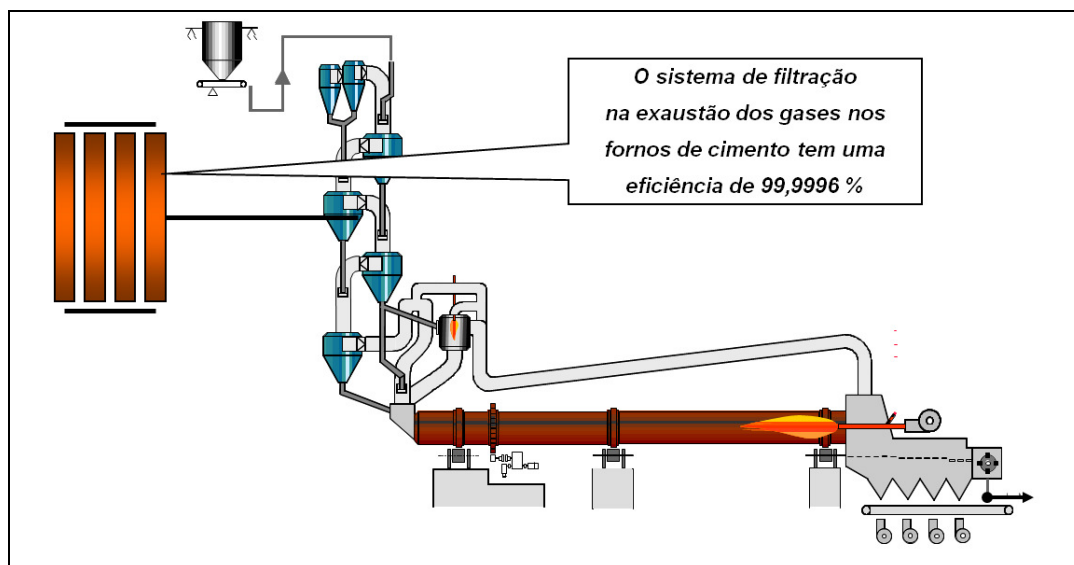


Figura 4.4.1.1 – Ilustração Esquemática da 1ª Barreira – Sistema de Filtração.
Fonte: Cimenteira Estudada, 2014.



Figura 4.4.1.2. Fotografia Parcial do Filtro de Mangas da Indústria em Estudo.
Fonte: Cimenteira Estudada, 2014.

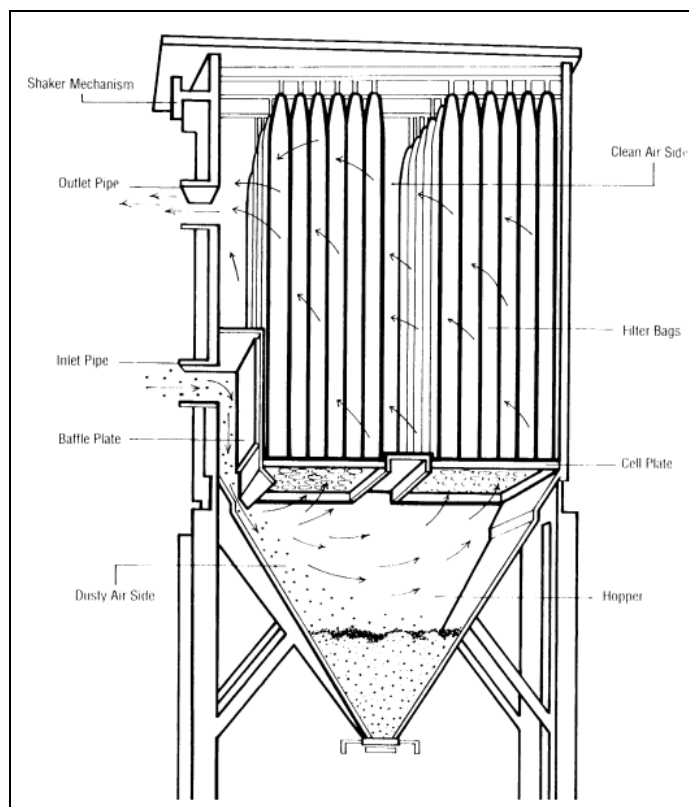


Figura 4.4.1.3. Ilustração Esquemática do Funcionamento do Filtro de Mangas.

Fonte: UFES, 2005.

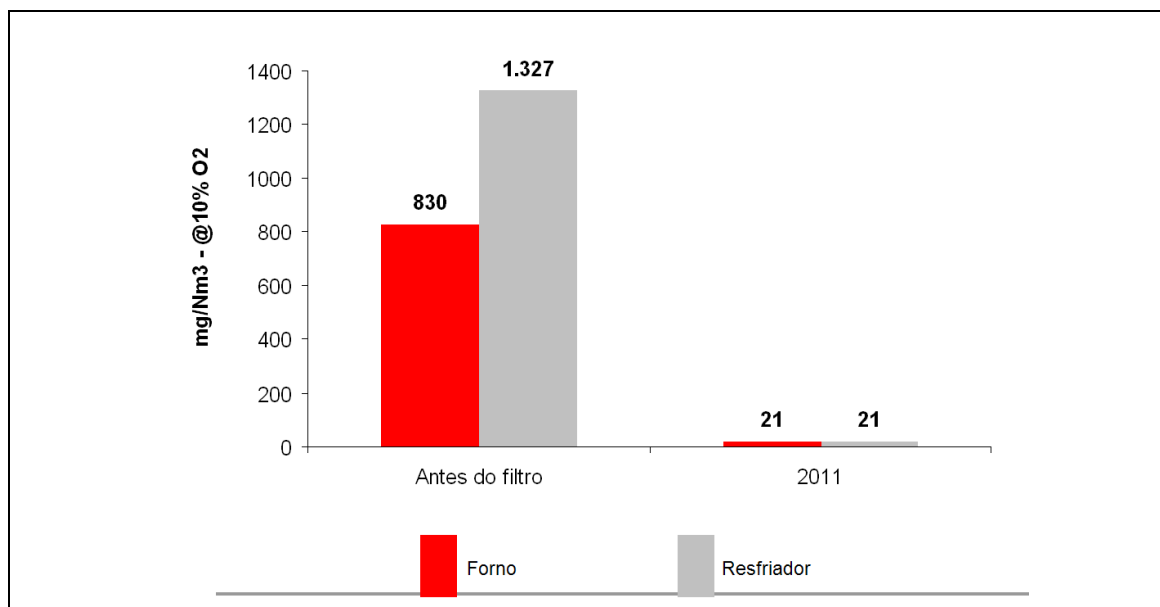


Figura 4.4.1.4. Emissão de Particulados (poeiras) Antes e Depois da Instalação dos Sistemas de Filtros de Manga na Exaustão do Forno e no Resfriador.

Fonte: Cimenteira Estudada, 2011.

A alimentação contra corrente, refere-se à segunda barreira (figura 4.4.1.5). As matérias-primas (calcário, argila, minério de ferro) são inseridas no forno à temperatura ambiente, onde se encontram com os gases de exaustão a 350°C em contra corrente, fato este capaz de criar condições favoráveis à condensação de metais pesados, bem como outros elementos volatilizados provenientes da combustão, facilitando assim o retorno desses materiais para o interior do forno.

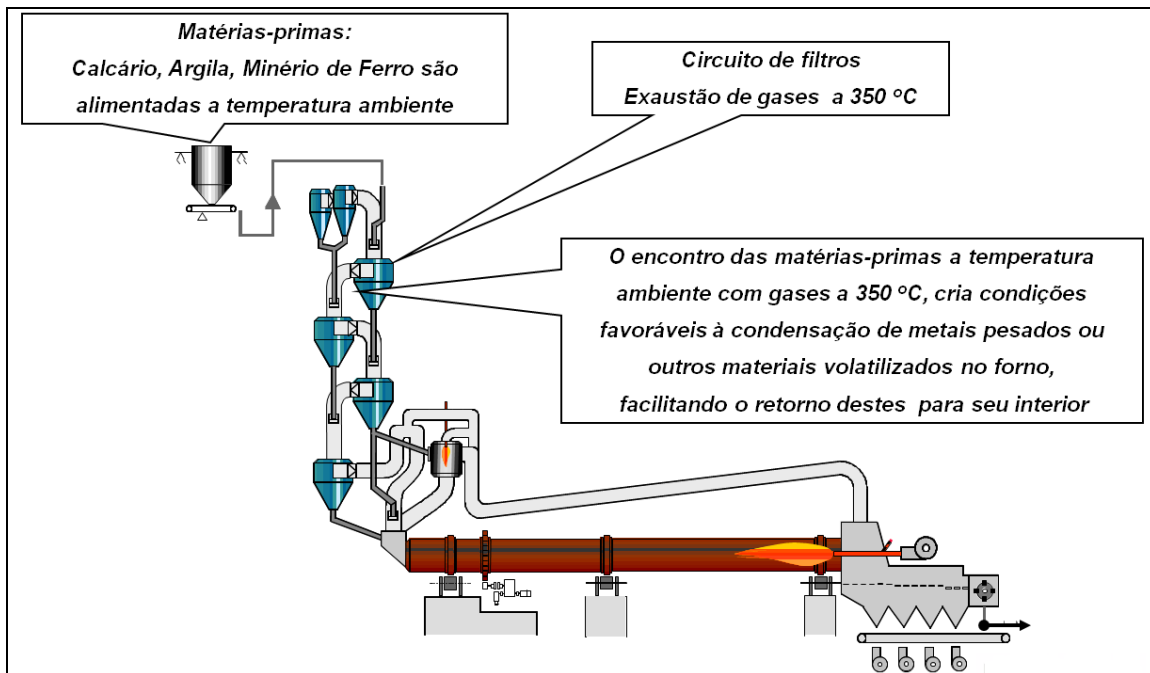


Figura 4.4.1.5. Ilustração Esquemática da 2ª Barreira – Alimentação Contra-Corrente. Fonte: Cimenteira Estudada, 2014.

A terceira barreira é o chamado efeito “atrito” (figura 4.4.1.6), onde o movimento turbilhonar no interior do forno rotativo provoca o atrito entre os materiais, o que favorece a absorção de metais pesados e outros contaminantes incorporando-os na microestrutura do clínquer (Kihara, 2009).

A atmosfera alcalina no interior do forno contribui para a neutralização de contaminantes, e representa portanto a quarta barreira do processo (figura 4.4.1.7).

As altas temperaturas (1450° C na área de queima, e até 2000° C na região da chama do maçarico) contemplam a quinta barreira (figura 4.4.1.8), as quais associadas à atmosfera alcalina e o tempo de permanência dos materiais no forno (sexta barreira)

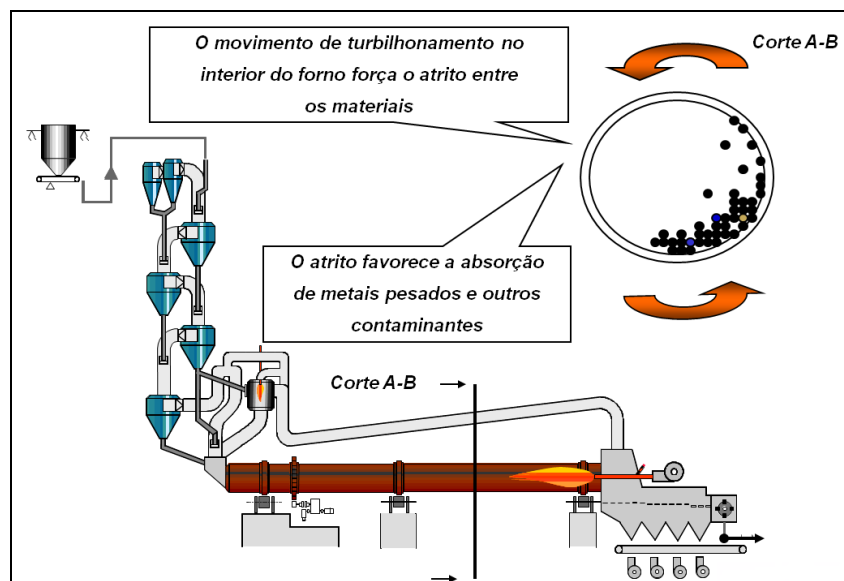


Figura 4.4.1.6. Ilustração Esquemática da 3ª Barreira – Efeito “atrito”.
Fonte: Cimenteira Estudada, 2014.

(figura 4.4.1.9), destroem os compostos orgânicos, e fazem com que os componentes inorgânicos sejam fundidos e incorporados à estrutura cristalina do clínquer. Um intervalo de tempo entre 4 a 6 segundos de residência no interior do forno de substâncias gasosas, é suficiente para que sejam destruídos os compostos orgânicos, enquanto um tempo em torno de 40 minutos é o suficiente para que o clínquer absorva materiais sólidos (Kihara, 2009).

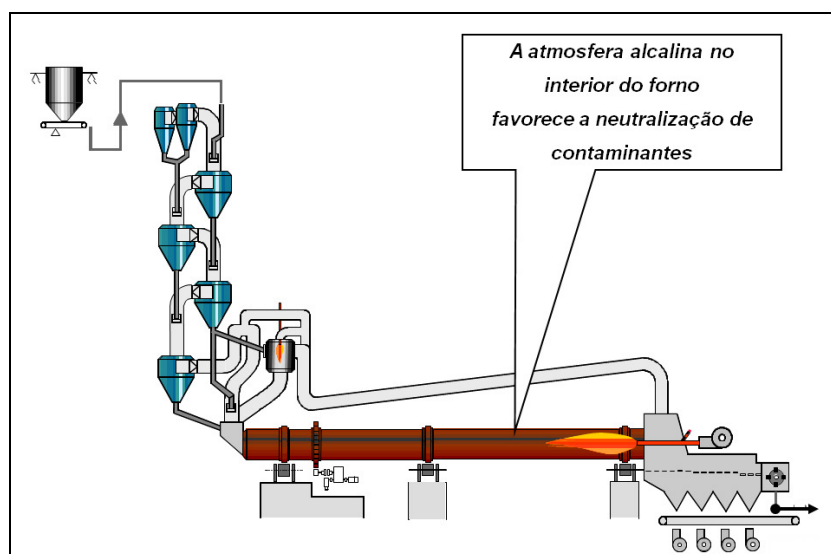


Figura 4.4.1.7. Ilustração Esquemática da 4ª Barreira – A Atmosfera Alcalina.
Fonte: Cimenteira Estudada, 2014.

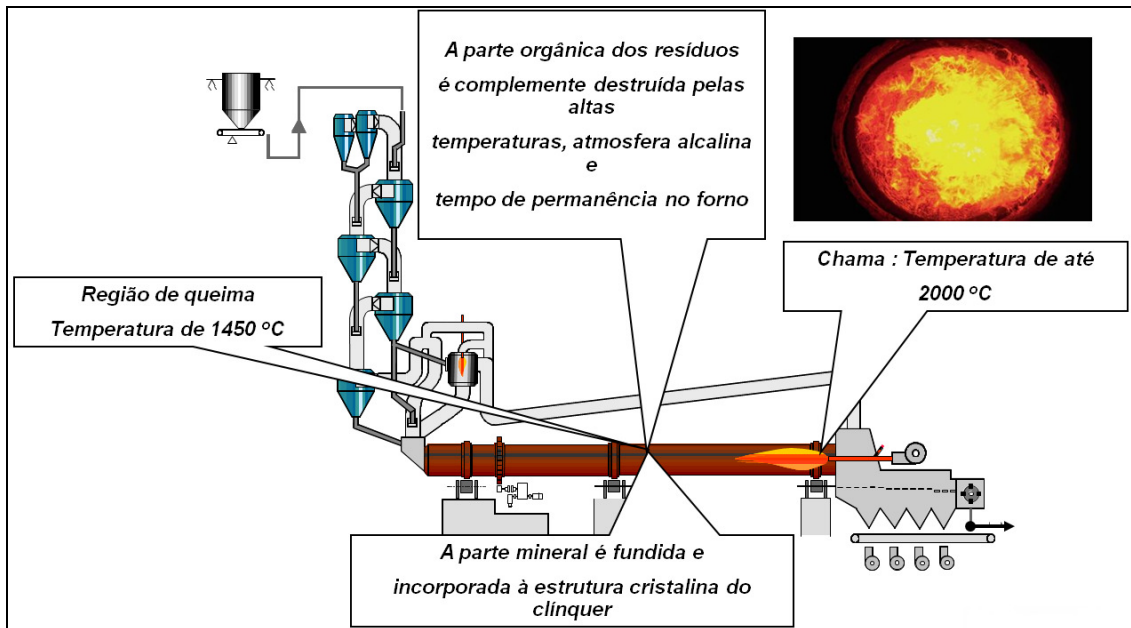


Figura 4.4.1.8. Ilustração Esquemática da 5ª Barreira – As Altas Temperaturas.
Fonte: Cimenteira Estudada, 2014.

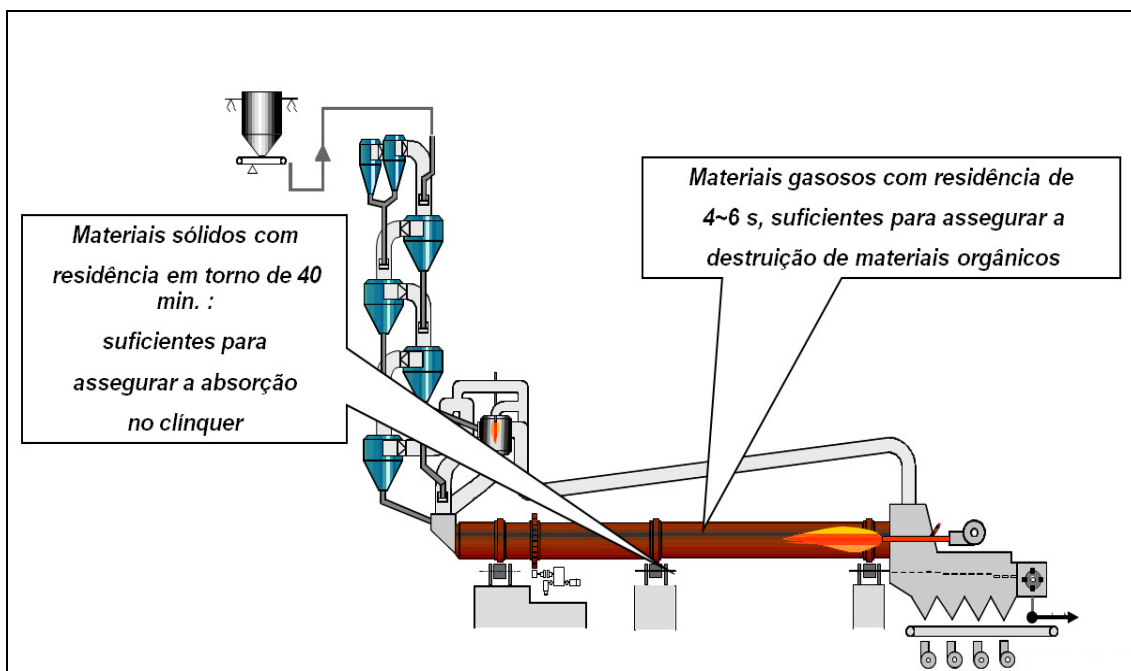


Figura 4.4.1.9. Ilustração Esquemática da 6ª Barreira – O Tempo de Permanência.
Fonte: Cimenteira Estudada, 2014.

Os fornos de cimento são monitorados 24 horas diariamente por sistemas automatizados, bem como por pessoal tecnicamente qualificado, procedimento esses responsáveis pela sétima barreira de proteção (figura 4.4.1.10). Fazem parte desse

monitoramento contínuo, 24h diariamente (tais parâmetros são enviados automaticamente para o Órgão Ambiental Oficial Competente – INEA – Instituto Estadual de Ambiente): material particulado, CO, SO_x, NO_x, HCl, O₂, H₂O e compostos orgânicos voláteis (VOC). Por outro lado, os resíduos a serem coprocessados, são previamente aprovados e dosados em proporções seguras ao processo. Há também monitoramento (não de forma contínua diariamente) programado ao longo do ano para metais pesados, dioxinas e furanos.

Ainda em relação à emissão atmosférica de material particulado, existem 2 estações de monitoramento desses materiais fora do complexo industrial. Uma, localizada há cerca 1 Km da unidade fabril, numa área rural; e outro situado nas proximidades de uma escola, na cidade mais próxima à cimenteira, a uma distância aproximada de 5 Km.

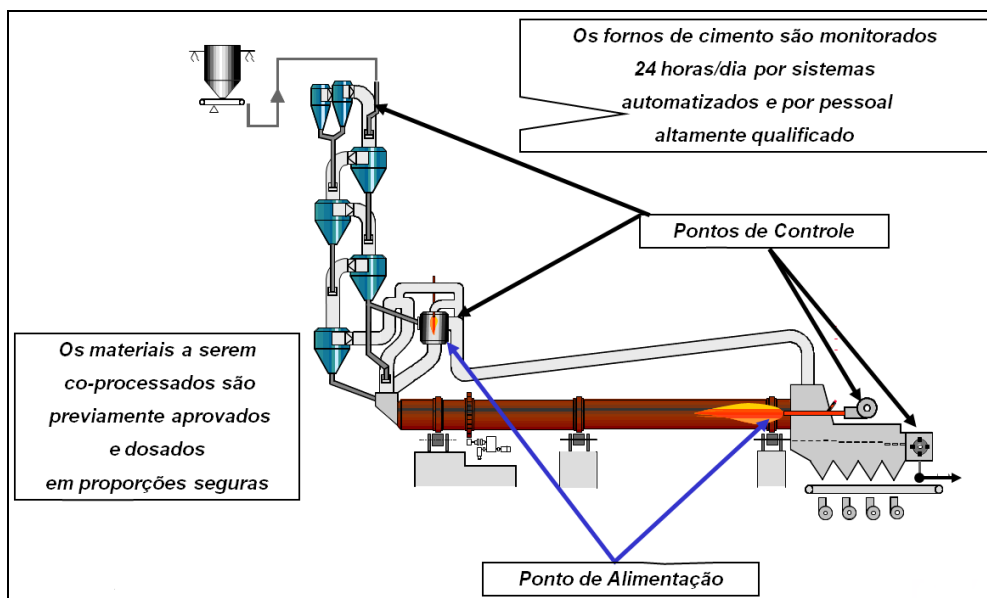


Figura 4.4.1.10. Ilustração Esquemática da 7ª Barreira – O Monitoramento.
Fonte: Cimenteira Estudada, 2014.

IV.4.2 – Da Análise Laboratorial dos Resíduos

A cimenteira em estudo está equipada com um laboratório de análises físico-químicas, com o propósito de se realizar a aprovação para queima dos resíduos que recebe, ainda verificando as possíveis influências desses materiais no processo de fabricação de cimento. Essas análises realizadas na própria unidade industrial, visam também

confirmar e garantir a natureza do material que está sendo recebido para o coprocessamento. O quadro 4.4.2.1 traz as respectivas análises que são realizadas, incluindo os equipamentos utilizados.

Laboratório de Análise de Resíduos			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Poder calorífico ▶ Teores de cloro, enxofre, flúor, cinzas, umidade ▶ Viscosidade ▶ Ponto de fulgor ▶ Metais pesados ▶ PCBs (bifenilas policloradas) 			
Equipamento	Quantidade	Fornecedor	Análises
Mass Chromatograph / Head Space	1	Perkin Elmer	Orgânicos
Gas Chromatograph / ECD - FID	1	Perkin Elmer	Orgânicos
ICP OES - Optima 4300	2	Perkin Elmer	Análise de metais
Flash Alert	2	Precision	Detector de flash point
pH Meter	2	Metrohm	Determinação do pH
Leco S - 144DR	2	Leco	Determinação de enxofre
716 DMS Titrimo	2	Metrohm	Determinação de cloro e Flúor
Calorímetro G5003	2	Ika Werke	Determinação do PCS

Quadro 4.4.2.1. Análises realizadas no laboratório da cimenteira e equipamentos utilizados. Fonte: Cimenteira Estudada, 2014

IV.4.3 - Das Restrições de Resíduos Para o Coprocessamento

Por questões relacionadas à incompatibilidade com o processo produtivo de cimento, bem como à segurança ambiental e ocupacional, os resíduos apresentados a seguir não são utilizados no coprocessamento:

- ✓ Resíduos hospitalares e de serviços de saúde;
- ✓ Lixo doméstico não-classificado/selecionado;
- ✓ Explosivos;
- ✓ Elementos radioativos;
- ✓ Agrotóxicos;
- ✓ Asbestos;
- ✓ Material proveniente de fossas orgânicas;
- ✓ Materiais com alto teor de metais pesados e/ou cloro;

- ✓ Materiais com baixo poder calorífico ou que não contribuam como substitutos de matérias-primas.

IV.4.4 – Do Meio Ambiente e Segurança

Para a proteção do solo contra a contaminação por resíduos, toda a área de manipulação é pavimentada (concreto), sobre uma manta impermeável (gel-membrana impermeável). Conta-se também com equipe treinada para conter, limpar e destinar os contaminantes em caso de fuga ou vazamentos. Os galpões de armazenamento são cobertos para que se impeça o carreamento de resíduos pela ação pluvial. Os uniformes usados pelos trabalhadores são enviados à empresa especializada para a lavagem e higienização de maneira segura e adequada.

Os controles relacionados às emissões atmosféricas já foram descritas no primeiro tópico deste capítulo (IV.4.1).

A cimenteira está equipada com sistema de hidrantes e extintores nos locais de manipulação dos resíduos, bem como nos de injeção. Foi implementado o PAE – Plano de Ação Emergencial, onde há uma equipe de trabalhadores treinada para combater incêndios (Brigada de Incêndio).

IV.4.5 - Dos Serviços Especializados em Segurança e Medicina do Trabalho

Conforme previsto na Norma Reguladora nº 04 (NR-4), a cimenteira em estudo possui um departamento especializado em segurança e medicina do trabalho (SESMT), exclusivamente voltado para as questões técnicas relacionadas à higiene, saúde e segurança ocupacional, constituído pelos seguintes profissionais (NR-4, 2014):

- 1 Engenheiro de Segurança do Trabalho;
- 1 Médico do Trabalho;
- 1 Técnico de Enfermagem do Trabalho;
- 4 Técnicos de Segurança do Trabalho.

