

**A INTERVENÇÃO TÉCNICA EM PEQUENAS INDÚSTRIAS DE
FABRICAÇÃO E REFORMA DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS: PROPOSTA
PARA MELHORIA DA QUALIDADE DO AR E PRESERVAÇÃO DA SAÚDE
DO TRABALHADOR**

Por

JÚLIO DOMINGOS NUNES FORTES

Tese apresentada à
Escola Nacional de Saúde Pública da
Fundação Oswaldo Cruz (ENSP/FIOCRUZ)
como requisito parcial à obtenção do
título de Doutor em Ciências na área de Saúde Pública

Junho, 2003

**A INTERVENÇÃO TÉCNICA EM PEQUENAS INDÚSTRIAS DE
FABRICAÇÃO E REFORMA DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS -
PROPOSTA PARA MELHORIA DA QUALIDADE DO AR E PRESERVAÇÃO
DA SAÚDE DO TRABALHADOR**

JÚLIO DOMINGOS NUNES FORTES

Tese apresentada à
Escola Nacional de Saúde Pública da
Fundação Oswaldo Cruz (ENSP/FIOCRUZ)
como requisito parcial à obtenção do
título de Doutor em Ciências na área de Saúde Pública

**ORIENTADOR:
PROF. DR. UBIRAJARA ALUIZIO DE OLIVEIRA MATTOS**

Rio de Janeiro, junho, 2003

Tese:

**A INTERVENÇÃO TÉCNICA EM PEQUENAS INDÚSTRIAS DE
FABRICAÇÃO E REFORMA DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS -
PROPOSTA PARA MELHORIA DA QUALIDADE DO AR E PRESERVAÇÃO
DA SAÚDE DO TRABALHADOR**

Apresentada por:

JÚLIO DOMINGOS NUNES FORTES

Banca Examinadora:

Dr. Oswaldo Luiz Gonçalves Quelhas
UFF

Dr. Elmo Rodrigues Silva
UERJ

Dr. Odir Clécio Roque
ENSP/FIOCRUZ

Dr. Josino Costa Moreira
ENSP/FIOCRUZ

Dr. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos
- Orientador -
ENSP/FIOCRUZ

Catálogo na fonte

Centro de Informação Científica e Tecnológica

Biblioteca Lincoln de Freitas Filho

F738i Fortes, Júlio Domingos Nunes

A intervenção técnica em pequenas indústrias de fabricação e reforma de baterias chumbo-ácidas: proposta para melhoria da qualidade do ar e preservação da saúde o trabalhador. / Júlio Domingos Nunes Fortes. Rio de Janeiro : s.n., 2003.

112p., ilus., tab.

Orientador: Mattos, Ubirajara Aluizio de Oliveira

Tese de Doutorado apresentada a Escola Nacional de Saúde Pública.

1.Exposição Ocupacional 2.Saúde Ocupacional
3.Intoxicação por Chumbo 4.Metalurgia. 5.Poluição Industrial. I.Título.

Dedico este trabalho àqueles que têm sido a motivação permanente de todas as ambições de lutas e conquistas de minha vida: minha mulher Janny, minha filha Juliane e meus filhos Joney, Daniela, Janine e Marcelo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço

À minha mulher e grande amiga Janny Linhares Fortes, pelo incentivo, paciência, apoio e dedicação que tanto contribuiu para as decisões do desafio que representava esta pesquisa quanto no período de sua realização;

Aos meus pais, por tudo que para mim representam;

Ao mestre e grande amigo Ubirajara Mattos, meu orientador que me apoiou na abertura de caminhos e nos momentos mais difíceis, por ter acreditado e por me fazer acreditar;

Aos professores Josino Costa, Odir Clécio, Osvaldo Quelhas e Elmo Rodrigues pela atenção, paciência, orientação e sugestões na leitura e apresentação final deste trabalho;

Aos professores da ENSP/FIOCRUZ, em especial Fermin Roland Schramm, Ary Carvalho de Miranda, Eduardo Navarro Stotz, Marcelo Firpo, Carlos Minayo, William Waissmann e, em especial, Miguel de Simoni, que contribuíram muito para construção deste estudo;

Aos funcionários do CESTEJ, em especial Luiz Sérgio Cardoso dos Santos, que tanto colaboraram na concretização deste trabalho;

Aos pesquisadores Rita Mattos e Ulisses César Araújo que nos abriram caminho para o campo da pesquisa nas indústrias de baterias;

Aos amigos da UERJ, em especial Prof. Maurício Reis que tanto me incentivaram nas atividades necessárias ao longo da pesquisa e sempre dispostos a colaborar;

A todos amigos que direta ou indiretamente participaram deste trabalho pelo apoio e incentivo contínuo nos momentos mais necessários;

Às empresas Multitex Indústria e Comércio LTDA, IBEG Engenharia e Construções LTDA que tornaram possível as experiências colocadas em prática por colaboração na construção do protótipo.