O departamento de saúde possui também um psicólogo e uma fisioterapeuta, que não estão previstos com obrigatoriedade legal. Além dos profissionais citados, conta-se ainda com um Ambulatório Médico funcionando dentro das instalações da empresa, munido de equipamentos para prestação de primeiros socorros e procedimentos médicos de pequeno porte, bem como uma ambulância para possíveis casos em que haja necessidade de remoção para atendimento hospitalar.

IV.4.6 – Do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

A Empresa estudada possui implementado o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), como estabelecido pelo Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil em caráter obrigatório, que tem como objetivo a preservação da integridade da saúde dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos ambientais existentes ou que venham existir no ambiente laboral (NR-9, 1994). Medidas de controle são adotadas nas ocasiões em que os riscos detectados ultrapassam os valores estabelecidos como níveis de ação, conforme previsto na Norma Regulamentadora Nº 09, do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, levando em consideração a seguinte hierarquia:

- 1) Eliminação dos agentes prejudiciais à saúde;
- 2) Substituição do equipamento e/ou processo geradores de riscos ;
- 3) Adoção de medidas de ordem coletiva e de engenharia;
- 4) Adoção de medidas de ordem administrativa;
- 5) Implementação de medidas de proteção individual.

O Programa de Prevenção de Riscos Ambientais e respectivos resultados dos monitoramentos permanecem disponíveis aos trabalhadores interessados ou a seus representantes, bem como para as autoridades competentes, estando tais dados mantidos e arquivados, disponíveis por um período mínimo de 20 anos.

É realizada anualmente, uma análise global do PPRA para avaliação do seu desenvolvimento, bem como ajustes necessários e estabelecimentos de novas metas e

prioridades. Toda e qualquer alteração que ocorra (no processo, técnicas produtivas, equipamentos, layout) e assim implique na geração de novos riscos ocupacionais, é analisada e avaliada, e os resultados obtidos, integrados ao Programa. Com base nas avaliações ambientais e no controle de médico (PCMSO), se avalia a eficácia das medidas de controle já existente e implantadas, possibilitando a proposição de novas ações corretivas caso sejam necessárias.

IV.4.7 – Da Proteção Individual

Considera-se equipamento de proteção individual (EPI), todo dispositivo de uso individual destinado a preservar e proteger a integridade física do trabalhador.



**Figura 4.4.7.1 – Equipamentos de Proteção Individual.
Fonte: Cimenteira Estudada, 2014.**

Os EPI representam as últimas medidas hierarquicamente disponíveis no conjunto dos métodos preventivos utilizados na proteção do trabalhador, conforme mencionados no item IV.4.6. Nas operações relacionadas ao coprocessamento, é obrigatório o uso de óculos de segurança, capacete, protetores auriculares, respiradores com filtros para particulados e vapores orgânicos, macacão anti-chamas, luvas (nitrílicas) e botinas (figura 4.4.7.1).

IV.4.8 – Do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional

O Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) tem o objetivo de promover e preservar a saúde dos trabalhadores, sobretudo com atenção especial voltada para a prevenção das doenças originadas e/ou agravadas pelo exercício da atividade ocupacional (NR-7, 2013).

O PCMSO é parte integrante do conjunto mais amplo de iniciativas da empresa no campo da saúde dos trabalhadores, e está articulado com as demais Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego. Possui caráter de prevenção, rastreamento e diagnóstico precoce dos agravos à saúde relacionados ao trabalho, inclusive aqueles de natureza subclínica, onde são consideradas as questões incidentes sobre o indivíduo e a coletividade de trabalhadores, privilegiando o instrumental clínico-epidemiológico na abordagem da relação entre a saúde e o trabalho. Seu planejamento e implantação estão baseados nos riscos à saúde dos trabalhadores, especialmente aqueles identificados em avaliações previstas nas demais Normas Regulamentadoras (NR-7, 2013).

O instrumental clínico epidemiológico do PCMSO considera as informações obtidas a partir das seguintes fontes:

- 1- Avaliações clínicas (anamnese e exame físico / mental);
- 2- Exames complementares;
- 3- atendimentos no Ambulatório da Empresa;
- 4- Acometimentos geradores de absenteísmo;
- 5- Histórico de Acidentes / Doenças Ocupacionais;
- 6- Resultados dos Programas de Saúde e Bem Estar.

O PCMSO inclui a realização obrigatória dos exames médicos: admissional, periódico, de retorno ao trabalho, de mudança de função e demissional. Estes compreenderão: avaliação clínica abrangendo anamnese ocupacional, exame físico e mental, assim como exames complementares programados para cada tipo de atividade ocupacional, os quais são programados de acordo com os riscos ocupacionais específicos ao qual aquele

determinado trabalhador (ou grupo de trabalhadores) está exposto, com intuito de se avaliar precocemente possíveis danos à saúde oriundos da relação denexo causal, isto é, uma alteração clínica ou mesmo alterações encontradas nos exames complementares causadas por determinado risco presente no ambiente de trabalho (por exemplo: num trabalhador exposto ao risco ruído, realiza-se periodicamente exame audiométrico a fim de avaliar se há dano à acuidade auditiva) (NR-7, 2013).

A avaliação clínica referida anteriormente como parte integrante dos exames médicos, obedece aos prazos e à periodicidade conforme previstos nos subitens relacionados a seguir (NR-7, 2013):

- No exame médico admissional, é realizada antes que o trabalhador assuma suas atividades;
- No exame médico periódico: a cada ano ou intervalos menores, de acordo com a situação clínica e/ou atividade exercida de cada trabalhador;
- No exame médico de retorno ao trabalho: no primeiro dia da volta ao trabalho de trabalhador ausente por período igual ou superior a 30 (trinta) dias por motivo de doença ou acidente, de natureza ocupacional ou não, ou parto;
- No exame médico de mudança de função: antes da data de mudança;
- No exame médico demissional: até a data da homologação, desde que o último exame médico ocupacional tenha sido realizado há mais de 90 (noventa) dias.

Para cada exame médico realizado, é emitido o Atestado de Saúde Ocupacional – ASO (em três vias), documento este que informa: os riscos ocupacionais específicos aos quais aquele trabalhador se encontra exposto, os procedimentos médicos realizados (exames clínico e complementares) e a conclusão de aptidão ou não para a função específica daquele trabalhador. A primeira via do ASO é arquivada no local de trabalho, à disposição da fiscalização. A segunda é entregue ao trabalhador, mediante recibo na primeira via. A terceira permanece arquivada em prontuário clínico individual.

Os dados obtidos nos exames médicos, incluindo avaliação clínica e exames complementares, as conclusões e as medidas aplicadas, são registrados em prontuário clínico individual, ficando sob a responsabilidade do médico coordenador do PCMSO.

IV.4.9 - Da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes

A CIPA (sigla para Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) é uma comissão constituída por representantes do empregador e dos empregados, que visa à prevenção de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho. A diferença básica entre a CIPA e o SESMT, reside no fato de que este último é composto exclusivamente por profissionais especialistas em segurança e saúde no trabalho, enquanto a CIPA, é uma comissão constituída por empregados normalmente leigos em tal assunto. O desenvolvimento das ações preventivas da CIPA, consiste basicamente em observar e relatar as condições de riscos nos ambientes de trabalho, solicitar medidas para eliminar ou mitigar os riscos ocupacionais existentes, orientar aos demais trabalhadores quanto à prevenção, e discutir os casos de acidentes de trabalho quando ocorridos, com intuito de se buscar medidas que impeçam outros acontecimentos semelhantes. A Norma Reguladora nº 05, do Ministério do Trabalho e Emprego, dispõe que, compete ao empregador proporcionar aos membros da CIPA os meios necessários ao efetivo desempenho de suas atribuições, garantindo tempo suficiente para a realização de suas tarefas preventivas relacionadas à respectiva comissão (NR-5, 2011).

IV.4.10 – Da Capacitação e Treinamentos

A gestão de carreira na empresa é associada a um Plano Mestre de Treinamento, onde

Tabela 4.4.10.1. Média Anual de Horas de Treinamento por Cargo e por Funcionário (2012 e 2013). Fonte: Cimenteira Estudada, 2014.

MÉDIA DE HORAS DE TREINAMENTO POR CARGO			
MÉDIA DE HORAS DE TREINAMENTO POR CARGO	Categoria	2012	2013
	Diretoria	32,4	33,85
	Gerência	21,06	23,83
	Coordenação\Supervisão	22,92	29,42
	Administrativo	25,00	29,38
	Operacional	16,19	21,87

TREINAMENTO POR FUNCIONÁRIO			
MÉDIA DE HORAS DE TREINAMENTO POR FUNCIONÁRIO	Total de horas	32.321	34.022,9
	Total de funcionários	1.811	1.666
	Média	17,84	20,42

é possível realizar o mapeamento das atribuições e competências requeridas para determinado cargo e avaliar as características de cada funcionário. Em 2013 realizaram-se no âmbito nacional, cerca de 34.000 horas de treinamentos (tabela 4.4.10.1).

Há também um sistema de oferta de bolsas (parciais ou totais) para cursos de graduação, pós-graduação, MBA e idiomas.

IV.4.11 – Dos Programas de Auditorias e Sistema Integrado de Gestão

Na fiscalização das suas ações, a empresa conta com um grupo de auditores internos corporativos e locais que se reportam ao Comitê de Auditoria do Conselho Administrativo da Matriz na Europa, o que garante a independência e imparcialidade desse grupo. Existe ainda um programa de auditoria externa, que se encarrega da revisão e do relatório anual.

Há implantado um Sistema de Gestão Integrada (SGI) onde a empresa se compromete com a integridade física de seus trabalhadores, a satisfação das partes interessadas, a qualidade (ISO 9001), a melhoria contínua dos processos de gestão, o respeito ao meio ambiente (ISO 14001) e o cumprimento à legislação e a outros requisitos aplicáveis.

CAPÍTULO V – METODOLOGIA

O alvo deste trabalho foi uma unidade fabril cimenteira localizada no Estado do Rio de Janeiro – Brasil, bem como seus trabalhadores, a qual utiliza o método de coprocessamento em seu forno rotativo, como alternativa para substituição de combustíveis fósseis tradicionais e matérias-primas, no processo de fabricação de cimento.

O presente estudo de caso apresenta natureza exploratória, onde utilizou-se um método misto de investigação, com objetivo de se reconhecer uma realidade existente ainda pouco estudada, levantando-se hipóteses de entendimento sobre a respectiva questão (Carmo & Ferreira, 2008).

A pesquisa documental partiu da revisão de literatura sobre o processo de fabricação de cimento, do coprocessamento de resíduos industriais (perigosos e não perigosos) em fornos de clínquer, da legislação nacional a respeito, e dos conceitos fundamentais em toxicologia, em especial aqueles relacionados com o âmbito ocupacional.

Catálogos bibliográficos, livros, revista das áreas científicas, dissertações de mestrado, teses de doutorado, trabalhos acadêmicos, relatórios; constituíram fontes bibliográficas utilizadas (Sousa & Batista, 2011). A revisão de literatura relevante em relação ao tema proposto, foi realizada com discussão das idéias, fundamentos e sugestões de vários autores selecionados e consultados, constando o primeiro passo para fundamentação teórica.

Ainda a respeito da pesquisa documental, as seguintes fontes bibliográficas, isto é, documentos próprios da cimenteira estudada, foram consultados:

- Laudos Técnicos das Condições Ambientais de Trabalho;
- Programas de Prevenção de Riscos Ambientais;
- Relatórios de Monitoramento de Emissão Atmosférica;
- Programas e Relatórios de Controle Médico de Saúde Ocupacional;
- Protocolos de Avaliação Química dos Resíduos Coprocessados.

No processo de análise e estudo dos dados referentes à saúde dos trabalhadores, resguardou-se o direito do paciente (neste caso do trabalhador), ao sigilo para com informações de saúde pessoais, conforme código de ética da medicina.

Além dos canais formais citados para o embasamento teórico deste trabalho, adotaram-se canais informais de comunicação, tais como discussão com professores e pessoal da área técnica (médicos, especialistas em meio ambiente, químicos e engenheiros).

Foram realizadas várias visitas à unidade fabril em estudo, as quais tiveram o propósito de elucidar na prática: o processo de fabricação de cimento, o manejo e operacionalização do uso de combustíveis alternativos, e ainda, a oportunidade de reunião e discussão com técnicos especializados no processo industrial.

Este estudo de caso contemplou dois objetivos centrais: a percepção dos trabalhadores da cimenteira a respeito de aspectos ambientais, econômicos, sociais e de saúde, relacionados com o coprocessamento de resíduos; e aspectos de saúde ocupacional relacionados a tal prática.

Em relação à percepção dos trabalhadores, utilizou-se um questionário como instrumento de coleta de dados, com entrega manual. Foram inquiridos 50 empregados (incluindo-se todos os funcionários com atividades laborais ligadas diretamente ao coprocessamento), distribuídos por praticamente todos os setores da indústria. O processo de escolha dos inquiridos obedeceu aos seguintes requisitos obrigatórios: o tempo de trabalho ser igual ou superior a 2 anos, e residirem nas comunidades ou cidades no entorno da Fábrica.

Partindo do princípio de que todos os instrumentos de recolha de informação devem ser testados para se saber quanto tempo demoram os receptores a realizá-los, e ainda, para que sejam eliminadas questões que não conduzam a dados relevantes; cinco dos trabalhadores de setores distintos da empresa, foram submetidos ao pré-teste (teste piloto), com o objetivo de certificar se as questões eram compreendidas sem dificuldades pelos inquiridos. Pequenos ajustes foram realizados para a versão definitiva, levando em conta os comentários realizados pelos pré-testados.

Para não haver prejuízo nas informações necessárias ao estudo, o questionário elaborado foi anônimo, não muito extenso, de forma a torná-lo mais atraente aos olhos dos inquiridos, com uma sessão inicial dedicada à caracterização do trabalhador participante, tais como: sexo, idade, grau de instrução, cargo, setor, tempo de trabalho, exercício de atividades ocupacionais diretamente no coprocessamento, tabagismo, etilismo, uso regular de medicações, doenças e/ou acometimentos de saúde.

O questionário utilizado constituiu-se em sua maioria de questões de múltipla escolha. As perguntas formuladas foram o mais simples possível no que diz respeito ao vocabulário usado, com o propósito de facilitar a compreensão dos inquiridos (NOAA, 2007). A respectiva ferramenta de coleta de dados constituiu-se de vinte e oito questões (a grande maioria fechadas, incluindo sempre a opção de resposta “não sei”), com os assuntos referentes a seguintes categorias: poluição, saúde, condições e segurança no trabalho, meio ambiente, oportunidades de emprego, capacitação e treinamentos dos trabalhadores, coprocessamento de resíduos, transparência pública e participação ativa da população nos processos decisórios. Apesar do predomínio de perguntas de múltiplas escolhas, a última sessão (VII) constituiu-se por uma questão aberta, isto é discursiva, de resposta facultativa, onde o inquirido poderia expressar-se a respeito de algum aspecto relacionado ao coprocessamento o qual entendesse ser pertinente.

Os questionários foram aplicados na própria Fábrica, durante o horário de trabalho, com início em uma segunda-feira (18 de agosto de 2014) e término 10 dias após, com interrupção nos dias de sábado e domingo que intercalaram as duas semanas de inquérito.

Utilizou-se uma escala de Likert permitindo assim calcular o grau de intensidade das respostas, a qual pontuou de 1 a 5, em que 1 correspondeu a níveis de intensidade negativos mais baixos e 5 a níveis de intensidade positivos mais elevados.

As informações recolhidas receberam tratamento estatístico, em planilhas Excel. Verificou-se que embora neste trabalho se tivesse uma amostragem de 50 trabalhadores, não obteve-se uma distribuição normal para os dados, com se pode verificar nas figuras (5.1 a 5.3) apresentadas a título exemplificativo. Assim não é fiável a aplicação do cálculo das médias e desvios padrões amostrais para apresentar a distribuição das

respostas, sendo então necessário recorrer às medidas de localização adequadas do tipo ordinal nomeadamente a mediana (valor central, no caso não paramétrico), a moda (resposta mais frequente), tendo-se substituído o desvio padrão pela dispersão quartal (Q75%-Q25%) (Hill & Hill, 2009).

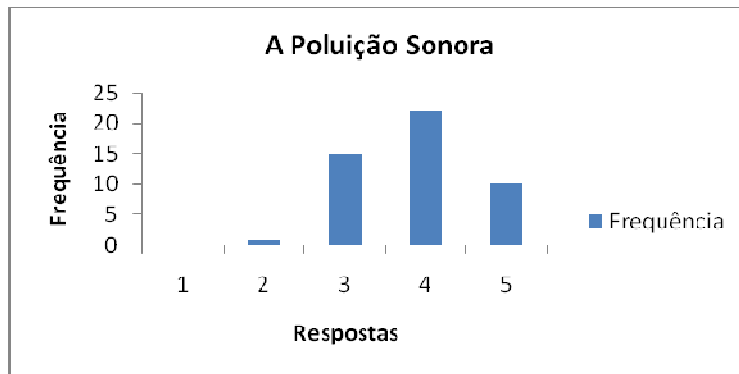


Figura 5.1. Respostas Obtidas a Respeito da Percepção da Poluição Sonora

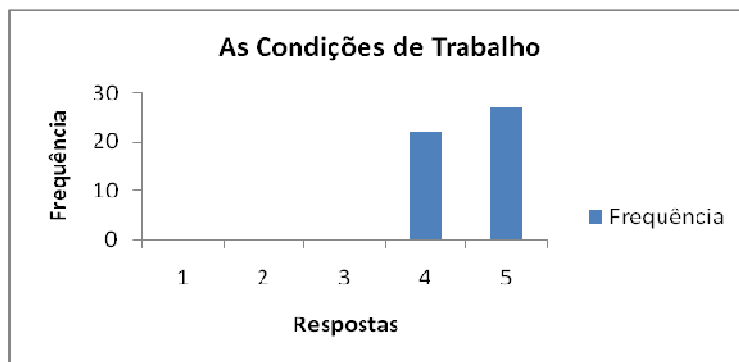


Figura 5.2. Respostas Obtidas a Respeito das Condições de Trabalho

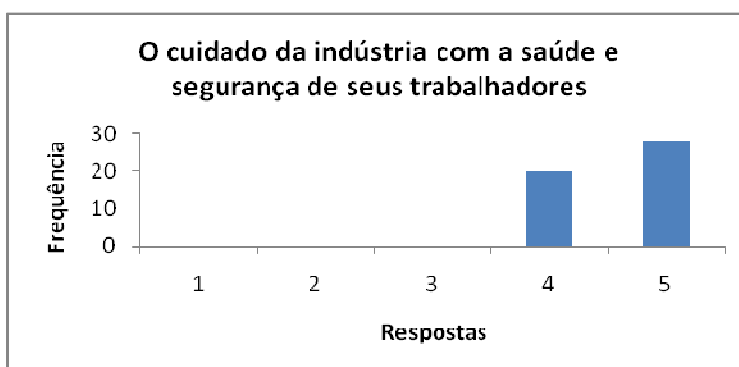


Figura 5.1. Respostas Obtidas a Respeito do Cuidado da Indústria com a Saúde e Segurança dos Trabalhadores

Por fim, de acordo com as adaptações necessárias efetuadas ao tratamento dos dados, as respostas obtidas foram consideradas percepções favoráveis para valores iguais ou superiores a 3,5; desfavoráveis quando inferiores a 2,5; e neutras para valores entre 2,5 e 3,4 (Santos, 2011; Simão & Mósso, 2013).

Já em relação à análise dos aspectos de saúde ocupacional, onde pretendeu-se mostrar o perfil toxicológico dos trabalhadores para com alguns agentes químicos, foram selecionados os resultados do monitoramento biológico (por meio de consulta aos relatórios de medicina do trabalho da empresa estudada) de 7 trabalhadores (6 do sexo masculino e 1 feminino), os quais preencheram o critério de terem pelo menos 6 anos de exercício de atividade laboral contínua no coprocessamento. A média de anos trabalhados dos selecionados foi de aproximadamente 7,5 anos. (maior tempo de trabalho observado foi de 9 anos). Participaram também do estudo, 4 trabalhadores (2 de cada sexo), que não estavam expostos aos resíduos, compondo o grupo de controle (branco).

Utilizou-se a urina como material biológico de avaliação, coletada geralmente no último dia da jornada de trabalho semanal.

As informações recolhidas receberam tratamento estatístico, também em planilhas Excel, onde calcularam-se as médias e utilizaram-se gráficos (de linhas) para a demonstração dos resultados, os quais foram comparados a parâmetros (limites) estabelecidos por dispositivos legais nacionais e internacionais, respectivamente Norma Regulamentadora nº 7 (NR-7) do Brasil e ACGIH.

CAPÍTULO VI – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira parte deste capítulo trata e interpreta os dados recolhidos pelo inquérito aplicado (questionário) a 50 trabalhadores da cimenteira em estudo, a respeito da percepção desses indivíduos sobre questões ambientais, econômicas, sociais e de saúde, relacionadas à prática do coprocessamento, tais como: poluição, condições e segurança no trabalho, meio ambiente, saúde individual e coletiva, oportunidades de emprego, capacitação e treinamentos oferecidos pela empresa, coprocessamento de resíduos, transparência pública e participação ativa da população nos processos decisórios.

VI.1 – O Inquérito da Percepção dos Trabalhadores

O processo de escolha dos inquiridos obedeceu aos seguintes requisitos obrigatórios: terem tempo de trabalho igual ou superior a 2 anos, e residirem nas comunidades ou cidades no entorno da Fábrica. A média de anos trabalhados dos participantes do inquérito foi de 12,5 anos, observando-se tempos de trabalho compreendidos entre 2 e 44 anos.

Quanto ao gênero, o número de inquiridos masculinos (74%) foi superior ao de femininos (26%), o que retrata a predominância de trabalhadores homens na empresa. A idade dos participantes variou entre 21 e 64 anos de idade, com ensino médio como grau de instrução predominante (56% dos inquiridos); ainda em relação ao nível de formação escolar, 22% dos inquiridos possuíam pós-graduação, 18% graduação universitária e 4% ensino fundamental (somente 2 trabalhadores).

Participaram do inquérito, empregados de praticamente todos os setores da empresa, incluindo-se todos os funcionários com atividades laborais ligadas diretamente ao coprocessamento. Do total dos inquiridos, no momento da aplicação do questionário, 16 deles (32%) estavam trabalhando ou já tinham trabalhado no coprocessamento.

Em relação ao hábito de fumar e consumo de bebida alcoólica, verificou-se: a grande maioria não fumante (76%), 14% ex-fumantes e 10% fumantes; 54% responderam terem hábitos de consumir bebidas alcoólicas enquanto 46% não.

A respeito de uso regular de medicamentos, 34 trabalhadores (68%) responderam não consumirem e 32% acusaram fazerem uso. As drogas informadas foram (ordem decrescente de ocorrência): anti-hipertensivos, seguidos de estatinas (medicação para tratamento das dislipidemias), e em terceiro os anovulatórios.

A tabela a seguir apresenta o que se evidenciou, quando os participantes responderam sobre portarem ou não alguma doença e/ou alterações de saúde.

Tabela 6.1.1. Doença e/ou Alterações de Saúde Informadas Pelos Inquiridos.

Doença e/ou Alterações de Saúde	Nº de Casos
Nenhuma	32
Hipertensão arterial sistêmica	7
Asma brônquica	1
Colesterol ou triglicérides elevados	5
Ácido úrico elevado	1
Doenças da coluna vertebral	3
Doença arterial coronariana	1

Conforme informação do Serviço Médico da cimenteira estudada, todas as doença e/ou alterações de saúde apresentadas na tabela 6.1.1, não guardam relação com a atividade laboral exercida pelos respectivos trabalhadores, isto é, não há nexos causal entre o acometimento de saúde evidenciado e o trabalho exercido. Ainda, todos os respectivos casos mencionados não se referem aos trabalhadores que laboram no coprocessamento de resíduos.

VI.1.1 – Sessão I do Questionário: Resultados e Discussão

Na primeira sessão do questionário, os inquiridos responderam questões (tabela 6.1.1.1)

referentes à poluição do ar, ao ruído, à própria saúde e à dos colegas de trabalho, às condições e segurança do trabalho, às oportunidades de trabalho para consigo e para os outros trabalhadores, e ao empenho da cimenteira para com a proteção do meio ambiente.

Tabela 6.1.1.1. Opinião dos Inquiridos em Relação ao Que Vem Acontecendo na Fábrica nos Últimos Anos.

Questões	Mediana (*)	Moda	Dispersão Quartal		
A poluição do ar	4	4	1,5		
A poluição sonora (ruído)	4	4	1		
A saúde do inquirido	3	3	1		
A saúde dos colegas de trabalho	3	3	1		
As condições de trabalho e segurança	5	5	1		
As oportunidades de emprego para novos trabalhadores	4	4	0		
As oportunidades de crescimento no emprego para o inquirido	4	4	1		
O empenho da companhia para com a proteção do meio ambiente	5	5	1		
(*)Escala	1=Piorou Muito	2=Piorou	3=Não mudou	4=Melhorou	5=Melhorou muito
Mediana	DESFAVORÁVEL (igual ou menor que 2,4)	NEUTRA (2,5 a 3,4)	FAVORÁVEL (igual ou maior que 3,5)		

A tabela 6.1.1.2 apresenta a quantidade de inquiridos (por cada pergunta) os quais responderam “não sei” ou não responderam nessa parte inicial do inquérito.

Tabela 6.1.1.2. Respostas “não sei” ou não respondidas – Sessão I.