RESUMO

Os estudos foram centrados na compreensão de que os ambientes das empresas de pequeno porte, com potencial produtivo transformador de matérias primas básicas, opera muitas vezes em condições em que o trabalho se desenvolve sob concentração de poluentes acima de valores aceitáveis, impondo ao trabalhador o comprometimento de sua saúde. Estes trabalhadores se submetem a tais condições devido às pressões sociais a que estão sujeitos. A aplicação às fábricas de baterias chumbo-ácidas resultou da simplicidade do processo de produção, com uso de mão de obra de baixa qualificação. Buscou-se dotar o ambiente de trabalho destas empresas de um sistema de ventilação geral diluidora que procedesse ao abaixamento da concentração dos contaminantes gerados no processo de trabalho, de modo que sejam satisfatórias as condições de qualidade do ar dos ambientes internos, em termos de saúde do trabalhador. O ar repassado ao exterior, deverá atender aos limites conhecidos de salvaguarda da saúde pública. O modelo desenvolvido mostrou capacidade de controlar o ar interno, circulante, nas fabricas de baterias chumbo-ácidas, mantendo-o dentro dos limites aceitáveis. Resultou de um conjunto de pesquisas, onde se conciliou a base teórica, a experiência conhecida, os materiais e equipamentos existentes no mercado brasileiro e os recursos de apoio para implantação. As experiências realizadas no Laboratório de Ventilação/Exaustão do CESTE/ FIOCRUZ abrem a possibilidade de estudos adicionais ainda mais promissores.

Palavras-chave: ventilação/exaustão, poluição industrial, saneamento ambiental, saúde ocupacional, baterias chumbo-ácidas.

ABSTRACT

The present study is focused on the awareness that working environments of small-sized companies, with productive potential for the processing of basic raw materials, operate, in many cases, under conditions in which the work being developed produces levels of pollutant concentrations that are much higher than the acceptable values, thus imposing on workers the threat of health-related risks. Those workers submit to such conditions due to social pressures which are imposed on them. The application of this study to manufacturers of lead-acid batteries resulted from the simplicity of the production process, with the employment of low-skilled manpower. The primary aim of the project was to provide workroom areas of such plant facilities with a system of general dilution ventilation to promote the reduction of concentration levels of contaminants, generated during the working process, in order to supply satisfactory conditions of indoor air quality in terms of worker's health. The limits of air flow exhausted to the outside will abide by standard public health safeguards. The model designed for the project proved itself effective in controlling indoor air quality circulating within workroom areas of manufacturers of lead-acid batteries, keeping it at acceptable levels. This project results from a set of researches that reconciled theoretical foundation, observed experience, materials and equipments available in the Brazilian market with support resources for implantation. The experiments performed in the CESTE/ FIOCRUZ Ventilation/Exhaustion Laboratory allow for further and even more promising studies.