Questões	Respostas “não sei” ou não respondidas	%
A poluição do ar	1	2
A poluição sonora (ruído)	2	4
A saúde do inquirido	3	6
A saúde dos colegas de trabalho	22	44
As condições de trabalho e segurança	1	2
As oportunidades de emprego para novos trabalhadores	1	2
As oportunidades de crescimento no emprego para o inquirido	4	8
O empenho da companhia para com a proteção do meio ambiente	2	4

As respostas obtidas nesta sessão inicial do questionário foram em sua maioria favoráveis, com exceção para a percepção relacionada à saúde (própria e dos colegas de trabalho) onde se evidenciou uma mediana neutra, isto é, os inquiridos perceberam que não houve mudanças na saúde própria e nem na saúde dos colegas de trabalho.

Entretanto, 22 dos participantes (44%), não responderam ou não souberam responder a esta última questão. Por outro lado, a percepção da própria saúde foi opinada por praticamente todos os inquiridos (94%). Não obstante, Rocha *et al.* (2011) descrevem que durante a queima dos resíduos, os materiais mais voláteis seguem rotas de emissão prejudiciais à saúde ocupacional. Milanez *et al.* (2009) apontam que estudos os quais avaliam os impactos da produção de cimento e do coprocessamento sobre a saúde humana e o meio ambiente, evidenciam efeitos negativos tanto em países periféricos quanto em países centrais. Já na análise de risco à saúde humana realizada no Estudo de Impacto Ambiental da SECIL-Outão (Portugal), onde fez-se um estudo multi-exposicional, levando em conta os seguintes elementos: fontes e taxas de emissão, químicos potencialmente preocupantes (COPCs), movimentos de COPCs na atmosfera, vias de exposição, populações humanas potencialmente sujeitas à exposição, e efeitos potencialmente adversos para saúde que podem resultar da exposição; caracterizando-se o risco para saúde humana, em comparação às taxas de exposição estimada com critérios de toxicidade, concluiu-se que não são esperados efeitos adversos para saúde tanto no que diz respeito aos acometimentos cancerígenos quanto aos não cancerígenos (SECIL, 2007). Também a Comissão Científica Independente de Controlo e Fiscalização Ambiental da Co-Incineração - CCI (Portugal), recomenda o coprocessamento em cimenteiras, e justifica que essa prática não implica em um acréscimo previsível de emissões nocivas para a saúde quando comparado com a utilização de combustíveis tradicionais (CCI, 2000).

Júnior e Braga (2009) realizaram entrevista com 13 trabalhadores que exerciam suas atividades ocupacionais no coprocessamento em cimenteiras (com mediana de tempo de trabalho de 4 anos), onde tais inquiridos relataram manifestações clínicas, principalmente irritativas, sobre áreas de exposição, como pele, mucosa ocular e respiratória. Náusea, vômitos, cefaléia, vertigem e astenia foram também elencados. Ao contrário dos resultados obtidos pelos autores citados, no inquérito deste trabalho, o qual contemplou 50 trabalhadores (com mediana de tempo de trabalho de 9 anos), nenhum acometimento de saúde dessa natureza foi evidenciado. Os mesmos autores, também descrevem relato de uso excessivo de analgésicos por conta de cefaléia crônica supostamente desencadeada pelo contato com resíduos. Todavia, também não foi

mencionado por nenhum dos inquiridos deste trabalho o uso de medicamentos do tipo analgésicos ou similares, bem como queixas relacionadas ao sintoma mencionado.

Destacam-se aqui, as opiniões referentes às condições de trabalho e segurança, bem como ao empenho da companhia para com a proteção do meio ambiente, visto que para estas duas questões as medianas e modas foram de 5, isto é, entenderam que estes aspectos melhoram muito.

Em relação às condições de trabalho e segurança, a impressão dos inquiridos vai contra o trabalho de Milanez et al. (2009), o qual descreve que pesquisas realizadas em Taiwan, Emirados Árabes, Brasil e Tanzânia mostram que muitas empresas de cimento não oferecem condições adequadas para que o trabalho seja feito de forma salubre. Milanez (2007) em outro trabalho, aponta que os estudos sobre saúde ocupacional demonstram as condições precárias com que as cimenteiras operam nos países periféricos, onde os trabalhadores exercem suas atividades ocupacionais sem equipamento de proteção individual e em ambientes inadequados, gerando situações de grande exposição a fatores de risco, que se tornam problemas de saúde.

VI.1.2 – Sessão II do Questionário: Resultados e Discussão

Na sessão II do questionário, foram realizadas perguntas (tabela 6.1.2.1) a respeito do conhecimento sobre o coprocessamento (pelo inquirido, seus familiares, vizinhos, e habitantes da cidade em que reside), das informações que a indústria presta à população a respeito de tal prática, do cuidado da indústria estudada para com a saúde e segurança ocupacionais, do grau de participação da população nos processos decisórios, e da capacitação oferecida pela empresa para os empregados.

As medianas das respostas obtidas nessa sessão do questionário ficaram divididas entre desfavoráveis, neutra e favoráveis. No que diz respeito ao conhecimento do trabalhador sobre o coprocessamento, evidenciou-se um resultado favorável, indicando um bom conhecimento sobre tal assunto. Também, outros resultados favoráveis foram encontrados nas questões relacionadas com a capacitação (preparação oferecidas aos empregados através de cursos e treinamentos oferecidos), e o cuidado da indústria com

a saúde e segurança do trabalhador, com destaque especial para este último aspecto, o qual teve como mediana e moda o valor 5, isto é, o inquirido percebeu que o cuidado dispensado por parte da cimenteira para com a saúde e segurança no trabalho é ótimo. Não obstante, em relação à capacitação, Milanez et al. (2009) descrevem que estudos incluindo o Brasil, evidenciam treinamento insuficiente para os trabalhadores.

Tabela 6.1.2.1. Opinião dos Inquiridos a Respeito de Aspectos Relacionados ao Coprocessamento – Sessão II.

Questões		Mediana (*)	Moda	Dispersão Quartal	
O conhecimento do inquirido sobre o coprocessamento		4	4	1	
O conhecimento dos familiares do inquirido sobre o coprocessamento		2	2	2	
O conhecimento dos vizinhos do inquirido sobre o coprocessamento		2	2	1	
O conhecimento das pessoas sobre o coprocessamento, na cidade em que o inquirido reside		2	2	0	
As informações que a indústria presta à população a respeito do coprocessamento		3	3	1,5	
O cuidado da indústria com a saúde e segurança de seus trabalhadores		5	5	1	
A participação ativa da população vizinha à fábrica, nas decisões e questões que envolvem o coprocessamento		2	2	1	
A capacitação (cursos e treinamentos) oferecida pela empresa		4	5	1	
*Escala	1=Nenhum	2=Pouco	3=Regular	4=Bom	5=Ótimo
Mediana	DESFAVORÁVEL (igual ou menor que 2,4)		NEUTRA (2,5 a 3,4)	FAVORÁVEL (igual ou maior que 3,5)	

Quando perguntado aos inquiridos a respeito da magnitude das informações que a indústria presta à população sobre o coprocessamento, evidenciou-se um resultado neutro, isto é, regular.

Medianas desfavoráveis foram atribuídas às questões relacionadas ao conhecimento dos familiares, vizinhos e habitantes da cidade dos inquiridos sobre o coprocessamento, e também da participação ativa da população do entorno da fábrica nos aspectos decisórios relacionados à tal prática, apesar de que para esta última questão, houve um número considerável de respostas do tipo “não sei” / “não respondidas” (tabela 6.1.2.2).

Tabela 6.1.2.2. Respostas “não sei” ou não respondidas – Sessão II.

Questões	Respostas “não sei” ou não respondidas	%
O conhecimento do inquirido sobre o coprocessamento	3	6
O conhecimento dos familiares do inquirido sobre o coprocessamento	1	2
O conhecimento dos vizinhos do inquirido sobre o coprocessamento	6	12
O conhecimento das pessoas sobre o coprocessamento, na cidade em que o inquirido reside	7	14
As informações que a indústria presta à população a respeito do coprocessamento	3	6
O cuidado da indústria com a saúde e segurança de seus trabalhadores	2	4
A participação ativa da população vizinha à fábrica, nas decisões e questões que envolvem o coprocessamento	18	36
A capacitação (cursos e treinamentos) oferecida pela empresa	1	2

VI.1.3 – Sessão III do Questionário: Resultados e Discussão

Nessa sessão pretendeu-se evidenciar qual a impressão dos trabalhadores, bem como de suas percepções a respeito também da opinião das pessoas em geral, sobre a prática do coprocessamento (tabela 6.1.3.1).

Tabela 6.1.3.1. Opinião dos Inquiridos a Respeito de Aspectos Relacionados ao Coprocessamento – Sessão III.

Questões	Mediana	Moda	Dispersão Quartal
A opinião do inquirido a respeito da prática do coprocessamento	5	5	1
A percepção do inquirido a respeito da opinião das pessoas em geral sobre a prática do coprocessamento	3	4	2

*Escala	1=Discorda	2=Discorda em parte	3=Não concorda nem discorda	4=Concorda em parte	5=Concorda totalmente
Mediana	DESAVORÁVEL (igual ou menor que 2,4)		NEUTRA (2,5 a 3,4)	FAVORÁVEL (igual ou maior que 3,5)	

Foi verificado que os trabalhadores possuem uma opinião favorável ao coprocessamento, isto é, com a maioria concordando totalmente (moda das respostas com valor 5). Para ainda esta pergunta, houve 3 respostas do tipo “não sei”, e somente 1 inquirido respondeu discordar em parte.

Já para a questão que tratou da percepção dos inquiridos a respeito da opinião das pessoas em geral sobre a prática do coprocessamento, percebeu-se uma resposta neutra, isto é, a mediana ficou no valor 3, que representa uma opinião nem de discordância nem de concordância, atribuída talvez provavelmente por conta da falta de conhecimento sobre o assunto pela população em geral.

VI.1.4 – Sessão IV do Questionário: Resultados e Discussão

Na última sessão da primeira parte do questionário, pretendeu-se evidenciar a percepção e entendimento dos trabalhadores a respeito dos possíveis impactos causados pelo coprocessamento ao meio ambiente e também à saúde das pessoas que vivem no entorno da fábrica (tabela 6.1.4.1).

Tabela 6.1.4.1. Opinião dos Inquiridos a Respeito de Aspectos Relacionados ao Coprocessamento – Sessão IV.

Questões	Mediana (*)	Moda	Distensão Quartal
Entendimento dos inquiridos a respeito dos impactos (efeitos) causados ao meio ambiente pelo coprocessamento	5	5	1
Entendimento dos inquiridos a respeito dos impactos causados (efeitos) à saúde das comunidades no entorno da fábrica pelo coprocessamento	3	3	1

*Escala	1=Muito negativos	2=Negativos	3=Neutros	4=Positivos	5=Muito positivos
Média	DESFAVORÁVEL (igual ou menor que 2,4)	NEUTRA (2,5 a 3,4)	FAVORÁVEL (igual ou maior que 3,5)		

Evidenciou-se uma resposta bastante favorável (mediana 5) em relação à percepção dos impactos causados ao meio ambiente pelo coprocessamento, bem como a maioria dos trabalhadores entendeu que tais efeitos ao meio ambiente são muito positivos. Em relação aos impactos causados à saúde das comunidades no entorno da fábrica, houve uma evidência neutra (mediana 3), isto é, os inquiridos, bem como a maior parte deles (moda 3), indicaram não perceberem que o coprocessamento concorre a essa questão. Santi e Filho (2004) mencionam que a população habitante de áreas vizinhas às cimenteiras e também aquelas que estão localizadas mais distantes, na direção dos ventos, estão expostas ao impacto dos diversos compostos químicos poluentes gerados nessas fábricas e, conseqüentemente, sujeitas aos riscos de adoecimento. Conforme já discutido, a Comissão Científica Independente de Controlo e Fiscalização Ambiental da Co-Incineração - CCI e o Estudo de Impacto Ambiental da Secil-Outão de Portugal não corroboraram tal fato. Contudo, A CCI recomenda que deverá ser proporcionada vigilância epidemiológica ativa às populações localizadas no entorno das cimenteiras que coprocessam, de maneira que se assegure a detecção precoce de qualquer problema de saúde (CCI, 2000; SECIL, 2007).

VI.1.5 – Sessão V do Questionário: Resultados e Discussão

Esta sessão diferiu-se das anteriores no sentido da estrutura do inquérito, pois foi usada uma escala de atitudes, onde as questões se dispuseram de tal forma que o inquiridor pudesse obter não só as opiniões dos trabalhadores, mas também as respectivas atitudes de cada um dos inquiridos. A tabela 6.1.5.1 apresenta os resultados obtidos.

As duas primeiras questões abordaram o tema saúde e segurança no trabalho, onde se pretendeu evidenciar as percepções e atitudes dos inquiridos relacionados ao cumprimento dos procedimentos de segurança e exames médicos do programa de saúde do trabalhador. A mediana obtida para a questão da segurança do trabalho foi bastante favorável, com predominância de resposta com valor 5, isto é, a maioria dos inquiridos tanto entende como cumpre os respectivos procedimentos relacionados a tal tema. Para a questão dos exames médicos, o resultado foi unânime quanto à percepção e atitude,

Tabela 6.1.5.1. Opiniões e Atitudes dos Inquiridos.

1) Pergunta: Sigo os procedimentos de segurança do trabalho da empresa?					
O que acontece			O que deveria acontecer		
Mediana*	Moda	D. Quartal	Mediana*	Moda	D. Quartal
5	5	0,75	5	5	0
2) Pergunta: Realizo os exames médicos conforme programa de saúde do trabalhador da empresa?					
O que acontece			O que deveria acontecer		
Mediana*	Moda	D. Quartal	Mediana*	Moda	D. Quartal
5	5	0	5	5	0
3) Pergunta: Questiono e interrompo um trabalho quando não é seguro, e tem potencial de ocasionar acidente?					
O que acontece			O que deveria acontecer		
Mediana*	Moda	D. Quartal	Mediana*	Moda	D. Quartal
5	5	0	5	5	0
4) Pergunta: Questiono e interrompo um trabalho quando tem potencial de causar danos à minha saúde?					
O que acontece			O que deveria acontecer		
Mediana*	Moda	D. Quartal	Mediana*	Moda	D. Quartal
5	5	0	5	5	0
5) Pergunta: Cumpro e frequento os treinamentos e cursos oferecidos pela empresa para meu aperfeiçoamento técnico?					
O que acontece			O que deveria acontecer		
Mediana*	Moda	D. Quartal	Mediana*	Moda	D. Quartal
5	5	0	5	5	0
6) Pergunta: Procuro assistência médica quando percebo um problema de saúde?					
O que acontece			O que deveria acontecer		
Mediana*	Moda	D. Quartal	Mediana*	Moda	D. Quartal
5	5	1	5	5	0
7) Pergunta: Procuro assistência médica mesmo sem apresentar um problema de saúde, mas para uma consulta preventiva?					
O que acontece			O que deveria acontecer		
Mediana*	Moda	D. Quartal	Mediana*	Moda	D. Quartal
4	3	1,75	5	5	0,75
*Escala	1=Nunca	2=Quase nunca	3=Algumas vezes	4=Quase sempre	5=Sempre
Mediana	DESAVORÁVEL (igual ou menor que 2,4)		NEUTRA (2,5 a 3,4)	FAVORÁVEL (igual ou maior que 3,5)	

isto é, todos responderam que deveriam realizar os exames médicos conforme o programa de saúde do trabalhador da empresa, bem como assim o fazem.

A terceira e quarta perguntas dessa sessão, pretenderam elucidar qual a autonomia e consciência possui o trabalhador frente às condições de trabalho com potencial de periculosidade, nomeadamente àquelas com possibilidade de acometer sua integridade física e também a higidez própria. Os resultados para ambas as questões foram muito similares, com medianas bastante favoráveis, bem como a maioria das respostas “sempre” (moda 5) ocorreram tanto para as percepções, quanto para o que praticam na rotina laboral. Portanto a maioria dos trabalhadores respondeu sempre interromper uma atividade que tenha potencial de causar dano para si mesmo.

A quinta indagação realizada permeou os aspectos relacionados ao cumprimento por parte dos trabalhadores do programa de capacitação e treinamentos oferecido pela empresa, onde as percepções e atitudes informadas foram bastante favoráveis nas opiniões e atitudes dos inquiridos.

As duas últimas questões abordaram o tema relacionado com a assistência médica. Na pergunta nº 6 pretendeu-se perceber a opinião e comportamento do trabalhador quanto à presença de um problema de saúde e a procura de assistência médica para tratamento do suposto acometimento. A maioria respondeu que sempre procura assistência médica nesses casos, e todos os 50 inquiridos opinaram que tal fato deveria ocorrer sempre. Na sétima e última pergunta, onde o inquirido visou evidenciar o conceito e consciência dos trabalhadores a respeito da importância da profilaxia, isto é, da prevenção como um instrumento de combate às doenças, foi onde se obteve um perfil mais heterogêneo de toda essa sessão. Quando perguntado ao trabalhador se ele procura assistência médica sem mesmo apresentar um problema de saúde ou queixa, somente para fins de revisão preventiva (a atitude praticada pelo inquirido), a mediana (valor 4) obtida foi favorável, isto é, apesar de não praticar sempre, quase sempre o faz. Entretanto, a maioria respondeu ter esse comportamento somente algumas vezes (moda 3), e seis inquiridos responderam nunca procurarem assistência médicas nesses casos. Por outro lado, quando se avaliou a opinião dos inquiridos sobre esse mesmo tema, obteve-se uma mediana ainda mais favorável (valor 5), isto é, indicando que os inquiridos nesses casos

apesar de na prática procurarem assistência médica quase sempre, entendem que há necessidade de fazerem isto sempre.

As perguntas realizadas nessa sessão foram respondidas por 100% dos inquiridos, sem portanto nenhuma questão em branco.

VI.1.6 – Sessão VI do Questionário: Resultados e Discussão

Aqui os inquiridos poderiam assinalar quantas opções entendessem serem corretas, quando perguntados por qual ou por quais intenções a fábrica em estudo pratica o coprocessamento. A maioria indicou duas alternativas: promover o desenvolvimento sustentável e contribuir para a preservação do meio ambiente (tabela 6.1.6.1). Outras respostas bastante assinaladas foram, em ordem decrescente de escolha: economizar combustíveis derivados do petróleo, fabricar cimento de forma sustentável, participar da destinação final dos resíduos industriais e obter lucros.

Um fato importante a se observar é que uma das alternativas a qual a maioria dos inquiridos assinalou refere-se ao desenvolvimento sustentável, o que remete à conclusão de que os trabalhadores têm noção desse conceito.

Outro aspecto digno de nota é que 32% dos inquiridos apontaram a opção “cumprir legislação”. Sabe-se que o cumprimento da legislação pertinente não é uma das justificativas que concorrem para o coprocessamento, e sim, ao contrário do entendimento desses 16 trabalhadores, se a fábrica pratica o coprocessamento, então por esse respectivo motivo (fato de praticar o coprocessamento), necessita cumprir a legislação aplicável.

Somente 1 inquirido assinalou a opção que indicava não saber responder a respeito.

Ainda nesta sessão havia um espaço onde o inquirido poderia mencionar um outro fator que em seu entendimento respondesse a questão proposta, e não estivesse elencado nas opções oferecidas pelo questionário. Nenhuma resposta foi indicada.

Tabela 6.1.6.1. Opinião dos Inquiridos a Respeito da Justificativa pela qual a Fábrica Pratica o Coprocessamento.

Opções de Respostas	Número de Respostas Obtidas
Obter lucros	28
Promover o desenvolvimento sustentável	37
Participar da destinação final dos resíduos industriais	29
Contribuir para preservação do meio ambiente	37
Fabricar cimento de forma sustentável	32
Economizar combustíveis derivados do petróleo	34
Economizar matérias-primas para produção de cimento	21
Tornar-se mais competitiva no mercado de vendas	19
Cumprir a legislação	16
Não sei responder	1

VI.1.7 – Sessão VII do Questionário: Resultados e Discussão

A última sessão do questionário foi constituída por uma única questão, aberta, de carácter facultativo, onde o trabalhador inquirido poderia escrever sobre aspectos relacionados ao coprocessamento na empresa, os quais não tivessem sido abordados, e por vontade própria pretendesse expor sua opinião a respeito. Apenas três dos cinquenta inquiridos responderam (quadro 6.1.7.1).

- 1) *“Acredito que todos materiais que não são mais úteis deveriam receber um tratamento mais adequado e não queimados.”*
- 2) *“O coprocessamento é a forma mais segura para a destruição dos resíduos. Pois ocorre a destruição total. Todo trabalho tem seus riscos, e com o resíduo não é diferente. O trabalho seguro é aquele realizado com segurança.”*
- 3) *“Precisamos ter um trabalho forte voltado para sociedade de maneira a apresentar, divulgar nossos controles e procedimentos existentes para o coprocessamento. Hoje não temos praticamente nada voltado para tal fim.”*

Quadro 6.1.7.1 – Repostas dadas pelos inquiridos na Sessão VII do Questionário.

A resposta número 1 (*“Acredito que todos materiais que não são mais úteis deveriam receber um tratamento mais adequado e não queimados.”*) foi dada por um inquirido com pouco tempo de trabalho (2 anos; tempo eleito como mínimo para participar do

inquérito), pertencente a um setor não ligado ao coprocessamento, e retrata a falta de conhecimento a respeito de um dos pilares dessa prática, isto é, respeitar a hierarquia de sustentabilidade no tratamento de resíduos (figura 2.2.4). Só se destina para o coprocessamento aqueles resíduos que não podem ser reutilizados nem reciclados, respeitando-se ainda restrições para com uma série de tipos de materiais.

A segunda colocação obtida nessa sessão (***“O coprocessamento é a forma mais segura para a destruição dos resíduos. Pois ocorre a destruição total. Todo trabalho tem seus riscos, e com o resíduo não é diferente. O trabalho seguro é aquele realizado com segurança.”***), mostra um nível de conhecimento sobre o coprocessamento, bem como a noção de trabalho seguro e segurança ocupacional. No coprocessamento, os resíduos sofrem destruição térmica segura e eficiente, do ponto de vista ambiental e operacional. As cinzas provenientes da queima são totalmente incorporadas ao clínquer, evitando assim a necessidade de disposição em aterros (Tocchetto, 2005). O coprocessamento é uma alternativa sustentável e adequada pelo fato de representar uma integração segura do material residual descartado com o processo de fabricação do cimento (ABCP, 2014a). Giannopoulos et al. (2006) afirmam que a técnica de coprocessamento em fornos de cimenteiras é uma tecnologia eficaz para a destruição de resíduos industriais perigosos. Segundo Kihara (2011), os componentes orgânicos contidos nos resíduos são destruídos numa proporção de 99,99%. Já a parte inorgânica é incorporada na estrutura sólida do clínquer. Ensaios de lixiviação evidenciaram a retenção dos elementos traços de relevância ambiental nos retículos cristalinos dos minerais que compõem o clínquer proveniente de fornos que se utilizam do coprocessamento (Maringolo, 2001). Malviya e Chaudhary (2006) identificaram o cimento Portland como um suporte ideal para imobilização (por conta do pH alto) de vários metais pesados tóxicos, por reação de precipitação, absorção e adsorção. Por outro lado, a noção de trabalho seguro e segurança ocupacional percebida nessa segunda afirmação do respectivo inquirido, corrobora o empenho que a empresa vem tendo no sentido da capacitação de seus trabalhadores.

O último comentário obtido (***“Precisamos ter um trabalho forte voltado para sociedade de maneira a apresentar, divulgar nossos controles e procedimentos existentes para o coprocessamento. Hoje não temos praticamente nada voltado para***

tal fim.”), reflete a percepção do inquirido a respeito da comunicação da empresa para com as partes interessadas, de que ainda não se atingiu um patamar satisfatório nesse propósito, fato este, que vai de encontro ao que se evidenciou também neste sentido na sessão II do inquérito, quando perguntado aos inquiridos sobre suas percepções da magnitude das informações que a indústria presta à população sobre o coprocessamento, e verificou-se um resultado neutro, isto é, regular (mediana 3).

Para uma maior aceitação da opinião pública a respeito do coprocessamento, é necessário fornecer informações suficientes sobre tal prática, bem como suas implicações, através uma linguagem clara e acessível (fato esse que parece ainda não se ter conseguido de forma eficiente), possibilitando assim ao cidadão comum ter uma visão mais apurada de todos os aspectos envolvidos, as vantagens e desvantagens (Brenhas et al., 2009).

VI.2 – Aspectos de Saúde Ocupacional: Perfil Toxicológico dos Trabalhadores

A segunda parte deste capítulo, apresenta os dados referentes ao monitoramento biológico dos trabalhadores que exercem suas atividades laborais diretamente no coprocessamento de resíduos, isto é, os exames toxicológicos realizados.

No âmbito deste trabalho, avaliaram-se os resultados do monitoramento para a exposição aos seguintes agentes químicos: fluoretos, manganês, mercúrio, níquel, estireno, etil-benzeno, fenol, tolueno e xileno. Foram selecionados 7 trabalhadores (6 do sexo masculino e 1 feminino), os quais preencheram o critério de terem pelo menos 6 anos de exercício de atividade laboral contínua no coprocessamento. A média de anos trabalhados dos selecionados foi de aproximadamente 7,5 anos (maior tempo de trabalho observado foi de 9 anos). Tais empregados receberam as seguintes nomeações: JAG, MAS, DLC, GSM, JBS, MCG e RNA. Participaram também do estudo, 4 trabalhadores (2 de cada sexo), que não estavam expostos aos resíduos, compondo o grupo de controle (branco). Entretanto, a partir de segundo semestre de 2012 não foi possível a realização dos exames toxicológicos no respectivo grupo (controle), por conta de orçamento restrito e/ou falta de trabalhador voluntário.

Na tabela 6.2.1 apresentam-se os agentes químicos, com os respectivos exames toxicológicos (indicadores biológicos), bem como o material biológico e método laboratorial de análise usado para cada exame.

Tabela 6.2.1. Agentes Químicos, Indicadores biológicos, Material Biológico e Métodos de Análises Laboratoriais Utilizados.

<u>Agente Químico</u>	<u>Indicador Biológico</u>	<u>Material Biológico</u>	<u>Método de Análise</u>
Fluoretos	Fluoreto	Urina	Eletrodo íon específico
Manganês	Manganês	Urina	Absorção atômica
Mercúrio	Mercúrio	Urina	Absorção atômica
Níquel	Níquel	Urina	Absorção atômica
Estireno	Ácido mandélico	Urina	HPLC
Etil-benzeno	Ácido mandélico	Urina	HPLC
Fenol	Fenol	Urina	Cromatografia gasosa
Tolueno	Ácido hipúrico	Urina	HPLC
Xileno	Ácido metil-hipúrico	Urina	HPLC

HPLC – Cromatografia líquida de alta performance.

Os exames laboratoriais foram realizados com frequência média semestral, entre o segundo semestre de 2003 e o segundo semestre de 2014. Utilizou-se a urina como material biológico de avaliação, coletada geralmente no último dia da jornada de trabalho semanal.

VI.2.1 – Fluoretos

As substâncias que liberam fluoretos são encontradas em alguns produtos tais como componentes de soluções de limpeza (removedores de ferrugem) de ferro, cobre, latão, bronze e no polimento de metais; soluções usadas na gravação em vidros, pesticidas, materiais utilizados na produção de alumínio, ladrilhos, telhas, cerâmica, esmalte e fibra de vidro; vitaminas, suplementos alimentares, produtos odontológicos para prevenção

de cáries dentárias, chás, frutos do mar, cremes dentais e enxaguatórios bucais. Pastas de dentes podem conter até 5 mg de fluoreto por colher (das de chá), e os chás, algo em torno de 0,3 a 5,1 mg por litro. O fluoreto é comumente adicionado à água potável, mas também representa um contaminante de água natural em algumas partes do mundo. O fluoreto de hidrogênio (HF) é um gás irritante que se liquefaz à temperatura de 19,5° C e produz o ácido fluorídrico. Também pode ser liberado a partir de fluorossilicatos, fluorocarbonatos ou teflon, quando submetido à temperatura superior a 350° C (Filho, 1998; HERMES PARDINI, 2013; Olson, 2014; PR ANÁLISE, n.d.).

VI.2.1.1 – Efeitos à Saúde

As vias de absorção de interesse ocupacional desses compostos são a dérmica e respiratória. A intoxicação crônica pode causar fluorose esquelética, calcificação dos ligamentos e degeneração renal. Todavia, as alterações dentárias são as primeiras manifestações observadas, nas formas de manchas amareladas ou escuras sobre o esmalte, com conseqüente enfraquecimento dos dentes. A inalação de HF produz irritação ocular e nasofaríngea, tosse e broncoespasmo, podendo evoluir para pneumonite química e edema pulmonar. Há possibilidade de ocorrer lesão da córnea caso exista contato ocular. Exposição dérmica às soluções concentradas (50 a 70%) pode causar dor local, eritema progressivo, edema, com chances de destruição grave da pele e tecidos profundos, inclusive ossos. (Filho, 1998; HERMES PARDINI, 2013; Olson, 2014; PR ANÁLISE, n.d.).

A ACGIH considera os fluoretos compostos não classificáveis como carcinogênico humano (A4), isto é, acredita-se que possa causar câncer no homem, todavia os dados existentes são insuficientes para tal afirmação.

VI.2.1.2 – Resultados do Monitoramento Biológico

A dosagem de fluoretos na urina é utilizada como indicador biológico da exposição aos fluoretos e flúor, e é capaz de evidenciar uma exposição ambiental acima do Limite de Tolerância, não possuindo isoladamente significado clínico ou toxicológico próprio, isto é, não indica doença, nem está associado a um efeito ou disfunção do sistema biológico avaliado (NR-7, 2013).

Os valores de fluoretos urinários encontrados nos trabalhadores do coprocessamento ficaram entre 0,1 e 1,64 mg/g de creatinina (média de 0,43 mg/gcr), enquanto nos trabalhadores do grupo de controle (branco) foi de não detectado a 1,41 mg/g de creatinina (média de 0,47 mg/gcr). Houve algumas pequenas variações acima do Valor de Referência (0,5mg/gcr) tanto no grupo exposto quanto no não exposto aos resíduos, entretanto tais valores situaram-se bastante aquém do Limite de Tolerância de 10 mg/gcr (final de jornada) (figuras 6.2.1.1 e 6.2.1.2) (NR-7, 2013). Mesmo se fosse levado em consideração o Limite de Tolerância de 3 mg/gcr, utilizado pela NR-7 para os exames realizados no início da jornada de trabalho, ainda assim nenhum dos resultados obtidos teriam ultrapassado tal parâmetro.

É importante observar que a exposição aos fluoretos no cotidiano extralaboral é uma questão a ser considerada. Além de ser comumente adicionado à água potável, cremes dentais e enxaguatórios bucais, que costumeiramente são usados no dia a dia pelas pessoas, representam fontes de exposição a estes compostos.

Também é digno de nota, que as avaliações ambientais do local de trabalho da cimenteira estudada, tanto a pontual quanto a individual (vide Capítulo IV.3 – O Panorama dos Riscos Químicos no Ambiente de Trabalho), não detectaram a presença de fluoretos gasosos no ambiente laboral.

Outra fonte de exposição aos fluoretos para os trabalhadores poderia estar relacionada com a emissão de fluoreto de hidrogênio (HF), substância liberada na atmosfera no processo produtivo de cimento. Entretanto, as emissões do respectivo gás pela cimenteira em questão mantêm-se muito abaixo do limite preconizado pela norma CONAMA 264 (figura 6.2.1.3).

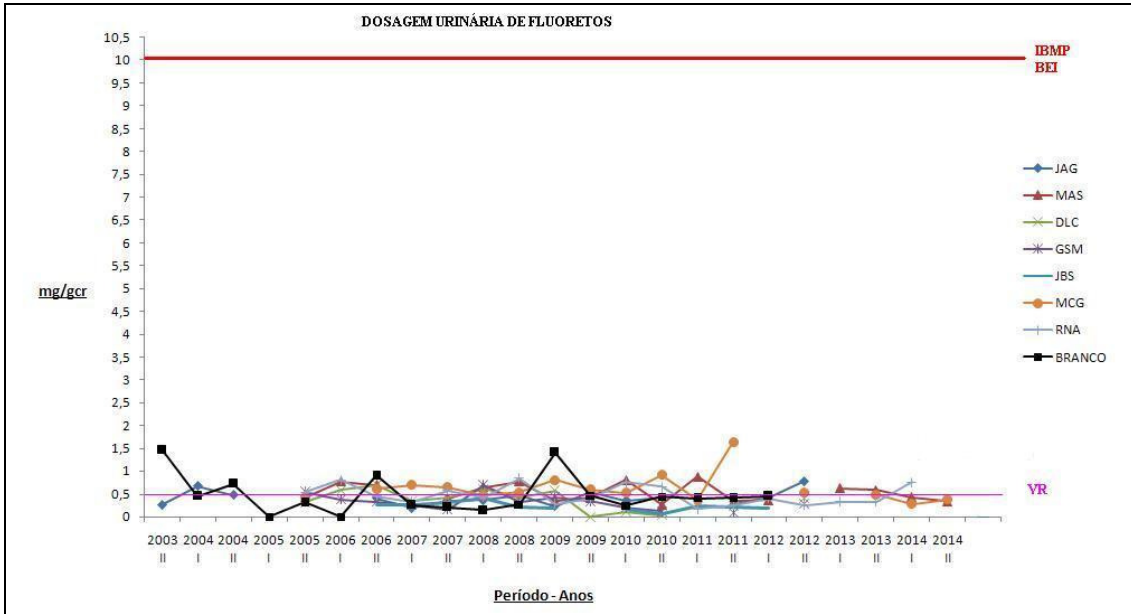


Figura 6.2.1.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Fluoretos (linha vermelha indica o Índice Biológico Máximo Permitido – IBMP (NR-7, 2013) e o Índice Biológico de Exposição (ACGIH, 2008); linha rosa indica o Valor de Referência – VR (NR-7, 2013)).

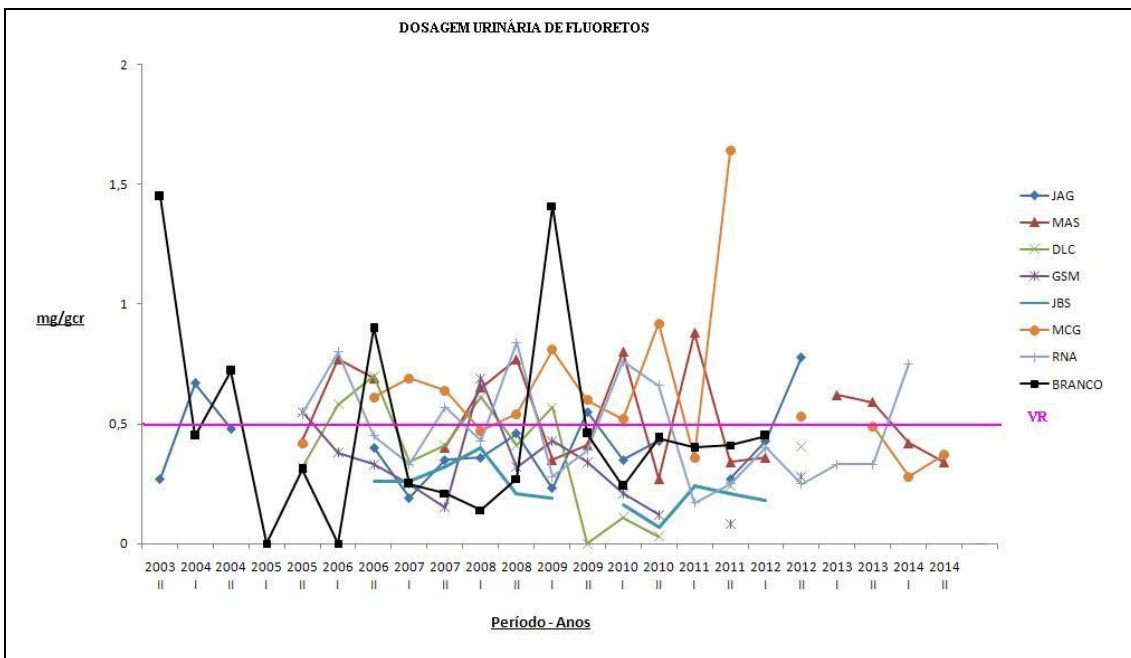


Figura 6.2.1.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Fluoretos – Em Escala Vertical Aumentada (linha rosa indica o Valor de Referência – VR (NR-7, 2013)).

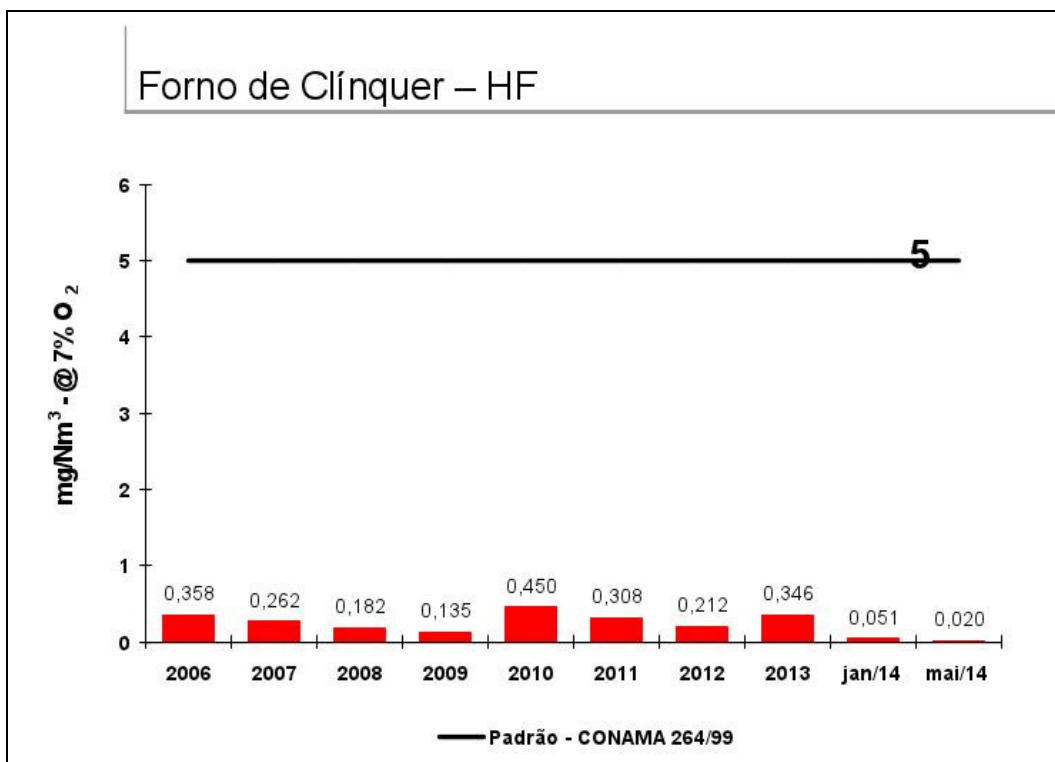


Figura 6.2.1.3. Médias Anuais (2006 a 2013) e Mensurações de Janeiro e Maio de 2014 das Emissões de HF na Chaminé do Forno de Clínquer

Fonte: Cimenteira Estudada, 2014.

VI.2.2 – Manganês

O manganês (Mn) é um metal cinza claro que não ocorre na forma pura (elementar), mas sim combinado com outras substâncias, como o oxigênio, enxofre e cloro. Este elemento em sua forma inorgânica (retirado de rochas) é usado na fabricação de ligas metálicas, especialmente de aços (90% da demanda total de manganês são para suprir a produção de aço). Outras aplicações deste metal e seus compostos estão relacionados com a galvanoplastia, fabricação de varetas para soldas, produção de baterias, porcelanas, materiais à base de vidros, pilhas, palitos de fósforo, na indústria de couro e têxtil, e como fertilizante. Fungicidas também contém manganês em sua forma orgânica. O permanganato de potássio é usado como medicamento para tratamento de doenças da pele (CETESB, 2012a ; HERMES PARDINI, 2013).

VI.2.2.1 – Efeitos à Saúde

O manganês é um nutriente essencial em pequenas quantidades para o homem, com participação na manutenção da estrutura óssea e funcionamento do sistema nervoso. A principal fonte de exposição da população geral está relacionada com o consumo de alimentos ou suplementos nutricionais contendo este elemento, entretanto com baixa toxicidade após a ingestão. Nozes, castanha do Pará, cevada, centeio, espinafre, amendoim, aveia, uva passa; são alguns dos alimentos que contém Mn (CETESB, 2012a ; Júnior, 2011).

O sistema nervoso central e os pulmões são os órgãos críticos na ação tóxica do manganês. Trabalhadores expostos cronicamente a aerossóis e poeiras contendo altas concentrações, apresentam tosse, náusea, cefaléia, fadiga, perda do apetite, insônia e até pneumonia química. A exposição a níveis muito elevados é capaz de ocasionar efeitos neurológicos e neuropsiquiátricos, como alucinações, instabilidade emocional, fraqueza, distúrbios de comportamento e da fala; podendo ainda levar ao manganismo, doença semelhante ao Mal de Parkinson (CETESB, 2012a; Neves et al., 2009; apud U.S. Public Health Service, 2000).

A ACGIH (2014) considera o Mn um elemento não classificável como carcinogênico humano (A4), isto é, acredita-se que possa causar câncer no homem, todavia os dados existentes são insuficientes para tal afirmação. É tóxico para reprodução humana, com potencial de causar esterilidade masculina, associada à impotência (OIT, 2009).

VI.2.2.2 – Resultados do Monitoramento Biológico

A Norma Regulamentadora nº 7 (2013) não inclui o manganês nos parâmetros para controle biológico da exposição ocupacional a agentes químicos (tabela 3.2.2). Portanto não há atualmente nesta legislação, VR e IBMP para tal elemento. A ACGIH também não contempla o índice biológico de exposição (BEI) (ACGIH, 2014). Segundo Larini (1997), a concentração normal de Mn na urina situa-se entre 1 a 10 mcg/l. Assim, o Valor de Referência do respectivo metal adotado neste trabalho será de 10 mcg/l, o qual

também é referenciado pelo laboratório responsável pelas análises urinárias deste estudo (existem laboratórios que utilizam o Valor Referência de 8 mcg/l). Em relação ao IBMP para o Mn, há referências de 20 mcg/l e 50mcg/l (FLEURY MEDICINA E SAÚDE, 2014; HERMES PARDINI, 1998; PR ANÁLISE, n.d.). Será utilizado neste trabalho o parâmetro mais restritivo, isto é, IBMP de 20 mcg/l.

Os indicadores biológicos utilizados para a avaliação da exposição ao manganês (neste trabalho foi utilizada a dosagem urinária), não são inteiramente satisfatórios, pois não há uma relação razoável entre a exposição, níveis biológicos encontrados, e a intensidade dos efeitos na saúde. Esta falta de certeza provavelmente é oriunda da movimentação relativamente rápida do manganês absorvido em contraste com a progressão vagarosa da instalação da doença (Neves et al., 2009; apud U.S. Public Health Service, 2000). O monitoramento do manganês na urina (que também pode ser no sangue), auxilia na confirmação da exposição ao metal, mas não se correlaciona com exposição pregressa ou intoxicação crônica. Contudo, pode ser realizado desde que a interpretação dos dados seja extremamente criteriosa, por conta da ampla variação interindividual. A concentração de manganês no sangue e urina não prova que seu nível nesses materiais biológicos possa retratar corretamente um grau de exposição individual (Neves et al., 2009; apud Azevedo, 2003).

Os resultados de manganês urinário encontrados nos trabalhadores do coprocessamento ficaram entre 0,05 e 6,6 mcg/l (média de 0,88 mcg/l), enquanto nos trabalhadores do grupo de controle (branco) foi de 0,05 mcg/l a 0,8 mcg/l (média de 0,47 mcg/l). Não houve nenhum resultado acima do Valor de Referência (10 mcg/l) tanto no grupo exposto, quanto no não exposto aos resíduos. Entretanto percebeu-se que para a maioria dos trabalhadores expostos, os valores encontrados situaram-se um pouco acima daqueles encontrados nos não expostos, incluindo alguns picos em determinados momentos, o que também não se observou no grupo de controle (branco). Mesmo assim, todos os resultados encontrados situaram-se aquém do Limite de Tolerância de 20 mcg/l (figuras 6.2.2.1 e 6.2.2.2).

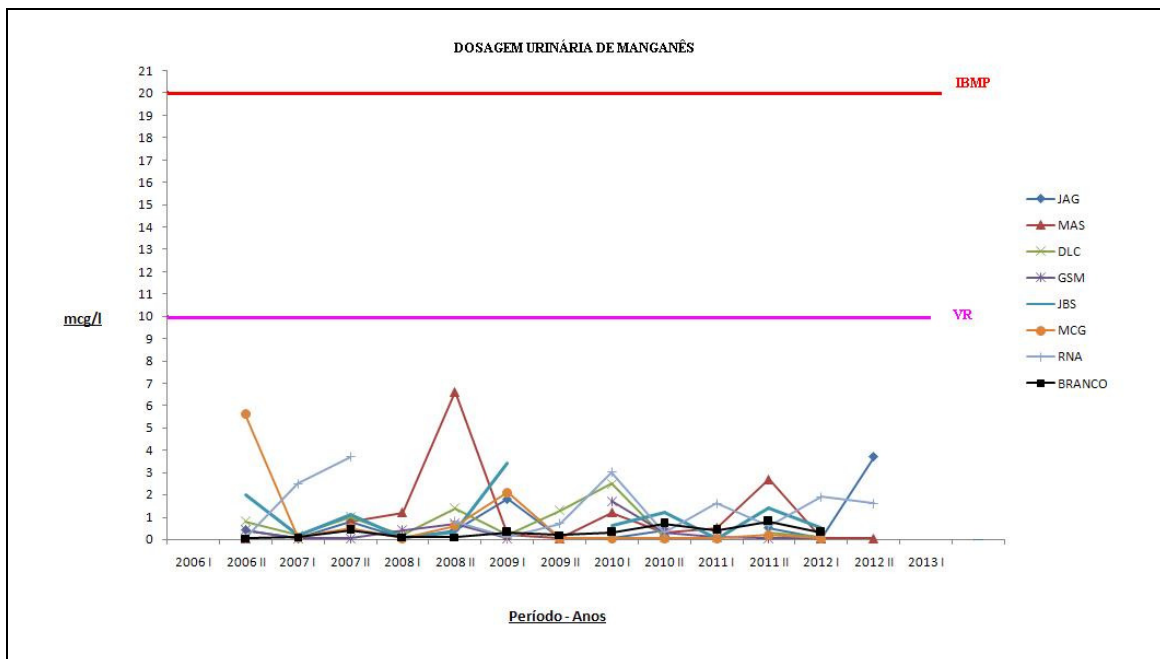


Figura 6.2.2.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Manganês (linha vermelha indica o Índice Biológico Máximo Permitido – IBMP (PR ANÁLISE, n.d.); linha rosa indica o Valor de Referência – VR (HERMES PARDINI, 1998)).

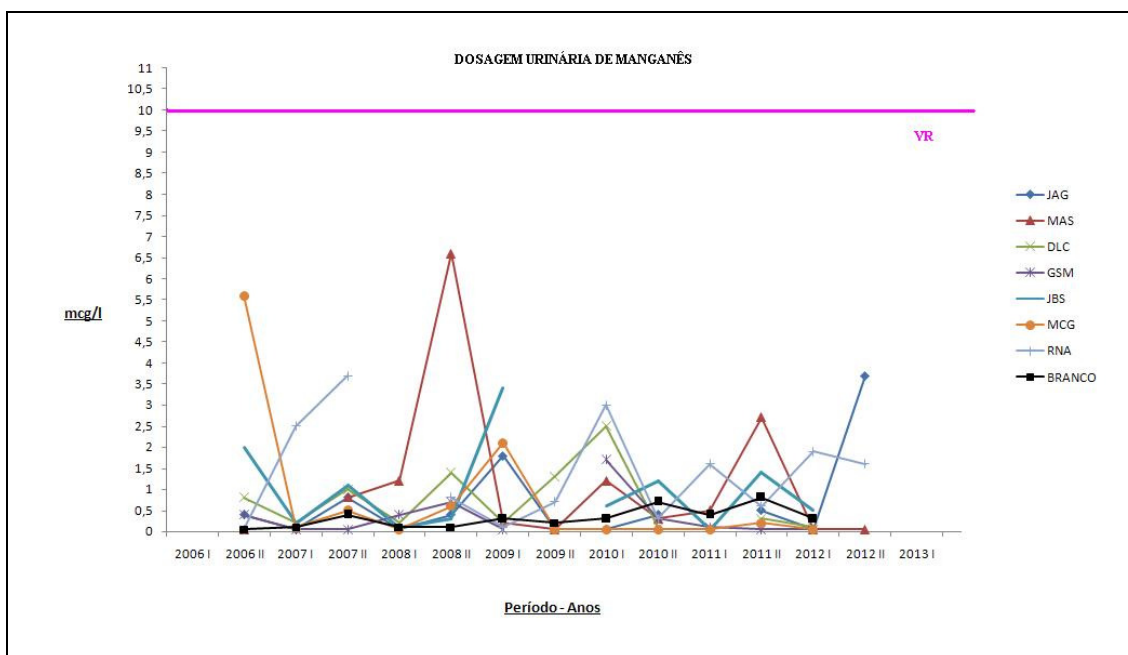


Figura 6.2.2.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Manganês – Em Escala Vertical Aumentada (linha rosa indica o Valor de Referência – VR (HERMES PARDINI, 1998)).

VI.2.3 – Mercúrio

O Mercúrio (Hg) é um metal pesado, de cor prateada em estado líquido, capaz de formar vapores à temperatura ambiente (fácil volatilidade), que são incolores e inodoros. O aumento da temperatura incrementa a sua volatilização. Seu uso se dá na indústria de termômetros, lâmpadas fluorescentes; na fabricação de tintas, cloro, soda cáustica, equipamentos elétricos e amálgama dentário. Este metal assume diversas formas químicas, que podem ser divididas nas seguintes categorias: mercúrio metálico ou elementar (Hg); mercúrio inorgânico, principalmente na forma de sais mercúricos (HgCl_2 , HgS) e mercuriosos (Hg_2Cl_2); mercúrio orgânico, ligado a radicais de carbono (p. ex. metilmercúrio e etilmercúrio). Neste trabalho somente será abordada a exposição ao mercúrio elementar ou metálico, dada a sua maior importância toxicológica no contexto ocupacional (Brasil, 2014; Olson, 2014).

Em relação às emissões antropogênicas, a queima de combustíveis fósseis, em particular o carvão mineral, representa uma fonte geradora. Também, emissões de mercúrio podem-se originar de produtos e processos produtivos, bem como durante a eliminação e incineração de resíduos (Brasil, 2014).

VI.2.3.1 – Efeitos à Saúde

A principal forma de exposição da população humana ao mercúrio é através da dieta, em particular pelo consumo de pescados contaminados por metilmercúrio, resultante das diversas transformações ambientais do mercúrio metálico. O mercúrio metálico encontra-se basicamente no ambiente laboral, onde os trabalhadores se expõem cronicamente por via respiratória. A inalação representa a principal via de absorção nas exposições ocupacionais, sobretudo para os vapores de mercúrio metálico elementar, que na forma líquida podem também ser absorvidos pela pele, porém em menor proporção. Os sais de mercúrio inorgânico e as formas orgânicas, são mais raramente absorvidos através do ar, entretanto há essa possibilidade. Contudo, essas últimas duas

formas do metal, apresentam boa absorção via oral (Brasil, 2014; HERMES PARDINI, 2013; Larini, 1997; Olson, 2014; UFRJ, n.d.b).

A intoxicação aguda por exposição respiratória se dá geralmente, em locais fechados, com altas concentrações de vapores do respectivo metal (na forma elementar), após vazamentos em processos industriais, e/ou durante jornadas de trabalho prolongadas. Tal exposição aguda ao vapor de mercúrio elementar, leva ao aparecimento de sintomas, dentro do prazo de algumas horas, os quais consistem em fraqueza, calafrios, gosto metálico, náuseas, vômitos, diarreia, dispnéia, tosse e sensação de constrição precordial. A ação tóxica sobre os pulmões pode causar um quadro de pneumonia intersticial, com sério comprometimento da função respiratória, na maioria das vezes reversível, porém foram descritos casos de fibrose intersticial como sequela. A exposição crônica aos vapores de mercúrio provoca um quadro tóxico de início insidioso, no qual prevalecem as manifestações neurológicas. Essa síndrome é conhecida sob a denominação de síndrome vegetativa astênica e consiste em manifestações, as quais se acompanham de três ou mais dos seguintes sinais: bócio, aumento da captação de iodo pela tireóide, taquicardia, pulso instável, gengivite, dermatografismo e aumento dos níveis urinários de mercúrio. Quando a exposição persiste, aparecem tremores como sinal mais evidente, ao lado de alterações do psiquismo, os quais consistem em depressão, irritabilidade, timidez excessiva, insônia, instabilidade emocional, falta de memória, confusão mental, bem como sudorese excessiva e rubores incontroláveis; constituindo o quadro denominado eretismo. A salivação abundante e a gengivite são manifestações frequentes da intoxicação pelos vapores de mercúrio. A tríade composta de excitabilidade anormal, tremores e gengivite é conhecida há muito tempo como sendo a manifestação principal da exposição aos vapores de mercúrio, desde a época em que o nitrato de mercúrio vinha sendo usado nas indústrias de peles, feltro e chapéus. Foram também descritos casos de disfunção renal atribuída à exposição prolongada aos vapores de mercúrio nas fábricas (Guimarães, 1997, Larini, 1997; Olson, 2014; UFRJ, n.d.b).

VI.2.3.2 – Resultados do Monitoramento Biológico

A dosagem urinária de mercúrio é um importante indicador biológico de exposição ambiental no trabalho, sendo capaz de evidenciar uma exposição acima do Limite de Tolerância previsto, às formas elementar e inorgânicas do respectivo metal. Todavia, não possui isoladamente significado clínico ou toxicológico próprio, isto é, não indica doença, nem está associado a um efeito ou disfunção do sistema biológico avaliado (AEIMM, 2014, NR-7, 2013).

Os resultados encontrados nos trabalhadores do coprocessamento ficaram entre não detectado e 11,6 mg/g de creatinina (média de 0,81 mg/gcr), enquanto nos trabalhadores do grupo de controle (branco) foi de também não detectado a 3,44 mg/g de creatinina (média de 0,51 mg/gcr). Houve alguns resultados acima do Valor de Referência (0,5mg/gcr), tanto no grupo exposto (29,5 % do total de exames) quanto no não exposto aos resíduos (27,8 % do total de exames), entretanto, os quatro picos mais elevados foram observados naqueles trabalhadores em contato com resíduos. Por outro lado, todos os resultados encontrados situaram-se aquém do Índice Biológico de Exposição de 20 mg/gcr (ACGIH, 2014), bem como do Limite de Tolerância de 35 mg/gcr (NR-7, 2013) (figuras 6.2.3.1 e 6.2.3.2).

O mercúrio possui baixa taxa de eliminação. Sua meia-vida é de aproximadamente 5 semanas, podendo ser armazenado no sistema nervoso durante meses. Isto, é capaz de contribuir para que o respectivo metal tenha caráter cumulativo no organismo nos casos em que ocorre exposição continuada (Larini, 1997; Michel, 2000; Saltzman, 2001). Não obstante, tal fato não foi observado nos resultados obtidos, isto é, não se evidenciou um aumento progressivo da eliminação do respectivo metal na urina dos trabalhadores, o que poderia estar associado com o acúmulo do metal no organismo destes indivíduos expostos.

No coprocessamento, alguns problemas e perigos relacionados com a presença de metais, principalmente os mais voláteis, podem ocorrer, no que diz respeito às emissões gasosas destes (Genon 2008). Deve-se dar atenção especial ao mercúrio elementar, pelo fato de sua fácil volatilidade mesmo à temperatura ambiente. Tal característica, se torna ainda mais relevante do ponto de vista toxicológico, quando se tem elevação da temperatura (Brasil, 2014). Segundo Milanez (2007), durante o coprocessamento, os metais pesados mais voláteis, tais como o Hg, são emitidos juntamente com os gases

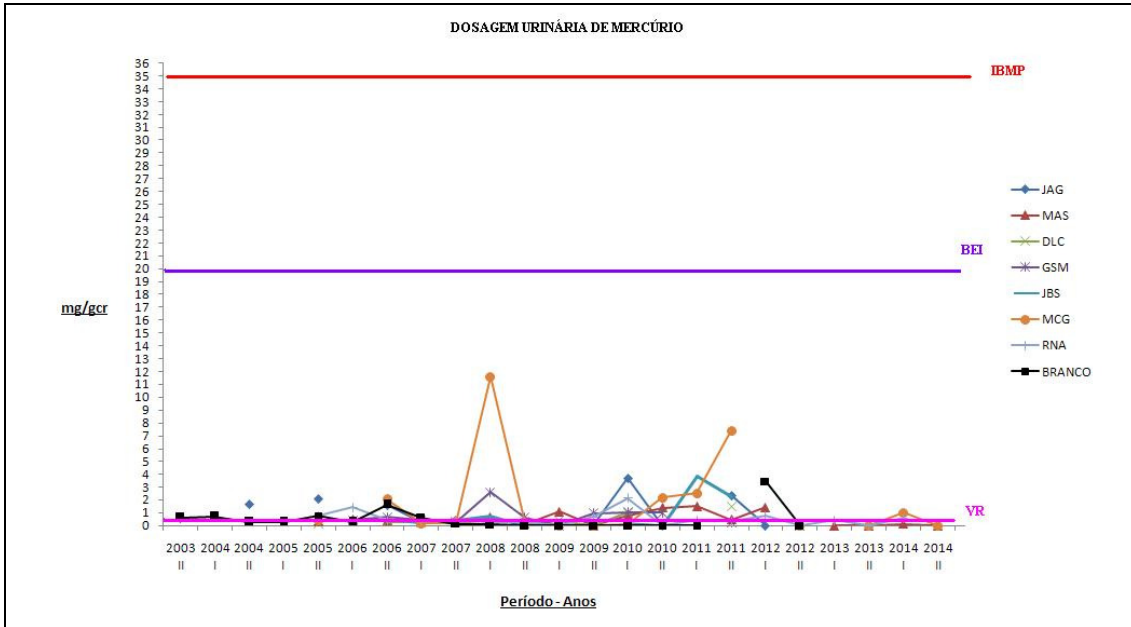


Figura 6.2.3.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Mercúrio (linha vermelha indica o Índice Biológico Máximo Permitido – IBMP (NR-7, 2013); linha roxa indica o Índice Biológico de Exposição (ACGIH, 2014); linha rosa indica o Valor de Referência – VR (NR-7, 2013)).

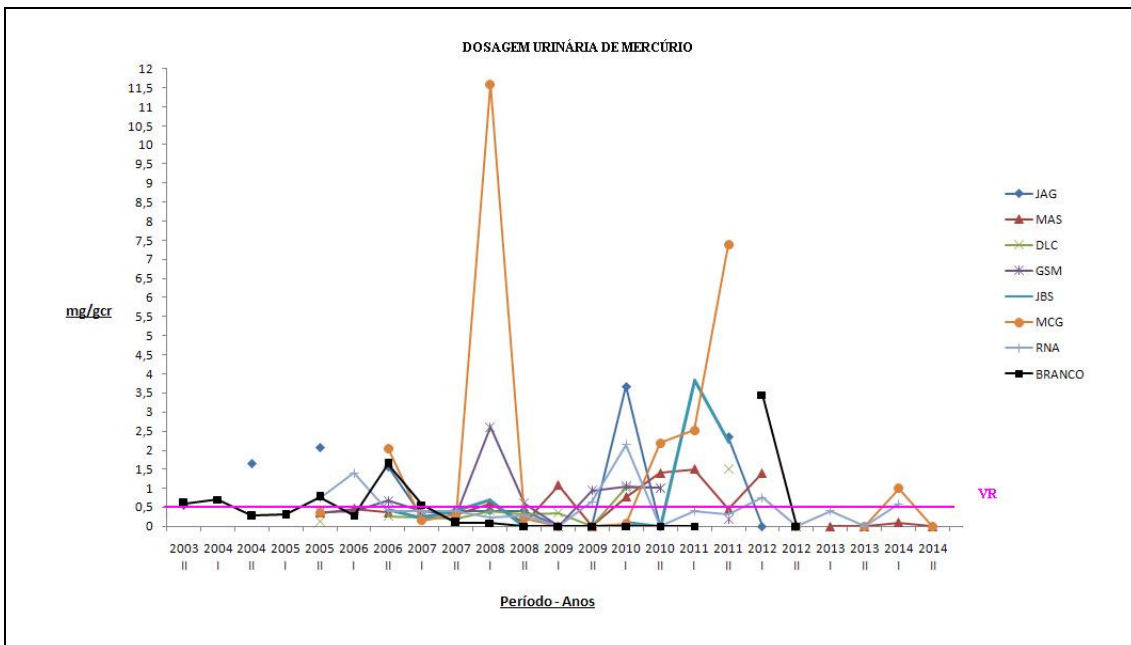


Figura 6.2.3.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Mercúrio – Em Escala Vertical Aumentada (linha rosa indica o Valor de Referência – VR (NR-7, 2013)).

pela chaminé principal do forno. Entretanto, as emissões do respectivo elemento pela cimenteira em estudo matêm-se abaixo do limite preconizado pela legislação brasileira (figura 6.2.3.3). Ainda, as avaliações ambientais do local de trabalho, tanto a pontual

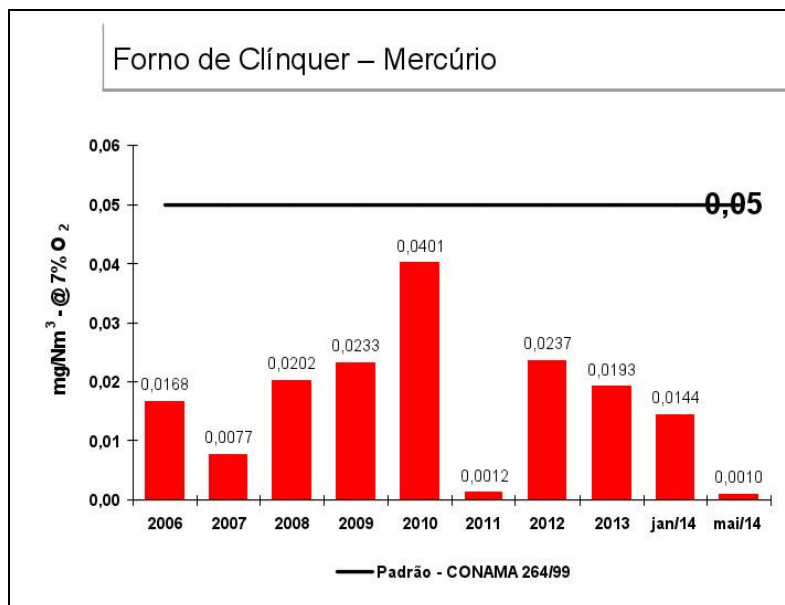


Figura 6.2.3.3. Médias Anuais (2006 a 2013) e Mensurações de Janeiro e Maio de 2014 das Emissões de Hg na Chaminé do Forno de Clínquer.

Fonte: Cimenteira Estudada, 2014.

quanto a individual (vide Capítulo IV.3 – O Panorama dos Riscos Químicos no Ambiente de Trabalho), não detectaram a presença do respectivo metal na atmosfera laboral.

VI.2.4 – Níquel

O níquel é utilizado principalmente na fabricação de aço inoxidável, na galvanoplastia do cromo e como catalisador em algumas reações de hidrogenação na fabricação da margarina e manteiga a partir de gorduras líquidas. Participa também da produção de ligas metálicas, baterias alcalinas, moedas, próteses clínicas e dentárias (CETESB, 2012b).

VI.2.4.1 – Efeitos à Saúde

A exposição ao níquel pode ocorrer por via respiratória, em contato com a pele (estas duas de interesse ocupacional), através da ingestão de água bem como de alimentos (CETESB, 2012b).

Os níveis naturais deste elemento encontrados na água doce variam de 2 a 10 µg/L e de 0,2 a 0,7 µg/L na água do mar. Níveis atmosféricos em áreas remotas variam entre menos de 0,1 e 3 ng/m³. A maioria dos alimentos frescos possui menos de 0,5 mg de Ni/kg, exceto o cacau e o amendoim que podem conter 9,8 e 5,1 mg de Ni/kg, respectivamente. Uma importante via de exposição não ocupacional a este agente químico é o tabaco. O cigarro pode conter de 1,3 a 4,0 µg de Ni/kg (CETESB, 2012b).

A exposição à pele pode causar dermatite de contato (muito comum no uso de adereços e roupas contendo o metal). A respiração representa a principal via de exposição ocupacional, onde o metal é inalado principalmente sob a forma de poeiras de compostos insolúveis, de aerossóis formados a partir das soluções dos compostos solúveis, e de vapores de níquel carbonila. A exposição continuada ao níquel pode causar efeitos graves, tais como bronquite crônica, diminuição da função pulmonar, câncer de pulmão e seios nasais (CETESB, 2012b).

Tabela 6.2.3.1. Classificação da ACGIH (2014) do Ni quanto à Carcinogenicidade.

Forma	Classificação	Descrição
Ni (forma elementar)	A5	Não Suspeito como Carcinogênico Humano
Compostos inorgânicos solúveis	A4	Não Classificável como Carcinogênico Humano
Compostos inorgânicos insolúveis	A1	Carcinogênico Humano Confirmado
Subsulfeto de Níquel	A1	Carcinogênico Humano Confirmado
Níquel Carbonila	A3	Carcinogênico Animal Confirmado com Relevância Desconhecida para Seres Humanos

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o níquel metálico e ligas como possíveis cancerígenos para o ser humano (Grupo 2B), e os compostos de níquel como cancerígenos (Grupo 1) (CETESB, 2012b).

Ainda em relação à carcinogenicidade, a ACGIH (2014) aborda este metal conforme apresentado na tabela 6.2.3.1, apontando os pulmões e seios nasais como os órgãos sujeitos à neoplasia maligna.

VI.2.4.2 – Resultados do Monitoramento Biológico

No monitoramento biológico do níquel, o indicador biológico é representado por este mesmo elemento. Os valores de Ni urinário encontrados nos trabalhadores do coprocessamento ficaram entre 0,1 e 15,9 mcg/litro (média de 1,96 mcg/litro), enquanto nos trabalhadores do grupo de controle (branco) constataram-se resultados de 0,1 a 16,3 mcg/litro (média de 2,1 mcg/litro). Não ocorreram quantidades deste metal na urina acima do Valor de Referência (23 mcg/litro), tanto no grupo exposto quanto no não exposto aos resíduos (figuras 6.2.4.1 e 6.2.4.2), isto é, a quantidade urinária de níquel

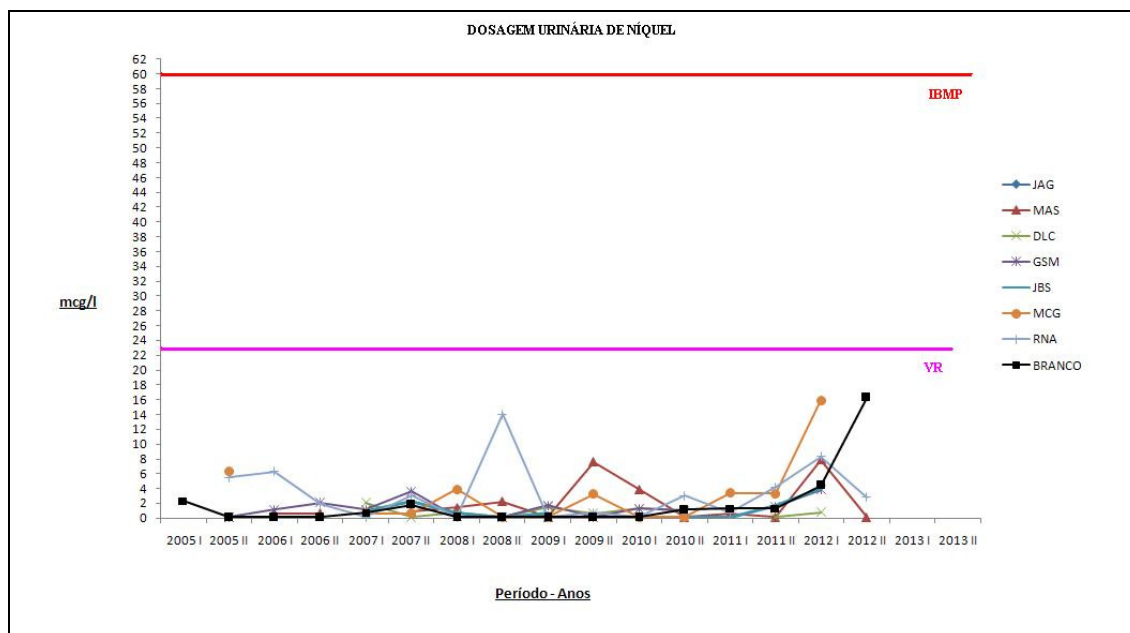


Figura 6.2.4.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Níquel (linha vermelha indica o Índice Biológico Máximo Permitido – IBMP ; linha rosa indica o Valor de Referência – VR (HERMES PARDINI, 1998;NR-7, 1978)).

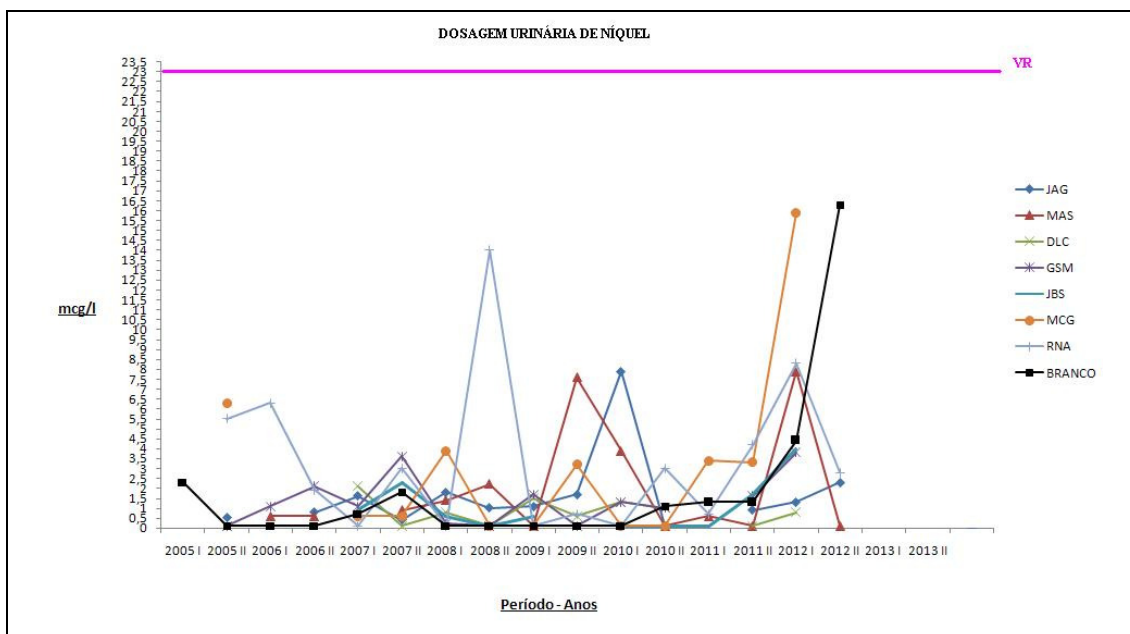


Figura 6.2.4.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Níquel – Em Escala Vertical Aumentada (linha rosa indica o Valor de Referência – VR (HERMES PARDINI, 1998;NR-7, 1978)).

evidenciada nos trabalhadores foi semelhante ou menor àquela encontrada na população não exposta, o que corrobora as avaliações ambientais ocupacionais (local e individual) deste metal, as quais não detectaram sua presença (vide Capítulo IV.3 – O Panorama dos Riscos Químicos no Ambiente de Trabalho). Outro fato que poderia justificar as baixas concentrações de níquel encontradas na urina dos trabalhadores, poderia estar relacionado com o uso de uma proteção individual adotada (uso de equipamentos de proteção individual) competente. Em relação ao IBMP (60 mcg/litro), os resultados encontrados situaram-se bem abaixo deste (NR-7, 1978).

VI.2.5 – Estireno e Etilbenzeno

Também chamado de feniletileno, estírol, vinilbenzeno, o estireno puro é um líquido viscoso, com cheiro adocicado, incolor à temperatura ambiente, inflamável e que apresenta facilidade para evaporação. Algumas de suas utilizações estão relacionadas com a produção de poliésteres para a fabricação de embalagens plásticas, borracha sintética, produtos de fibra de vidro e em isolamento térmico. O estireno está presente

também em produtos de combustão, tais como na fumaça de cigarro e na exaustão veicular (CETESB, 2012c; PR ANÁLISE, n.d.).

O etilbenzeno (sinônimos: feniletano, etilbenzol) é um líquido incolor, inflamável, com odor semelhante ao da gasolina, utilizado principalmente na produção de estireno, mas também empregado como solvente na fabricação de tintas e vernizes, ou intermediário na fabricação de dietilbenzeno e acetofenona. Emissão veiculares e fumaça de cigarro são fontes da respectiva substância. Existem relatos da migração deste agente de embalagens de poliestireno (CETESB, 2012d; HERMES PARDINI, 2013).

VI.2.5.1 – Efeitos à Saúde

O estireno pode ser absorvido através das vias pulmonar e cutânea, sendo biotransformado no fígado, dando origem os seus principais metabólitos urinários: ácidos mandélico e fenilglioxílico. A exposição de curto prazo ao estireno pode causar irritação ocular e produzir efeitos gastrointestinais. A exposição crônica é capaz de afetar o sistema nervoso central, acarretando cefaléia, fadiga, fraqueza, depressão, hipoacusia e neuropatia periférica (CETESB, 2012c; PR ANÁLISE, n.d.).

A Agência de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o estireno como possível cancerígeno humano (Grupo 2B) com base em estudos com animais (CETESB, 2012c). Já a ACGIH (2014) o considera um elemento não classificável como carcinogênico humano (A4), isto é, acredita-se que possa causar câncer no homem, todavia os dados existentes são insuficientes para tal afirmação.

A principal via de exposição humana ao etil-benzeno é a respiratória (vapor e/ou névoa), todavia a exposição possa ocorrer por contato dérmico e ingestão. A exposição aguda pode irritar os olhos e vias aéreas superiores, causar eritema e bolhas na pele, fadiga, tontura e falta de coordenação motora. Na exposição crônica pode prevalecer a fadiga, cefaléia, irritação dos olhos e das vias aéreas superiores. O contato dérmico repetidamente pode causar ressecamento e dermatite (CETESB, 2012d).

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica este agente químico como possível cancerígeno humano (Grupo 2B) com base em estudos com animais (CETESB, 2012d). Já a ACGIH (2014) considera-o carcinogênico animal confirmado com relevância desconhecida para seres humanos (classificação A3), isto é, possui carcinogenicidade (em experimento com animais, em altas doses), porém sem relevância quando relacionado à exposição do trabalhador. Os estudos epidemiológicos existentes não corroboram um incremento de risco de neoplasia maligna em humanos expostos, bem como as evidências disponíveis não sugerem que este agente cause câncer no homem, exceto em condições excepcionais de via de penetração no organismo ou de níveis de exposição.

VI.2.5.2 – Resultados do Monitoramento Biológico

O ácido mandélico é o principal metabólito do estireno e também do etilbenzeno. Sua mensuração (indicador biológico de escolha) é realizada para o monitoramento biológico de trabalhadores expostos a estes dois compostos orgânicos (HERMES PARDINI, 2013). Nos seres humanos, em torno de 2,5% do estireno absorvido é excretado no ar expirado, 10% eliminado por via urinária como ácido fenilglioílico, e 85% como ácido mandélico também na urina (Larini, 1997).

O monitoramento biológico, realizado através da dosagem urinária de ácido mandélico é capaz de evidenciar uma exposição ambiental acima do Limite de Tolerância, não possuindo isoladamente significado clínico ou toxicológico próprio, isto é, não indica doença, nem está associado a um efeito ou disfunção do sistema biológico avaliado (NR-7, 2013).

Os resultados encontrados no monitoramento biológico do estireno e etilbenzeno, realizado através da dosagem urinária do ácido mandélico, situaram-se entre não detectado e 0,075 g/gcr (gramas por grama de creatinina) nos trabalhadores expostos (média de 0,012 g/gcr), e não detectado a 0,26 g/gcr (média de 0,047 g/gcr) naqueles

sem exposição (branco – grupo de controle). Não houve nenhuma mensuração acima do Valor de Referência (0,8 g/gcr), bem como do IBMP (1,5 g/gcr), tanto no grupo exposto quanto no não exposto aos resíduos (figuras 6.2.5.1 e 6.2.5.2), isto é, a quantidade metabólito evidenciada na urina dos trabalhadores foi bem menor daquela encontrada na população não exposta, o que corrobora as avaliações ambientais ocupacionais (local e individual) destes agentes, as quais não detectaram suas presenças (vide Capítulo IV.3 – O Panorama dos Riscos Químicos no Ambiente de Trabalho), bem como o uso de uma proteção individual adotada (uso de equipamentos de proteção individual) competente. Contudo, tanto o estireno quanto o etilbenzeno são compostos de meia-vida bastante curta (respectivamente 0,5h a 8h; e 5h) (Saltzman, 2001), o que acarreta dificuldades no monitoramento biológico destes agentes, fato capaz de contribuir para resultados falsos negativos. Todavia é importante observar, ao contrário do esperado, que os picos de ácido mandélico urinário não ocorreram nos trabalhadores expostos, mas sim naqueles sem exposição, dentre os quais não participou nenhum trabalhador fumante, o que concorrer para justificar tal fato (CETESB, 2012c; CETESB, 2012d; NR-7, 2013). Por outro lado, os trabalhadores do grupo de controle exercem suas atividades laborais em

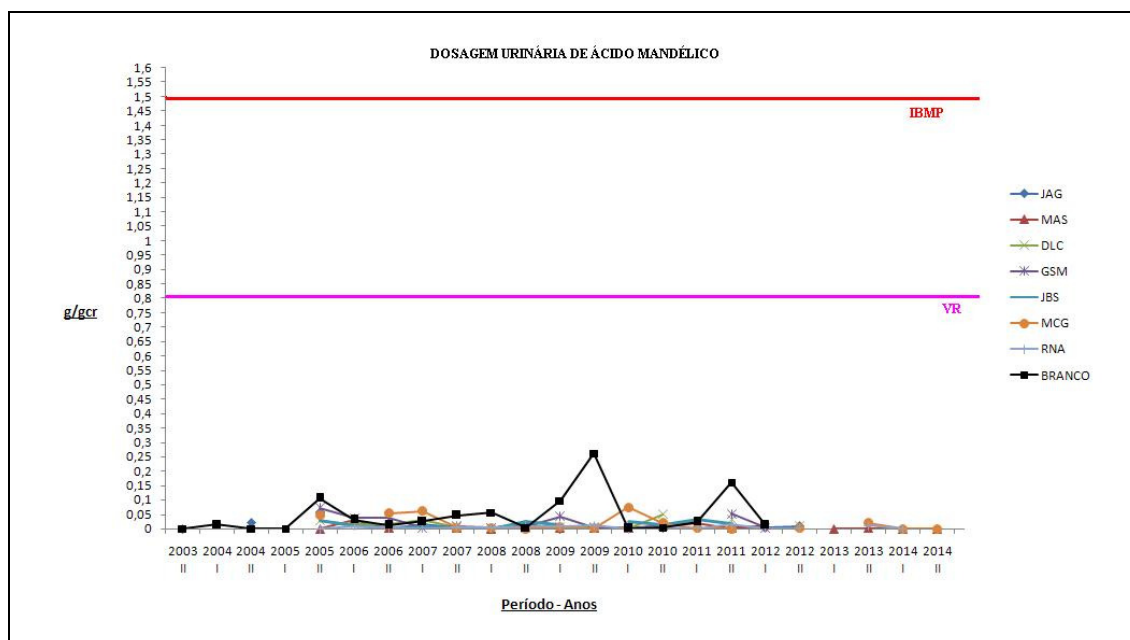


Figura 6.2.5.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Ácido Mandélico (linha vermelha indica o Índice Biológico Máximo Permitido – IBMP ; linha rosa indica o Valor de Referência – VR) (NR-7, 2013).

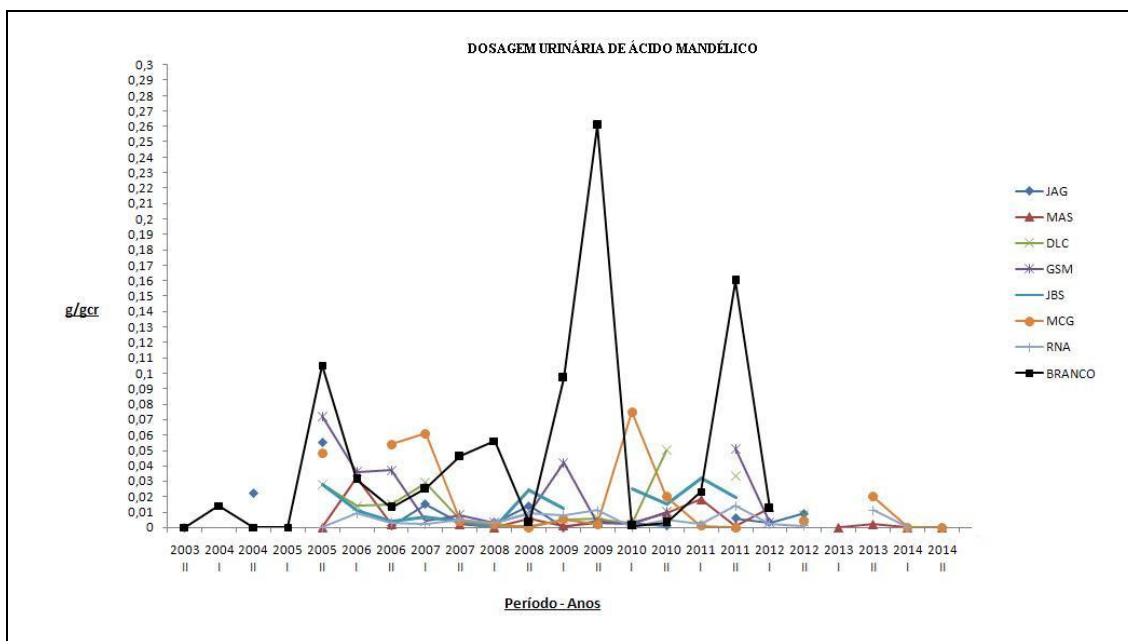


Figura 6.2.5.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Ác. Mandélico – Em Escala Vertical Aumentada.

ambientes fechados (salas climatizadas), e sabe-se que a concentração de estireno no ar de ambientes internos (1 a 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) em geral é maior que a concentração no ar atmosférico de áreas urbanas (0,29 a 3,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), e de zonas rurais onde os níveis deste elemento variam de 0,28 a 0,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (CETESB, 2012c).

Não se apresentou a comparação com o limite biológico de exposição da ACGIH, pois tal parâmetro apontado pela respectiva entidade refere-se à soma dos metabólitos ácido mandélico e ácido fenilglioxílico, não havendo assim um limite estipulado para quando realizado o monitoramento biológico utilizando-se somente um dos agente, no caso deste estudo, o ácido mandélico (ACGIH, 2014).

VI.2.6 – Fenol

O fenol (hidroxibenzeno, ácido carbólico, ácido fênico ou álcool fenílico) é um sólido branco cristalino em seu estado puro. Em geral, é vendido e utilizado na forma líquida. Possui odor forte, levemente doce e irritante. Na indústria tem vários usos, tais como: solvente, fabricação de explosivos, fertilizantes, gás de iluminação, tintas, removedores,

borrachas, resinas sintéticas, produtos têxteis, perfumaria, medicamentos, plásticos, desinfetantes e herbicidas. O fenol é liberado na atmosfera durante o carregamento para transporte, por motores de veículos, pela fumaça do cigarro, combustão de madeira e carvão. Estima-se que no Brasil aproximadamente 64 kg de fenol são lançados no ar atmosférico aos redores de termelétricas movidas a carvão. Efluentes domésticos e hospitalares também podem conter tal substância por conta do seu uso como agente desinfetante (CETESB, 2010; HERMES PARDINI, 2013; PR ANÁLISE, n.d.).

VI.2.6.1 – Efeitos à Saúde

O fenol é bem absorvido pelas vias aérea, digestiva e cutânea, com eliminação principalmente através da urina, ocorrendo também excreção pela saliva e suor. A exposição aguda aos vapores de fenol, que podem ser corrosivos para os tecidos, causa irritação nas vias aéreas, e em altas concentrações, verificam-se taquipneia, broncopneumonia, edema pulmonar e até parada respiratória. Excitação, seguida por convulsões e inconsciência, são manifestações neurológicas observadas na exposição aguda. O contato com a pele e mucosas, pelas quais inclusive ocorre absorção muito rápida, além de originar os mesmos sintomas da inalação de vapores, produz irritação, queimadura, descoloração, necrose e gangrena do tecido cutâneo. Há possibilidade de irritação e lesão ocular permanente na exposição às altas concentrações de vapores (HERMES PARDINI, 2013; Michel, 2000). Na intoxicação crônica são observados vômitos, dificuldade de deglutição, diarreia, perda ponderal, alterações nas funções hepática e renal, cefaléia, vertigem, irritação (ocular, da mucosa nasal e da faringe), bem como ainda dermatite de contato, caso haja exposição continuada da pele (Michel, 2000).

A ACGIH (2014) considera o fenol um agente químico não classificável como carcinogênico humano (A4), isto é, acredita-se que possa causar câncer no homem, todavia os dados existentes são insuficientes para tal afirmação.

VI.2.6.2 – Resultados do Monitoramento Biológico

O monitoramento biológico, realizado através da dosagem urinária de fenol é capaz de evidenciar uma exposição ambiental acima do Limite de Tolerância, não possuindo isoladamente significado clínico ou toxicológico próprio, isto é, não indica doença, nem está associado a um efeito ou disfunção do sistema biológico avaliado (NR-7, 2013).

Os resultados encontrados ficaram entre não detectado e 20,20 mg/gcr (mg por grama de creatinina) nos trabalhadores expostos (média de 2,83 mg/gcr), e não detectado a 3,82 mg/gcr (média de 1,99 mg/gcr) naqueles sem exposição (grupo de controle). Houve uma única amostra (trabalhador DLC) no primeiro semestre de 2010, com resultado ligeiramente acima (20,20 mg/gcr) do Valor de Referência (20 mg/gcr), o qual provavelmente não deveu-se a exposição ocupacional, pois além de tal trabalhador ser tabagista (o fenol é liberado na atmosfera pela fumaça do cigarro), todos os demais resultados, bem como as médias de ambos os grupos de trabalhadores, expostos e não expostos, situaram-se abaixo do VR e muito aquém do IBMP e BEI (250mg/gcr) (figuras 6.2.6.1 e 6.2.6.2), e ainda, as avaliações ambientais ocupacionais (local e individual) deste agente, não detectaram sua presença na atmosfera laboral (vide

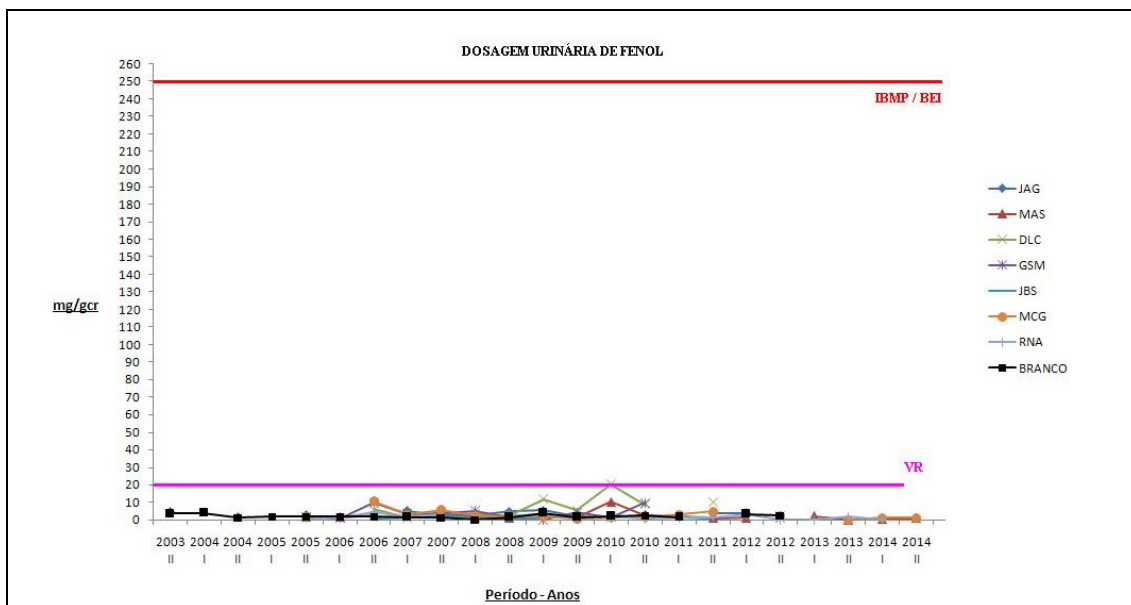


Figura 6.2.6.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Fenol ((linha vermelha indica o Índice Biológico Máximo Permitido – IBMP (NR-7, 2013) e o Índice Biológico de Exposição (ACGIH, 2014) ; linha rosa indica o Valor de Referência – VR) (NR-7, 2013).

Capítulo IV.3 – O Panorama dos Riscos Químicos no Ambiente de Trabalho). Contudo, a meia-vida do fenol é bastante curta, de 3 a 4 h (Saltzman, 2001), fato este capaz de dificultar o monitoramento biológico por conta de sua rápida eliminação do organismo, o que poderia contribuir para resultados falsos negativos.

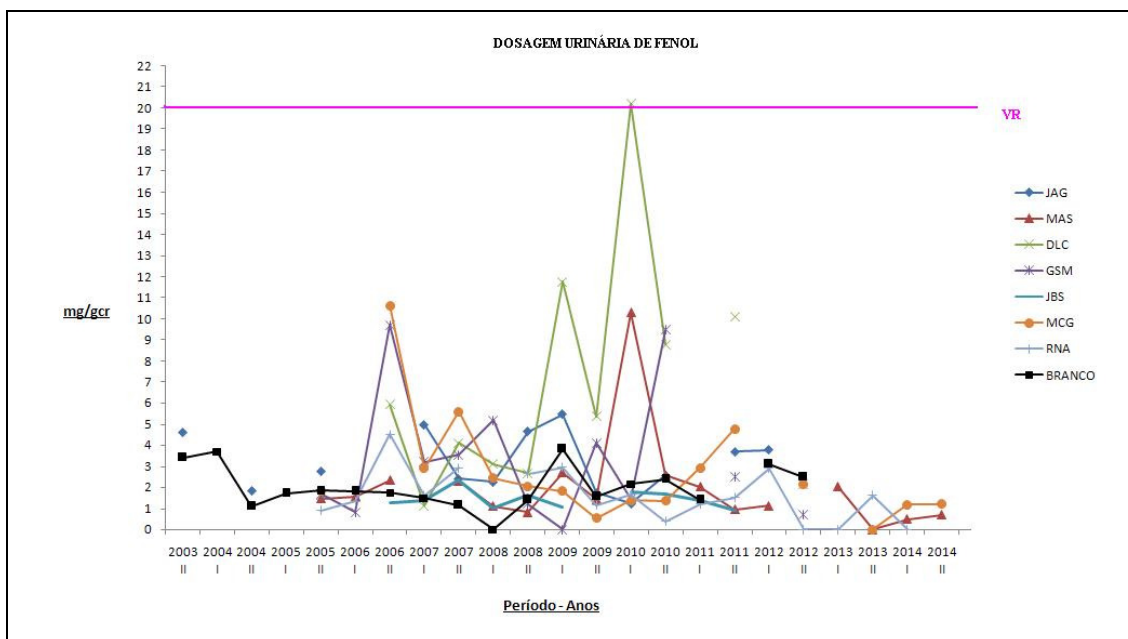


Figura 6.2.6.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Fenol – Em Escala Vertical Aumentada (linha rosa indica o Valor de Referência – VR (NR-7, 2013)).

VI.2.7 – Tolueno

O tolueno é um hidrocarboneto aromático, solvente, com aspecto líquido incolor e odor característico, menos denso que a água, extremamente volátil, encontrado em resinas, tintas, colas, vernizes, desengraxantes, pesticidas, borracha natural e sintética. Encontra-se presente na gasolina e é lançado no meio ambiente como contaminante. Este hidrocarboneto costuma ser usado intencionalmente com o propósito de se obter um estado de embriaguez (através da inalação de tiner, colas e tintas que o contenham).

VI.2.7.1 – Efeitos à Saúde

A absorção do tolueno ocorre principalmente pela via respiratória. Sofre biotransformação no fígado e origina diferentes metabólitos, entre eles o ácido hipúrico, o qual é o principal metabólito urinário, e representa o indicador biológico de dose interna mais utilizado no Brasil. A exposição aguda produz euforia, tontura, cafaleia, náuseas, fraqueza e irritação da mucosa do trato aéreo superior. Inalações de altas concentrações pode rapidamente causar coma, edema pulmonar, parada respiratória e morte. A exposição crônica é capaz de comprometer permanentemente o sistema nervoso central, manifestando-se através de ataxia, anormalidades cognitivas e neurocomportamentais. Há boa absorção também pela pele, e o contato dérmico pode causar queimadura química (HERMES PARDINI, 2013; Olson, 2014, PR ANÁLISE, n.d.).

Dietas ricas em alimentos que contenham ácido benzóico, representadas por frutas (ameixa e pêsego), condimentos (ketchup e mostarda), refrigerantes; são capazes de aumentar o ácido hipúrico, metabólito deste agente orgânico, excretado na urina (HERMES PARDINI, 2013; Olson, 2014, PR ANÁLISE, n.d.).

A ACGIH (2014) considera o tolueno um agente químico não classificável como carcinogênico humano (A4), isto é, acredita-se que possa causar câncer no homem, todavia os dados existentes são insuficientes para tal afirmação. Cita dano reprodutivo feminino e aborto como possíveis acometimentos relacionados à exposição.

VI.2.7.2 – Resultados do Monitoramento Biológico

A dosagem do ácido hipúrico na urina é capaz de evidenciar uma exposição ambiental acima do Limite de Tolerância, não possuindo isoladamente significado clínico ou toxicológico próprio, isto é, não indica doença, nem está associado a um efeito ou disfunção do sistema biológico avaliado. Sua concentração na urina coletada ao final da jornada de trabalho correlaciona-se com a exposição média no dia, quando avaliada em grupos de trabalhadores (NR-7, 2013).

Os resultados encontrados no monitoramento biológico do tolueno, realizado através da dosagem urinária do ácido hipúrico, situaram-se entre 0,011 e 0,879 g/gcr (gramas

por grama de creatinina) nos trabalhadores expostos (média de 0,190 g/gcr), e 0,021 a 0,757g/gcr (média de 0,240 g/gcr) naqueles sem exposição (branco – grupo de controle). Não houve nenhuma mensuração acima do Valor de Referência (1,5 g/gcr), bem como do BEI (1,6 g/gcr) e também do IBMP (2,5 g/gcr), tanto no grupo exposto quanto no não exposto aos resíduos, isto é, todos os resultados encontrados foram menor do que se verifica em média numa população sem exposição ocupacional ao tolueno (figuras 6.2.7.1 e 6.2.7.2) (ACGIH, 2008; NR-7, 2013), fato este que corrobora as avaliações ambientais ocupacionais (local e individual) deste agente, as quais não detectaram sua presença na atmosfera laboral (vide Capítulo IV.3 – O Panorama dos Riscos Químicos no Ambiente de Trabalho). A meia-vida do tolueno é de 12 horas (Saltzman, 2001), o que também contribui para dificultar seu monitoramento biológico, podendo acarretar resultados falsos negativos.

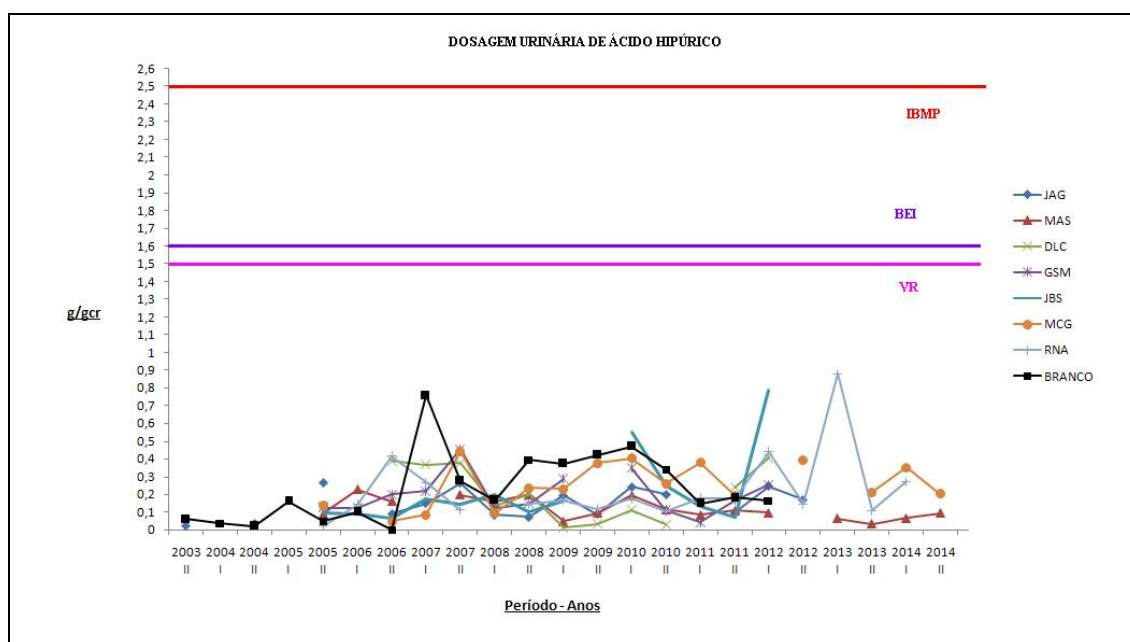


Figura 6.2.7.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Ácido Hipúrico (linha vermelha indica o Índice Biológico Máximo Permitido – IBMP (NR-7, 2013); linha roxa indica o Índice Biológico de Exposição (ACGIH, 2008); linha rosa indica o Valor de Referência – VR (NR-7, 2013)).

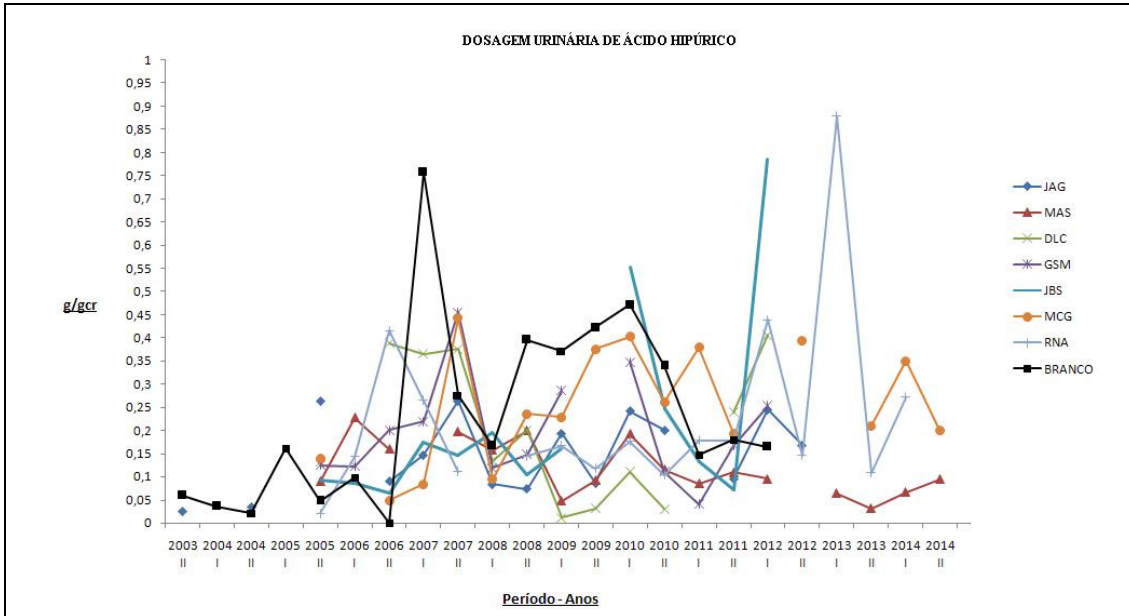


Figura 6.2.7.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Ácido Hipúrico – Em Escala Vertical Aumentada.

VI.2.8 – Xileno

O xileno é um hidrocarboneto aromático constituído por uma mistura de 3 isômeros: ortoxileno (o-xileno), meta-xileno (m-xileno) e para-xileno (p-xileno). O xileno comercial usualmente é constituído de 20% do isômero orto, 40% do meta, 20% do para-xileno, 15% de etilbenzeno, e ainda pequenas quantidades de outros hidrocarbonetos aromáticos. Tais isômeros são usados individualmente como matéria-prima em vários processos industriais, como na indústria química, de plásticos, couro, tecidos e papéis; como componentes de detergentes, solventes para tintas e lacas, na formulação de inseticidas, revestimentos e adesivos, e em mistura da gasolina. Os xilenos são liberados para o ar por emissão fugitiva de fontes industriais, exaustão veicular, volatilização por seu uso como solvente e na fumaça do cigarro (CETESB, 2012e; Larini,1997).

VI.2.8.1 – Efeitos à Saúde

A principal via de exposição ao xileno para o ser humano é a respiratória, entretanto este composto é irritante para os olhos, pele e mucosas. A inalação por curto prazo pode causar dispneia, irritação dos olhos e garganta, transtornos da visão, náuseas, vômito, desconforto gástrico. Trabalhadores expostos às misturas de xilenos por períodos extensos (exposição crônica) podem apresentar narcose, irritação do trato respiratório, edema pulmonar. Todavia, os sinais e sintomas mais importantes na exposição continuada compreendem anemia moderada, cefaléia, anorexia, fadiga, náuseas e hemorragia na mucosa nasal (CETESB, 2012e; Larini,1997).

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica os xilenos no Grupo 3, isto é, não classificável quanto a carcinogenicidade. Tal categoria comumente é usada para agentes nos quais a evidência de câncer é inadequada para o homem, e inadequada ou limitada em animais de experimentação (CETESB, 2012e). A ACGIH (2014) considera o xileno um composto não classificável como carcinogênico humano (A4), isto é, acredita-se que possa causar câncer no homem, todavia os dados existentes são insuficientes para tal afirmação.

VI.2.8.2 – Resultados do Monitoramento Biológico

Tanto a NR-7 do Brasil quanto a ACGIH utilizam o ácido metil hipúrico urinário como indicador biológico para a exposição ocupacional ao xileno. A dosagem deste metabólito na urina é capaz de evidenciar uma exposição ambiental acima do Limite de Tolerância, não possuindo isoladamente significado clínico ou toxicológico próprio, isto é, não indica doença, nem está associado a um efeito ou disfunção do sistema biológico avaliado (ACGIH, 2014; NR-7, 2013).

A excreção urinária de ácido metilhipúrico é reduzida pela ingestão de bebidas alcoólicas, e também em indivíduos obesos em função da retenção do xileno no tecido adiposo (Larini,1997).

Os resultados encontrados no monitoramento biológico do xileno foram extremamente baixos, isto é, traços de ácido metilhipúrico na urina dos trabalhadores expostos. As mensurações situaram-se entre não detectado e 0,01 g/gcr (gramas por grama de creatinina) nos trabalhadores expostos (média de 0,00082 g/gcr), e não detectado a 0,005g/gcr (média de 0,00121 g/gcr) naqueles sem exposição (branco – grupo de controle). As médias dos resultados foram bastante baixas por conta do elevado número de amostras com não detecção do ácido metilhipúrico. No grupo de trabalhadores expostos, 70% das amostras coletadas não evidenciaram detecção do metabólito em questão. Não houve nenhum resultado acima do limite preconizado (1,5 g/gcr) pela NR-7 do Brasil e ACGIH (não há definição do Valor de Referência para este composto) (figuras 6.2.8.1 e 6.2.8.2) (ACGIH, 2014; NR-7, 2013). O fato das amostras urinárias só evidenciarem traços do metabólito em questão pode estar associado à ausência do xileno na atmosfera laboral (conforme avaliações ambientais ocupacionais que não detectaram sua presença na atmosfera laboral; vide Capítulo IV.3 – O Panorama dos Riscos Químicos no Ambiente de Trabalho) e/ou à proteção individual (uso de equipamentos de proteção individual) competente. Contudo, a meia-vida curta deste agente (menos de

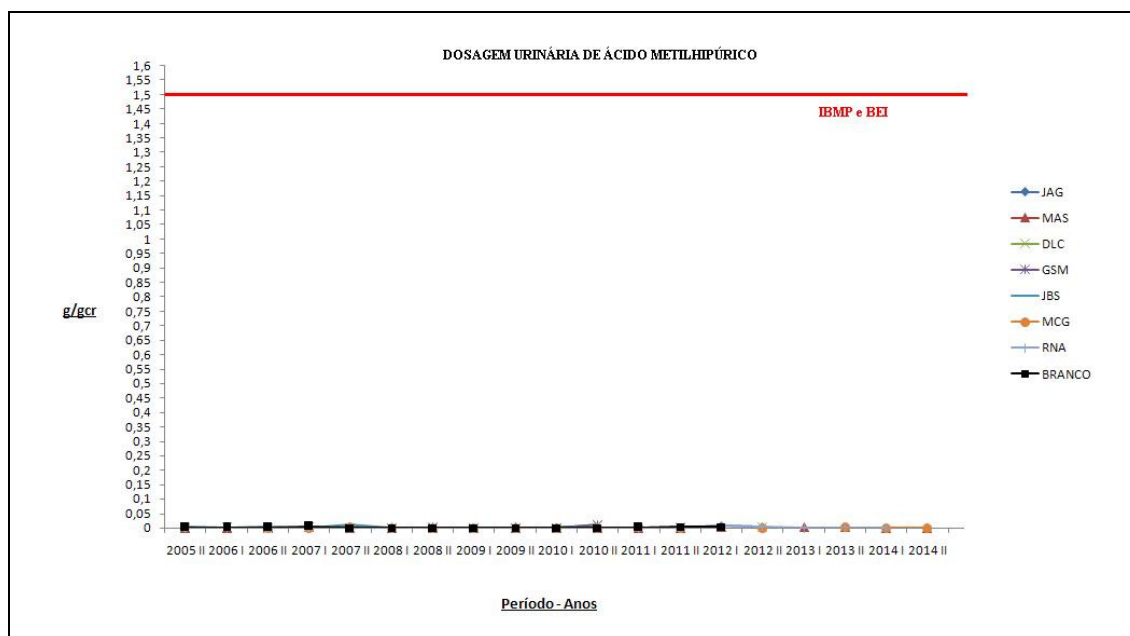


Figura 6.2.8.1. Resultados das Dosagens Urinárias de Ácido Metilhipúrico (linha vermelha indica o Índice Biológico Máximo Permitido – IBMP (NR-7, 2013) e o Índice Biológico de Exposição (ACGIH, 2008)).

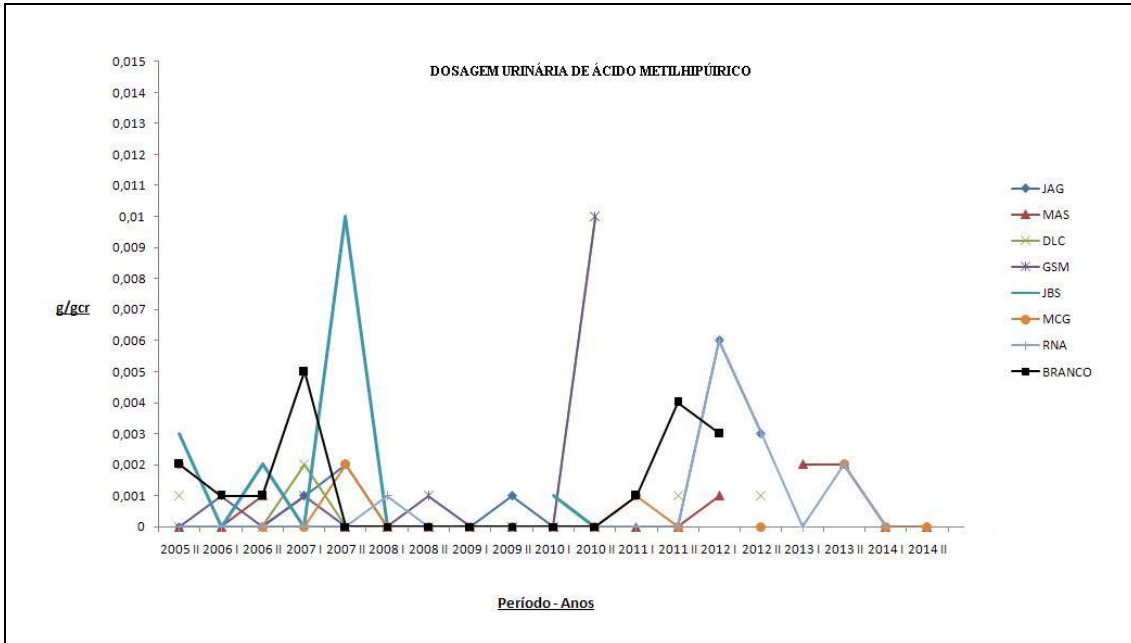


Figura 6.2.8.2. Resultados das Dosagens Urinárias de Ácido Metilhipúrico – Em Escala Vertical Aumentada.

4h) (Saltzman, 2001), pode contribuir para que a excreção urinária do ácido metilhipúrico seja de difícil mensuração, podendo acarretar resultados falsos negativos.

CAPÍTULO VII – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

VII.1 – Conclusões do Inquérito da Percepção dos Trabalhadores

A percepção dos trabalhadores da cimenteira estudada foi em sua maioria favorável quando arguidos a respeito de questões referentes à poluição do ar, ao ruído, às condições e segurança do trabalho, às oportunidades de trabalho para consigo e para os outros trabalhadores, e ao emprenho da indústria para com a proteção do meio ambiente, isto é, opinaram que nos últimos anos houve uma melhoria em todos esses aspectos. Em relação à saúde (própria e dos colegas de trabalho) os inquiridos perceberam que não houve mudanças.

No que diz respeito ao conhecimento do trabalhador sobre o coprocessamento, evidenciou-se um resultado favorável, indicando um bom entendimento sobre tal assunto. Ainda nesse mesmo contexto do inquérito, os inquiridos informaram que seus familiares, vizinhos, bem como os habitantes das cidades em que residem, possuem pouco conhecimento a respeito de tal prática.

Verificou-se uma percepção neutra (regular) dos trabalhadores em relação à magnitude das informações que a indústria presta à população sobre o coprocessamento.

Uma percepção desfavorável foi observada em relação à participação ativa da população do entorno da fábrica nos aspectos decisórios relacionados ao coprocessamento, isto é, perceberam que há pouco envolvimento desse público.

Resultados favoráveis foram encontrados nas questões relacionadas com o cuidado da indústria com a saúde, a segurança e a capacitação (preparação através de cursos e treinamentos oferecidos) de seus empregados.

Foi verificado que os trabalhadores possuem uma opinião favorável ao coprocessamento, isto é, concordam totalmente. Já em relação à percepção dos inquiridos a respeito da opinião das pessoas em geral sobre tal prática, percebeu-se uma

resposta neutra (nem de discordância nem de concordância), atribuída talvez provavelmente à falta de conhecimento sobre o assunto pela população em geral.

Evidenciou-se uma resposta bastante favorável em relação à percepção dos impactos causados ao meio ambiente pelo coprocessamento, bem como a maioria dos trabalhadores entendeu que tais efeitos ao meio ambiente são muito positivos. Em relação aos impactos causados à saúde das comunidades no entorno da fábrica, houve uma evidência neutra, isto é, os inquiridos indicaram não perceberem que o coprocessamento concorre a essa questão.

Foi verificado que os trabalhadores seguem os procedimentos de segurança do trabalho, realizam os exames médicos conforme o programa de controle médico de saúde ocupacional, questionam e interrompem um determinado trabalho quando percebem que não é seguro e tem potencial de causar danos à saúde, frequentam os treinamentos oferecidos para o aperfeiçoamento técnico-profissional, e procuram assistência médica quando percebem um problema de saúde. Entretanto, apesar de terem consciência também da importância de sempre visitarem um médico para uma avaliação de caráter preventivo, mesmo sem apresentarem um problema de saúde, observou-se que na prática, a atitude para com tal procedimento não ocorre em todas ocasiões, mas sim quase sempre.

A maioria dos trabalhadores atribuiu a prática do coprocessamento aos seguintes fatores (de forma decrescente): promover o desenvolvimento sustentável, contribuir para a preservação do meio ambiente, economizar combustíveis derivados do petróleo, fabricar cimento de forma sustentável, participar da destinação dos resíduos industriais, obter lucros, e economizar matérias-primas na produção de cimento.

VII.2 – Conclusões dos Aspectos de Saúde Ocupacional: Perfil Toxicológico dos Trabalhadores

Os resultados encontrados no monitoramento biológico do manganês, níquel, estireno, etil-benzeno, tolueno e xileno, situaram-se abaixo dos limites preconizados pela NR-7 e ACGIH, bem como aquém do Valor de Referência, isto é, a concentração destes

elementos ou seus metabólitos evidenciada na urina dos trabalhadores foi semelhante ou menor do que aquela encontrada em indivíduos não expostos. Os resultados para o agente fenol também apresentaram este mesmo perfil, com exceção de uma única amostra, que ultrapassou de forma discreta o Valor de Referência, porém mantendo-se bem aquém dos limites preconizados pela NR-7 e ACGIH.

Houve algumas pequenas variações acima do Valor de Referência nas dosagens de fluoretos urinários encontradas, entretanto tais valores situaram-se bastante aquém dos limites preconizados pela NR-7 e ACGIH. Todavia, este fato ocorreu tanto no grupo exposto quanto no não exposto (controle) aos resíduos, conduzindo assim à conclusão de que os resultados encontrados podem estar associados a questões extralaborais e não vinculadas à exposição ocupacional aos resíduos.

Para o mercúrio metálico, houve alguns resultados acima do Valor de Referência, tanto no grupo exposto (29,5 % do total de exames) quanto no não exposto aos resíduos (27,8 % do total de exames), entretanto, os quatro picos mais elevados foram observados naqueles trabalhadores em contato com resíduos. Por outro lado, todos os resultados encontrados situaram-se aquém dos limites preconizados pela NR-7 e ACGIH.

VII.3 – Considerações Finais

O Relatório de Brundtland define o desenvolvimento sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas”. Tal documento alerta para o risco do uso excessivo dos recursos naturais, ignorando e não respeitando a capacidade dos ecossistemas em suportar a intervenção humana. Aponta a necessidade de se modificar a relação entre o homem e o meio ambiente, não necessariamente atravancando o crescimento econômico, mas sim conciliando as questões sociais, econômicas e ambientais. Reconhece que o crescimento é necessário para suprir as questões de subdesenvolvimento e pobreza, todavia sem perder a compatibilidade dos interesses ambientais e econômicos (WCED 1987).

O desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis, adoção de medidas ecologicamente sadias na produção industrial pelos países em desenvolvimento, uso de fontes alternativas de energia, reciclagem de materiais reaproveitáveis; são algumas das medidas apontadas também pelo Relatório de Brundtland, necessárias ao desenvolvimento sustentável. A indústria e seus produtos geram um impacto nos recursos naturais: exploração e extração de matérias-primas, consumo de energia, geração de resíduos, e ainda, o descarte destes produtos industrializados consequente à utilização pelos consumidores. É importante uma gestão de resíduos onde cada vez mais se pratique a reutilização. Existem riscos ambientais e incertezas num futuro que demande mais energia (as provenientes de combustíveis fósseis): probabilidade de alterações climáticas pelo aumento emissão de gases de efeito estufa e aumento poluição atmosférica. Caso a tendência atual continue, estima-se que a concentração combinada de CO₂ e gases de efeito estufa poderão ser equivalentes ao dobro de gás carbônico da época pré-industrial, possivelmente já na década de 2030, podendo causar um aumento na média da temperatura global nunca ocorrido na história do homem. Medidas políticas imediatas devem ser adotadas, sendo as mais urgentes aquelas necessárias para mudar a matriz energética, privilegiando as renováveis. O uso de combustíveis fósseis e minerais, reduz o estoque para as gerações futuras, todavia não significa que tal utilização não possa acontecer. A ênfase na reciclagem e economia destes recursos não renováveis deve ser efetiva. Um aumento na eficiência da utilização de energia e de material além de servir para propósitos ecológicos, pode reduzir custos. A disponibilidade de energia a partir de fontes confiáveis, seguras e sem danos para o ambiente, é chave para o futuro e desenvolvimento. Do ponto de vista da sustentabilidade, devem ser conciliados os seguintes elementos para o futuro energético: medidas de conservação, crescimento suficiente das fontes e eficiência, atenção à saúde pública, proteção da biosfera e de formas localizadas de poluição (WCED 1987).

A Conferência do Rio de Janeiro em 1992 (Rio-92) trouxe a concepção de desenvolvimento sustentável, segundo a qual o crescimento econômico pode acontecer em compatibilidade com a preservação ambiental e inclusão social. Tal convenção, definiu o desenvolvimento sustentável nas mesmas bases do Relatório Brundtland. As medidas a serem adotadas no âmbito internacional para a proteção e valorização do ambiente devem considerar os desequilíbrios mundiais atuais de consumo e produção,

onde os Governos desenvolvam uma política interna que estimule medidas sustentáveis a respeito. Estes, em cooperação com a indústria devem otimizar a busca da utilização de recursos e energia de maneira ambientalmente correta e economicamente eficiente. A sociedade necessita criar caminhos eficazes para atender a questão da eliminação dos crescentes níveis de resíduos, encorajando os processos industriais de reciclagem e reutilização. A energia é essencial para o desenvolvimento socioeconômico, todavia, as fontes energéticas devem ser usadas respeitando a saúde humana e o ambiente como um todo. A indústria é fonte de renda e emprego, essencial para a produção de bens, serviços e para o crescimento econômico. Por outro lado, é uma grande usuária de materiais e recursos, com potencial poluidor. É necessária ação de programas que busquem o desenvolvimento industrial de forma a minimizar os impactos negativos sobre a atmosfera, aumentando a eficiência na produção e consumo de recursos e materiais; que melhorem as tecnologias para redução da poluição, bem como desenvolvam novas tecnologias para o controle. A reciclagem, reutilização e eliminação de resíduos perigosos é de extrema importância para a gestão dos recursos naturais, proteção ambiental e desenvolvimento sustentável. Isso exige a participação e cooperação das comunidades internacionais, Governo e indústria. O aumento da geração de resíduos perigosos causa degradação à saúde e meio ambiente, aumentando cada vez mais os custos para sociedade (UNCED 1992).

Em 2002, o Plano de Aplicação determinado pela Conferência de Johannesburg exigiu um incremento significativo da utilização de fontes energéticas renováveis, em caráter de urgência, entretanto sem especificar metas, enfatizando o desenvolvimento de tecnologias de energia alternativa e o estabelecimento de programas nacionais de eficiência energética. O investimento numa cadeia produtiva mais limpa, o incremento da reutilização e reciclagem, a redução do desperdício, o incentivo às autoridades competentes em considerar o desenvolvimento sustentável nas tomadas de decisões, bem como a participação pública; também foram questões apontadas no respectivo plano (WSSD 2002).

A Agenda 21 Brasileira reafirmou o compromisso assumido pelo país na Rio-92 e referendado na Conferência de Johannesburg. Em relação à produção sustentável e combate ao desperdício, enfocou que há necessidade de se observar a destinação dos

resíduos, bem como a adoção de tecnologias de produção com redução do gasto energético e que requeiram menos matérias-primas. Dentre as ações elencadas para tal propósito, recomendou-se: uma campanha nacional contra o desperdício e a definição de uma legislação de resíduos sólidos, privilegiando o reaproveitamento (Brasil, 2002b).

Duas décadas após a Rio-92 (2012), encontraram-se novamente na cidade do Rio de Janeiro representantes de 193 países para a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida também como Rio+20, cujo objetivo foi discutir sobre a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável, por meio da avaliação do progresso e das lacunas na implementação das decisões adotadas pelas principais cúpulas sobre o assunto, bem como o tratamento de temas novos e emergentes. Nesta ocasião o conceito de desenvolvimento sustentável foi ampliado, deixando de abranger apenas questões relacionadas ao meio ambiente, de maneira que sustentabilidade passou a incluir de forma incisiva e essencial os aspectos sociais, ressaltando a urgência do esforço conjunto para a melhoria da qualidade de vida. Um dos principais temas dessa Conferência foi a economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável, a qual engloba algumas características que relacionam-se com o coprocessamento, nomeadamente: a diminuição do uso de combustíveis fósseis, o aumento da utilização de fontes limpas e renováveis de energia, a eficiência na utilização de recursos naturais, e um tratamento adequado do lixo.

Ainda no ano de 2012, entra em vigor a Política Nacional Brasileira de Resíduos Sólidos, que reúne a sistemática da gestão desses materiais, objetivando: a não geração, redução, reutilização e tratamento; destinação final ambientalmente adequada; diminuição do uso dos recursos naturais no processo de produção; intensificação de ações de educação ambiental; e aumento da reciclagem (Brasil, 2012).

O desenvolvimento sustentável desperta no imaginário social uma nova esperança perante às questões ambientais, norteando a viabilidade futura do planeta para com uma sobrevivência digna da humanidade. Faz-se necessário otimizar a prática do conteúdo apresentado em diversas mobilizações, iniciativas, políticas e estratégias; sejam elas internacionais, regionais ou nacionais.

Além de ser imprescindível a modificação da relação entre o homem e a natureza, onde se conciliem as questões socioeconômicas e ecológicas, para o alcance de um desenvolvimento sustentável são essenciais providências como: o uso de fontes energéticas alternativas e renováveis, a racionalização de recursos naturais como os minerais e combustíveis fósseis, a inibição da geração de resíduos com incentivo da reciclagem e reutilização de materiais, e um processo industrial produtivo mais limpo.

A indústria gera impactos ao meio ambiente e aos recursos naturais. Assim, o planejamento industrial integrado à gestão ambiental é uma necessidade a fim de mitigar os efeitos negativos produzidos. Os países devem investir numa cadeia produtiva mais limpa, estreitando o diálogo com as comunidades e outras partes interessadas. A participação pública deve ser incluída na divulgação de informações a respeito da legislação, atividades, políticas e programas relacionados. Uma maneira adequada de abordar as questões ambientais é incluir a participação dos cidadãos. As pessoas devem ter acesso às informações sobre o meio ambiente e atividades que ofereçam perigo, como oportunidade de participar dos processos decisórios.

A construção de uma discussão alargada, que envolva a participação de todos os interessados, pode sim resultar em soluções que satisfaçam todas as partes. O diálogo é elemento fundamental na resolução de conflitos, uma ferramenta imprescindível no processo decisório, onde há necessidade de se tentar compreender a posição, necessidade e interesse de cada um dos atores. É através do diálogo que os indivíduos argumentam suas razões, transformando interesses particulares em valores publicamente defensáveis.

O trabalho envolvendo riscos químicos pode representar apenas uma das fontes de exposição para os indivíduos envolvidos. É importante que considere também as exposições extralaborais, tais como aquelas provenientes de bebidas, alimentos, ar interno de edificações, medicamentos, solo, produtos de consumo e domissanitários. Tais fatores, inseridos na vida cotidiana dos indivíduos, podem-se somar às exposições ocupacionais, contribuindo para maximizar a dose de um determinado xenobiótico recebida pelo trabalhador (Kleinjans, 2003).

Caso não sejam considerados o tempo e a frequência de exposição, a meia vida biológica do agente químico contaminante; resultados falsos negativos no monitoramento biológico poderão ser produzidos.

O desenvolvimento dos estudos referentes aos ambientes ocupacionais tem fornecido informações que permitem um entendimento mais acertado da interação entre a exposição ambiental, a sensibilidade individual e o tempo de trabalho. Contudo, esforços devem ser dispensados no sentido de se ampliar as pesquisas referentes às interações dos agentes químicos que podem estar presentes no ambiente de trabalho, bem como as misturas químicas, pois a maioria dos estudos toxicológicos refere-se a agentes ou compostos químicos isolados (Kleijnans, 2003).

Um importante aspecto a ser considerado, está relacionado com as interações entre as substâncias químicas e o ruído, risco físico comumente encontrado nos ambientes laborais das indústrias cimenteiras. Thais Morata (2005) relatou a evidência científica de que os solventes podem acometer a acuidade auditiva, com lesão da cóclea, mesmo sem a exposição a níveis elevados de pressão sonora. Todavia quando há ocorrência simultânea do ruído com solventes orgânicos (inclusive com o tolueno, estireno, e etilbenzeno), há interação sinérgica, isto é, o efeito torna-se aditivo, com consequente maximização do potencial de dano à saúde auditiva. Todavia, a respectiva autora ressaltar a necessidade de se aprofundar este conhecimento.

Um adequado programa de controle médico de saúde ocupacional para a atividade de coprocessamento, não deve estar fundamentado apenas no monitoramento biológico, isto é, na realização de exames toxicológicos num determinado intervalo de tempo, ou em certas ocasiões. Muito mais do que isso deve ser colocado em prática, os trabalhadores necessitam ser submetidos periodicamente às avaliações clínicas detalhadas. Também um programa de exames complementares deve ser implementado, com intuito de se rastrear precocemente o agravo da saúde, bem como disfunções e/ou danos nos sistemas e órgãos sensíveis a determinados agentes químicos. Conhecer as características, propriedades físico químicas, mecanismos de ação, e os órgãos-alvos relacionados às substâncias químicas envolvidas no coprocessamento; concorre também para uma vigilância em saúde ocupacional mais precisa e eficiente

A prática do coprocessamento em cimenteiras com tecnologia adequada, legalmente licenciadas para tal propósito, com rígidos controles, bem como um programa de monitoramento ambiental e ocupacional, pode representar uma alternativa animadora e favorável para a destinação final de resíduos, com a possibilidade de se recuperar a energia contida nestes materiais (valorização energética), contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável.

Contudo, mais estudos são necessários a respeito das exposições ocupacionais aos agentes químicos no coprocessamento, em especial aquelas caracterizadas por baixas concentrações ambientais de toxicantes e misturas de substâncias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH) (2006). Limites de Exposição Ocupacional (TLVs) Para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs). Tradução da Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH) (2008). Limites de Exposição Ocupacional (TLVs) Para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs). Tradução da Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH) (2014). Limites de Exposição Ocupacional (TLVs) Para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs). Tradução da Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP) (2006). Coprocessamento: Contribuição Efetiva da Indústria do Cimento para a Sustentabilidade.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP) (2012). Panorama do Coprocessamento em Fornos de Cimento – 2012 – Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP) (2013). *Uma breve história do cimento Portland*. Acessado em 24 de Novembro de 2013. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP) (2014a). *Coprocessamento – Uma solução definitiva para o resíduo. O que é*. Acessado em 10 de Fevereiro de 2014. Disponível em: <http://coprocessamento.org.br/pagina-exemplo>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP) (2014b). *Coprocessamnto – Uma solução definitiva para o resíduo. Estatísticas*. Acessado em 10 de Fevereiro de 2014. Disponível em: <http://coprocessamento.org.br/estatisticas>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP) (2014c). *Coprocessamnto – Uma solução definitiva para o resíduo.Unidades*. Acessado em 10 de Fevereiro de 2014. Disponível em: <http://coprocessamento.org.br/quem-coprocessa-no-brasil>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA (AsBEA) (2013). *Cimento: consumo em alta atrai investidores*. Acessado em 16 de Janeiro de 2014. Disponível em: <http://www.asbea.org.br/escritorios-arquitetura/noticias/cimento-consumo-em-alta-atrai-investidores-290367-1.asp>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA (AsBEA) (2014). *Consumo nacional deve crescer 3% neste ano*. Acessado em 16 de Janeiro de 2014. Disponível em: <http://www.asbea.org.br/escritorios-arquitetura/noticias/consumo-nacional-deve-crescer-3-neste-ano-304269-1.asp>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS (ABETRE) (2013). Conferência de Resíduos Sólidos e Saneamento Ambiental. Agenda Regulatória dos Resíduos Sólidos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (2004). Norma Brasileira, Resíduos Sólidos – Classificação, ABNT NBR 10004:2004.

ASSOCIAÇÃO DOS EXPOSTOS E ITOXICADOS POR MERCÚRIO METÁLICO (AEIMM) (2014). *Mercurialismo*. Acessado em 12 de novembro de 2014. Disponível em: <http://www.aeimm.org.br/mercurialismo/>

BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE (BATTELLE) (2002). Towards a Sustainable Cement Industry.

BEUER, M.B. (1986). Encyclopedia of Material Science and Engineering. Pergamon Press. Vol. I Great Britain.

BOGUE, R.H. (1955). *The Chemistry of Portland Cement*. New York: Reinhold Publishing Corporation.

BUGALHO, A. (1998). *Competitividade das indústrias de cimento do Brasil e da América do Norte*. Dissertação, Universidade Estadual de Campinas.

BRASIL (1981). *Política Nacional do Meio Ambiente*. Lei 6938 de 31 de agosto de 1981.

BRASIL (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*.

BRASIL (1998). Resolução nº 006, de 15 de junho de 1988. Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama). *Diário Oficial da União*, Brasília, 16 nov. 1988.

BRASIL (1999). Resolução nº 264, de 26 de agosto de 1999. CONAMA. *Diário Oficial da União* nº 54, de 20 de março de 2000, Seção 1, páginas 80-83. Brasília.

BRASIL (2002a). Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002. *Diário Oficial da União*, Brasília.

BRASIL (2002b). *Agenda 21 Brasileira – Ações Prioritárias*, 2nd edn.

BRASIL (2010a). *Proposta de Limites de Emissão de Fontes Fixas Existentes – Setor Cimento*. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Acessado em 05 de Dezembro de 2013. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir1337/PropResol_EmissaoFontesFixas_GtFontesFixas_13e14dez10.pdf

BRASIL (2010b). *Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)*. Lei no 12.305/2010. Brasília

BRASIL (2012). Resolução nº 316, de 29 de outubro de 2002. CONAMA. *Diário Oficial da União* nº 224, de 20 de novembro de 2002, Seção 1, páginas 92-95. Brasília.

BRASIL (2012b). *Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)*, 2nd edn.

BRASIL (2014). *Segurança Química – Mercúrio*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil. Acessado em 10 de novembro de 2014. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/mercurio>

BRENNHAS, M.J. MACHADO, R. DINIS, M.A., BARROS, N. (2009), Co-incineração em Fornos de Cimenteiras. Análise de Caso. Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia. Porto: Edições Universidade Fernando Pessoa.

CARMO, H. FERREIRA, M.M. (2008). Metodologia da Investigação – Guia para Auto-Aprendizagem, 2nd ed, cap 2, Universidade Aberta, Lisboa.

CARPIO, R.C. (2005). Otimização no Co-processamento de Resíduos na Indústria do Cimento Envolvendo Custos, Qualidade, e Impacto Ambiental. Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

CARVALHO, M.B.M. (2008). Impactos e conflitos da produção de cimento no Distrito Federal. Dissertação, Universidade de Brasília.

CASARETT, D. (1996). Toxicology - The Basic Science of Poisons.

CIMENTO.ORG (2013). *O Cimento do Mundo. Maiores Produtores Mundiais de Cimento*. Acessado em 02 de Dezembro de 2013. Disponível em: http://www.cimento.org/index.php?option=com_content&view=article&id=207:maiores-produtores-mundiais-de-cimento-no-mundo&catid=1:ultimas-noticias&Itemid=50

COMISSÃO CIENTÍFICA INDEPENDENTE DE CONTROLO E FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL DA CO-INCINERAÇÃO (CCI) (2000). Parecer Relativo ao Tratamento de Resíduos Industriais Perigosos. Portugal.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) (2010). Ficha de Informação Toxicológica – Fenol. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) (2012a). Ficha de Informação Toxicológica – Manganês. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) (2012b). Ficha de Informação Toxicológica – Níquel e Seus Compostos. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) (2012c). Ficha de Informação Toxicológica – Estireno. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) (2012d). Ficha de Informação Toxicológica – Etilbenzeno. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) (2012e). Ficha de Informação Toxicológica – Xileno. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

ESTADO DE MINAS GERAIS (2010). Deliberação Normativa nº 154/2010. Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM

ESTADO DE SÃO PAULO (2003). Norma técnica P4.263. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB.

ESTADO DO PARANÁ (2006). Resolução 054/06. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA.

ESTADO DO PARANÁ (2009). Resolução 076/09. Conselho Estadual do Meio Ambiente – CEMA

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (2000). Resolução 02/2000. Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA.

FIGUEIREDO, M.K. DA SILVEIRA, A.L. ROMEIRO, G.A. DAMASCENO, R.N. (2008). Blend de Resíduos Industriais. Uma Avaliação por Conversão a Baixa Temperatura. Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química, Programa de Pós-graduação em Química Orgânica, Niterói – Rio de Janeiro

FILHO, D.B. (1988). Toxicologia Humana e Geral, 2ª edição, Livraria Atheneu, Rio de Janeiro, Brasil.

FLEURY MEDICINA E SAÚDE (2014). Manual de Exames – Manganês, Urina.

GENON, G. BRIZIO, E. (2008). Perspectives and limits for cement kilns as a destination for RDF, *Waste Management*, v.28, p. 2375-2385.

GIANNOPOULOS, D. KOLAITIS, A. TOGKALIDOU, A. SKEVIS, G. FOUNTINI, M. (2006). Quantification of Emissions from the Co-incineration of Cutting Oil Emulsions in Cement Plants – Part I: NO_x, CO and VOC. *In: Fuel*, 86, pp 1144-1152.

GTZ/HOLCIM (2006). Guidelines on Co-Processing Waste Materials in Cement Production. The GTZ- Holcim Public Private Partnership.

GUIMARÃES, A.G. (1997). Intoxicação por Mercúrio. Monografia do Curso de Pós-graduação em Medicina do Trabalho. Escola de Medicina da Fundação Técnico Educacional Souza Marques. Rio de Janeiro, Brasil

HASHIMOTO, S. FUJITA, T. GENG, Y. NAGASAWA, E. (2010). Realizing CO₂ emission reduction through industrial symbiosis: A cement production case study for Kawasaki, *Resources Conservation And Recycling*, vol.54(10), pp.704-710.

HERMES PARDINI (1998). Manual de Exames, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

HERMES PARDINI (2013). Manual de Exames, edição 2013-2014, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

HILL, M. M., HILL, A. (2009). Investigação por questionário. 2ª edição. Edições Sílabo 377 pp.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) (2014). *Cidades@*. Acessado em 12 de abril de 2014. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA) (2012). Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais – Relatório de Pesquisa. Brasília

JÚNIOR, A.G.P. BRAGA, A.M.C.B. (2009). Trabalho e saúde: a atividade da queima de resíduos tóxicos em fornos de cimenteiras de Cantagalo, Rio de Janeiro

JÚNIOR, J.F. (2011). Sintomas de Deficiência de Manganês e Fontes Alimentares. Associação Brasileira de Medicina Biomolecular (ABMB).

JESUS, M.M. SANTOS, S.C. (2009). Resíduos & Rejeitos. Instituto de Ciências da Saúde. Universidade Federal da Bahia. Salvador

KARA, M. (2012). Environmental and economic advantages associated with the use of RDF in cement kilns, *Resources, Conservation & Recycling*, vol.68, pp.21-28.

KARSTENSEN, K.H. (2007). National policy on High Temperature Thermal Waste Treatment and Cement Kiln Alternative Fuel Use: Cement Production Technology.

KARSTENSEN, K.H. (2009). Guidelines for co-processing. Actas de la Conferencia Internacional de China sobre la Utilización de Materias Secundarias y Combustible en la Industria de Materiales de Construcción. Instituto de Información Técnica para la Industria de Materiales de Construcción de China, No.1, Guanzhuang Dongli, Distrito de Chaoyang, Beijing, China.

KARSTENSEN, K.H. (2010). Formação e Emissão de POPs pela Indústria de Cimento. São Paulo, RiMa Editora.

KARSTENSEN, K.H. MUBARAK, A.M. GUNADASA, H.N. WIJAGUNASEKARA, B. RATNAYAKE, N. ALWIS, A.D. FERNANDO, J. (2010). Test burn with PCB–oil in a local cement kiln in Sri Lanka, *Chemosphere*, vol. 78 (6), pp.717-723.

KARSTENSEN, K.H. (2012). Co-processing of alternative fuels and raw materials and treatment of organic hazardous wastes in Cement kilns – International experiences and best practice. Foundation for Scientific and Industrial Research (SINTEF), Norway; Asian Institute of Technology, Thailand

KATZUNG, B.G. (2010). Farmacologia Básica e Clínica, 10ª edição, AMGC Editora, São Paulo, Brasil.

KIHARA, Y. (2009). Coprocessamento Como Alternativa de Gestão de Resíduos. Apresentação ABCP.

KIHARA, Y. (2011). Coprocessamento em Fornos de Cimento: Resíduos Urbanos. Apresentação ABCP.

KLAASSEM, C.D. WATKINS III, J.B. (2012). Fundamentos em Toxicologia, 2ª edição, AMGH Editora, Porto Alegre, Brasil.

KLEINJANS, J.C.S. (2003). Principles in toxicological risk analysis. *Toxicology Letters*, v140/141, p.311-315.

LARINI, L. (1997), Toxicologia, 3ª ed., Editora Manole Ltda, São Paulo, Brasil.

LENTZ, T.J. (2001). The ABC's of OEL's – A discussion of Occupational Exposure Limits.

MALVIYA, R. CHAUDHARY, R. Leaching behavior and immobilization of heavy metals in solidified/stabilized products. *Journal of Hazardous Materials*, v. 137, n. 1, p. 207-217, 2006.

MANTUS, E.K. (1992). All fired up: Burning Hazardous Waste in Cement Kilns. Washington: Environmental Toxicology International.

MARINGOLO, V. (2001). Clínquer Co-processado: Produto de Tecnologia Integrada para Sustentabilidade e Competitividade da Indústria de Cimento, Tese Doutorado em Mineralogia Aplicada, Universidade de São Paulo, USP

MARTINHO, G. GONÇALVES, G. (n.d.). Gestão de Resíduos Urbanos. Universidade Aberta. Lisboa. Portugal

MENDES, R. (1999). Patologia do Trabalho, 1ª Edição, Editora Atheneu, Rio de Janeiro, Brasil.

MICHEL, O.R. (2000). Toxicologia Ocupacional. Editora Revinter. Rio de Janeiro, Brasil.

MILANEZ, B. (2007). Co-incineração de Resíduos Industriais em Fornos de Cimento: Problemas e Desafios. IX ENGEMA - Encontro Nacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, Curitiba.

MILANEZ, B. FERNANDES, L.O.PORTO, M.F.S. (2009). A co-incineração de resíduos em fornos de cimento: riscos para a saúde e o meio ambiente.

MOKRZYCKI, E, ULIASZ-BOCHENCZYK, A, (2003). Alternative fuels for the cement industry, *Applied Energy*, vol.74(1), pp.95-100.

MOKRZYCKI, E. ULIASZ-BOCHENCZYK, A. SARNA, M. (2003). Use of alternative fuels in the Polish cement industry, *Applied Energy*, vol.74(1), pp.101-1.

MORATA, T.C. (2005). O Impacto das Interações do Ruído com Produtos Químicos para a Higiene Ocupacional. Encontro Brasileiro de Higienistas Ocupacionais. Congresso Panamericano de Higiene Ocupacional. Palestras e Conferências. Rio de Janeiro, Brasil

MURRAY, A. PRICE, L. (2008). Use of Alternative Fuels in Cement Manufacture: Analysis of Fuel Characteristics and Feasibility for Use in the Chinese Cement Sector.

China Energy Group, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, U.S. Department of Energy.

MUTZ, D., ANDRES, C., HENGEVOSS, D., MORF, L. (2007). Co-Processing Waste Material in Energy-Intensive Industries (EII): A global study with focus on Europe. Universidad de Ciencias Aplicadas de Suiza Noroccidental

NEVES, E.B. JUNIOR, N.M. MOREIRA, M.F.R. (2009). Avaliação da exposição a metais numa oficina de recuperação de armamento de uma organização militar. *Ciênc. saúde coletiva vol.14 no.6* . Rio de Janeiro.

NOAA COSTAL SERVICES CENTER (2007). Introduction to Survey Design and Delivery - Social Science Tools for Coastal Programs.

NORMA REGULAMENTADORA Nº 4 (NR-4) (2014). Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978, alterada pela Portaria MTE n.º 590, de 28 de abril de 2014, Ministério do Trabalho e Emprego, Brasil. Acessado em 10 de julho de 2014. Disponível em: [http://portal.mte.gov.br/data/files/FF80808145B269620145D2D2CC874DCC/NR-04%20\(Atualizada%202014\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF80808145B269620145D2D2CC874DCC/NR-04%20(Atualizada%202014).pdf)

NORMA REGULAMENTADORA Nº 5 (NR-5) (2011). Comissão Interna de Prevenção de Acidentes. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978, alterada pela Portaria SIT n.º 247, de 12 de julho de 2011, Ministério do Trabalho e Emprego, Brasil. Acessado em 10 de julho de 2014. Disponível em: http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D311909DC0131678641482340/nr_05.pdf

NORMA REGULAMENTADORA Nº 7 (NR-7) (1978). Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978.

NORMA REGULAMENTADORA Nº 7 (NR-7) (2013). Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978, alterada pela Portaria MTE n.º 1.892, de 09 de dezembro de 2013, Ministério do Trabalho e Emprego, Brasil.

Acessado em 04 de abril de 2014. Disponível em:
[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080814295F16D0142E2E773847819/NR-07%20\(atualizada%202013\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080814295F16D0142E2E773847819/NR-07%20(atualizada%202013).pdf)

NORMA REGULAMENTADORA Nº 9 (NR-9) (1994). Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978, alterada pela Portaria SSST n.º 25, de 29 de dezembro de 1994, Ministério do Trabalho e Emprego, Brasil. Acessado em 04 de abril de 2014. Disponível em:
http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1CA0393B27/nr_09_at.pdf.

NORMA REGULAMENTADORA Nº 15 (NR-15) (2011). Atividades e Operações Insalubres. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978, alterada pela Portaria SIT n.º 203, de 28 de janeiro de 2011, Ministério do Trabalho e Emprego, Brasil. Acessado em 05 de abril de 2014. Disponível em:
[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20\(atualizada_2011\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20(atualizada_2011).pdf).

OGA, S. CAMARGO, M.M.A. BATISTUZZO, J.A.O. (2008). Fundamentos de Toxicologia, 3ª edição, Atheneu Editora, São Paulo, Brasil.

OLSON, K.R. (2014). Manual de Toxicologia Clínica, 6ª edição, AMGH Editora.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT) (2009). A sua saúde e segurança no trabalho: uma coleção de módulos. Perigos para a saúde reprodutiva masculina e feminina no local de trabalho. Bureau para as Atividades dos Trabalhadores. Bureau Internacional do Trabalho, Genebra.

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (OCDE) (2000). Strategic Waste Prevention, OECD Reference Manual.

OTTOBONI, A. SOUZA, I. MEMON, G. SILVA, R. (1998). Efficiency of Destruction of Waste Used in the Co-incineration in the Rotary Kilns. *In: Energy Conversion and Management*, 39, 16-18, pp. 1889-1909.

PHILIPPI JR, A. (2005). Saneamento, Saúde e Ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, São Paulo, Ed. Manole.

PR ANÁLISE - ANÁLISES E PESQUISA CLÍNICAS (n.d.). Manual de Toxicologia Ocupacional, Curitiba, Paraná, Brasil.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA) (2012). Convenção da Basileia. Diretrizes Técnicas. Orientações Técnicas Sobre o Coprocessamento Ambientalmente Saudável de Resíduos Perigosos em Fornos de Cimento.

ROMEIRO, V. (1980). Semiologia Médica, 12ª edição, vol. 1, Editora Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil.

SALOMON, V. G. (2002). Avaliação dos Efeitos da Presença de Metais Pesados nos Resíduos Co-processados Quando Utilizados como Combustíveis Alternativos e Matéria-Prima na Indústria Cimenteira, Dissertação Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI

SALTZMAN, B.E. (2001). Lognormal model for determining dose-response curves from epidemiological data and for health risk assessment.

SANTI, A.M.M. FILHO, O.S. (2004). Combustíveis e riscos ambientais na fabricação de cimento; casos na Região do Calcário ao Norte de Belo Horizonte e possíveis generalizações. II Encontro Nacional De Pós-Graduação E Pesquisa Em Ambiente E Sociedade – Anppas, Campinas.

SANTOS, A.B.M (2011). O Turismo e a Percepção dos seus Impactes pela Comunidade Local – O Caso da Ilha do Sal, Cabo Verde. Dissertação de Mestrado em Cidadania Ambiental e Participação. Universidade Aberta, Lisboa.

SECIL (2007) – Estudo de Impacto Ambiental da Co-incineração de Resíduos Industriais Perigosos na Fábrica Secil-Outão.

SILVA, R. J. (1994). Análise Energética de Plantas de Produção de Cimento Portland, Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas.

SIMÃO, J., MÔSSO, A. (2013). Resident's perceptions towards tourism development: the case of Sal Island. *International Journal of Development Issues*. Vol. 12 No. 2, pp. 140-157.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC) (2012). Relatório Anual 2012-13.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC) (2013). Press Kit 2013.

SOUSA, M. J., BAPTISTA, C. S. (2011). Como fazer investigação, dissertações, teses e relatórios segundo Bolonha. Factor - Edições de Ciências Sociais e Política e Contemporânea, Lisboa.

STRAZZA, C. DEL BORGHI, A. GALLO, M. DEL BORGHI, M. (2011). Resource productivity enhancement as means for promoting cleaner production: analysis of co-incineration in cement plants through a life cycle approach , *Journal of Cleaner Production*, vol.19(14), pp.1615-1621.

THE EUROPEAN CEMENT ASSOCIATION (CEMBUREAU) (1999). Environmental Benefits of Using Alternative Fuels in Cement Production: A Life-cycle Approach.

THE EUROPEAN CEMENT ASSOCIATION (CEMBUREAU) (2009). Sustainable Cement Production: Co-processing of Alternative Fuels and Raw Materials in the European Cement Industry.

TOCCHETTO, M.R.L. (2005). Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais.. Departamento de Química – CCNE. Curso de Química Industrial. Universidade Federal de Santa Maria.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT & DEVELOPMENT (UNCED) (1992). Agenda 21.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP) (2007). Estratégias de Amostragem. PECE – Programa de Educação Continuada, Pós-Graduação em Higiene Ocupacional, Escola Politécnica da USP, 5ª Edição, São Paulo, Brasil.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP) (2008a). Doenças Ocupacionais, Toxicologia e Epidemiologia. PECE – Programa de Educação Continuada, Pós-Graduação em Higiene Ocupacional, Escola Politécnica da USP, 5ª Edição, São Paulo, Brasil.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP) (2008b). Agentes Químicos I e Ergonomia. PECE – Programa de Educação Continuada, Pós-Graduação em Higiene Ocupacional, Escola Politécnica da USP, 5ª Edição, São Paulo, Brasil.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC) (2013). O uso de questionários em trabalhos científicos. Departamento de Informática e Estatística.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO (UFES) (2005). Equipamentos de Controle de Poluição do Ar. Gestão Ambiental, Tecnologias Ambientais, módulo VI.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ) (n.d.a). *Toxicologia – Módulo X. Fundamentos de Toxicologia*. Núcleo de Estudos de Saúde Coletiva da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Acessado em 10 de abril de 2014. Disponível em: <http://ltc.nutes.ufrj.br/toxicologia/mIII.fase23.htm>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ) (n.d.b). *Toxicologia – Módulo III. Envenenamento por Metais - Mercúrio*. Núcleo de Estudos de Saúde Coletiva da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Acessado em 12 de novembro de 2014. Disponível em: <http://ltc.nutes.ufrj.br/toxicologia/mX.merc.htm>.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD) (2005). Guidelines for the Selection and Use of Fuels and Raw Materials in the Cement Manufacturing Process. Cement Sustainability Initiative (CSI).

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED)
(1987). Our Common Future.

WORLD SUMMIT ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WSSD) (2002). Plan of
Implementation .

ANEXO

ANEXO 1 – Questionário Aplicado aos Inquiridos

Questionário n° _____

Bom dia,

Este questionário integra-se em um trabalho de investigação para Tese de Mestrado “**COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS PERIGOSOS EM UMA INDÚSTRIA CIMENTEIRA NO BRASIL: A PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES E ASPECTOS DE SAÚDE OCUPACIONAL**”, onde pretende-se conhecer a percepção por parte dos trabalhadores desta indústria, sobre aspectos ambientais, econômicos, sociais e de saúde, relacionados ao coprocessamento de resíduos na fabricação de cimento. Agradeço que possa colaborar respondendo a algumas perguntas. O questionário é anônimo, com questões simples e de resposta rápida.

Dados de identificação

Sexo:

() Masculino

() Feminino

Idade: _____ anos completos.

Grau de instrução:

() Analfabeto

() Ensino fundamental

() Ensino médio

() Universitário

() Pós-graduação

Cargo/Função: _____ Setor: _____

Tempo de Trabalho nesta Empresa: _____ anos completos.

Já trabalhou no setor de coprocessamento de resíduos?

() Sim. Por quantos anos: _____

() Não

Fumante?

Sim()

Não()

Ex-fumante(). Parou há quantos anos? _____

Consome bebida alcoólica?

Não()

Sim()

Qual tipo de bebida? _____

Quantidade ingerida por dia ou por semana ou por mês: _____

Faz uso de medicamento de forma contínua?

Não()

Sim().

Qual(is)

medicação(ões)? _____

Dose por

dia: _____

Portador de alguma das doenças ou alterações abaixo?

() Pressão alta

() Diabetes

() Asma

() Depressão/Ansiedade

() Colesterol ou triglicerídeos elevados

() Ácido úrico elevado

() Doenças da coluna vertebral

() Outras que você

saiba _____

() Nenhuma

1

QUESTÕES

Marque com um X uma opção para cada questão

I) Em relação ao que vem acontecendo nos últimos anos na Fábrica:

		Piorou Muito	Piorou	Não mudou	Melhorou	Melhorou muito	Não sei
I.1	A poluição do ar						
I.2	A poluição sonora (ruído)						
I.3	Minha saúde						
I.4	A saúde de meus colegas de trabalho						
I.5	As condições de trabalho e segurança						
I.6	As oportunidades de emprego para novos trabalhadores						
I.7	As minhas oportunidades de crescimento no emprego						
I.8	O empenho da companhia para						

	com a proteção do meio ambiente						
--	---------------------------------	--	--	--	--	--	--

II) Marque com um X uma opção para cada questão:

		Nenhum(a) (as)	Pouco(a) (as)	Regular (es)	Bom(a)(as)	Ótimo(a) (as)	Não sei
II.1	O meu conhecimento sobre o coprocessamento é						
II.2	Em minha casa, o conhecimento de meus familiares sobre o coprocessamento é						
II.3	No meu bairro, o conhecimento de meus vizinhos sobre o coprocessamento é						
II.4	Em minha cidade, o conhecimento das pessoas sobre o coprocessamento é						
II.5	As informações que a indústria presta à população a respeito do coprocessamento são						
II.6	O cuidado da indústria com a saúde e segurança de seus trabalhadores é						
II.7	A participação ativa da população vizinha nas decisões e questões que envolvem o coprocessamento é						
II.8	A preparação (cursos e treinamentos) oferecida pela empresa para que eu desempenhe de forma adequada e segura minhas atividades ocupacionais é						

III) Marque com um X uma opção para cada questão

		Discorda (am) totalmente	Discorda (am) em parte	Não concorda (am) nem discordo (am)	Concorda (am) em parte	Concorda (am) totalmente	Não sei
III.1	A respeito da prática do coprocessamento, você						
III.2	A respeito do coprocessamento, percebe que as pessoas em geral						

IV) Marque com um X uma opção para cada questão

		Muito negativos	Negativos	Neutros	Positivos	Muito positivos	Não sei
IV.1	Você entende que para o meio ambiente, o coprocessamento causa efeitos						
IV.2	Para a saúde das comunidades no entorno da fábrica, o						

	coprocessamento causa efeitos						
--	-------------------------------	--	--	--	--	--	--

V) Marque somente uma opção do lado direito e também somente uma opção do lado esquerdo das tabelas a seguir. Nesta sessão, não fique constrangido em ser bastante sincero e usar o seu entendimento nas respostas dadas, a fim de contribuir para um diagnóstico final compatível com a realidade existente

V.1)Sigo os procedimentos de segurança do trabalho da empresa:

O que acontece					O que deveria acontecer				
Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre	Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre

V.2)Realizo os exames médicos conforme programa de saúde do trabalhador da empresa:

O que acontece					O que deveria acontecer				
Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre	Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre

V.3)Questiono e interrompo um trabalho quando não é seguro, e tem potencial de ocasionar acidente:

O que acontece					O que deveria acontecer				
Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre	Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre

V.4)Questiono e interrompo um trabalho quando tem potencial de causar danos à minha saúde:

O que acontece					O que deveria acontecer				
Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre	Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre

V.5)Cumpro e frequento os treinamentos e cursos oferecidos pela empresa para meu aperfeiçoamento técnico:

O que acontece					O que deveria acontecer				
Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre	Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre

V.6)Procuo assistência médica quando percebo um problema de saúde

O que acontece					O que deveria acontecer				
Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre	Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre

V.7)Procuo assistência médica mesmo sem apresentar um problema de saúde, mas para uma consulta preventiva

O que acontece					O que deveria acontecer				
Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre	Nunca	Quase nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre

VI) Na questão a seguir, você poderá marcar quantas respostas (alternativas) quiser:

VI.1) A fábrica pratica o coprocessamento com a intenção de:

Obter lucros	
Promover o desenvolvimento sustentável	
Participar da destinação final dos resíduos industriais	
Contribuir para preservação do meio ambiente	
Fabricar cimento de forma sustentável	
Economizar combustíveis derivados do petróleo	
Economizar matérias-primas para produção de cimento	
Tornar-se mais competitiva no mercado de vendas	
Cumprir a legislação	
Não sei responder	
Outro(s) motivo(s) que queira indicar:	

VII) Não é obrigatório, mas caso queira, a seguir poderá escrever (de forma resumida em algumas linhas) sobre algum aspecto relacionado ao coprocessamento na Fábrica em que trabalha o qual não tenha sido abordado neste questionário, e que gostaria de expor sua opinião a respeito:

Obrigado pela sua valiosa colaboração!