Key words: ventilation/exhaustion; industrial pollution; work-related disorders; environmental sanitation; occupational health; lead-acid batteries.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
1.1. Caracterização do problema.	1
1.1.1. Hipóteses visualizadas	2
1.1.2. Limites de aplicação	3
1.2. Objetivos	3
1.3. Metodologia	4
1.4. Justificativa	6
1.5. Relevância	7
1.6. Gerência do projeto	7
1.7. Desenvolvimento do texto	7
CAPÍTULO 2: BASES CONCEITUAIS: A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E SUAS CONSEQUÊNCIAS SOBRE O MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL.	9
2.1. Poluição do ar nos ambientes internos e os seus efeitos na saúde do trabalhador.	10
2.2. Concentrações de poluentes em ambientes internos.	13
2.2.1. Considerações quanto as concentrações de contaminante	15
2.2.2. Produção de um mesmo contaminante a diferentes concentrações nos ambientes industriais internos	21
2.3. Sistema de ventilação geral diluidora: circuito básico e componentes.	21
2.3.1. Técnicas e procedimentos de projeto para implantação	22
2.3.2. Custos de implantação, operação e manutenção dos sistemas de ventilação geral diluidora	26
2.4. A segmentação do mercado e sua influência no mercado de trabalho.	30
2.5. A questão dos riscos ambientais nas empresas de pequeno porte do setor industrial.	32
2.6. Tendências e diretrizes possíveis para o setor das pequenas e médias empresas do segmento.	35
2.6.1. Tendências	35
2.6.2. Diretrizes propostas	36
CAPÍTULO 3: AS FÁBRICAS DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS	37
3.1. O Chumbo e seus efeitos: considerações iniciais.	38
3.2. Características gerais das fábricas de baterias chumbo-ácidas.	38
3.2.1. As baterias chumbo-ácidas	39
3.2.2. O processo de produção.	41
3.2.3. A questão do trabalhador no processo de produção.	44
3.3. Diretrizes técnicas internacionais para reciclagem de baterias.	46
3.3.1. Medidas aprovadas para tornar a reciclagem de baterias mais seguras.	47
3.3.2. Tendências para o futuro.	47
3.4. Sistema de retenção de poluentes recomendado para a indústria de reciclagem de baterias chumbo-ácidas.	48
CAPÍTULO 4: EFEITOS DOS CONTAMINANTES QUÍMICOS SOBRE O HOMEM COM FOCO NO CHUMBO	51
4.1. Efeitos fisiológicos dos contaminantes.	51
4.2. Efeitos sobre o sistema respiratório.	53
4.3. Relações de causa e efeito no processo de trabalho.	54

4.4. Limites de tolerância.	54
4.5. Os efeitos do chumbo nas fábricas de baterias do tipo chumbo-ácidas.	55
4.5.1. O chumbo como elemento químico.	56
4.5.2. O chumbo no ambiente de trabalho.	57
4.5.3. Chumbo: limites de tolerância.	58
4.5.4. O chumbo como contaminante da saúde.	59
4.5.4.1. As formas de absorção.	60
4.5.4.2. Manifestações clínicas e efeitos adversos.	61
4.6. Indicadores biológicos dos efeitos do chumbo sobre os trabalhadores para controle ambiental.	63
<i>CAPÍTULO 5: PESQUISA DE NOVOS MATERIAIS PARA USO NOS DUTOS DOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO / EXAUSTÃO DAS EMPRESAS DE PEQUENO PORTE DO TIPO FÁBRICAS DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS</i>	66
5.1 Objetivos.	67
5.2 Ventilação e exaustão: fundamentos teóricos.	68
5.3 Testes experimentais.	69
5.4 Procedimento.	69
5.5 Resultados.	73
5.5.1. Lista de Centros de Pesquisa.	73
5.5.2. Materiais encontrados.	76
5.5.3. Resultados do teste experimental básico.	77
5.6 Comentários.	80
<i>CAPÍTULO 6: SISTEMA PADRÃO DE VENTILAÇÃO GERAL DILUIDORA PARA MICRO, PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS DE FABRICAÇÃO DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS</i>	83
6.1. Disposição do prédio de produção no lote de implantação.	84
6.2. A Questão do arranjo físico da área de produção.	86
6.2.1. Disposição de bancadas de trabalho, máquinas e equipamentos.	87
6.2.2. Disposição de áreas complementares e setores de apoio.	88
6.3. Proposta de um sistema padrão de ventilação geral diluidora.	89
6.3.1. Concepção.	89
6.3.2. Sistema proposto.	90
6.3.3. Implantação em laboratório.	93
6.3.4. Resultados.	96
6.3.5. Custos.	97
6.3.5.1. Custos absolutos.	98
6.3.5.2. Custos relativos ao patrimônio, receita bruta mensal e receita bruta anual.	100
6.4. Limitações operacionais e recomendações	100
<i>CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES</i>	102
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	106
<i>ANEXO 1 – POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA</i>	A1-1
A.1.1 Caracterização histórica do período recente.	A1-1
A.1.2 Desenvolvimento e sustentabilidade.	A1-3
A.1.3 O problema da poluição atmosférica.	A1-3
A.1.4 Qualidade do ar e suas alterações.	A1-4
A.1.5 Poluição atmosférica: conceituação.	A1-6
A.1.6 Poluição atmosférica: aplicação:	A1-7

A.1.7	Características ambientais da atmosfera e suas conseqüências sobre o meio ambiente.	A1-8
ANEXO 2 - ESCOAMENTO DOS FLUIDOS: BASES CONCEITUAIS.		
A.2.1	Princípios, parâmetros e grandezas fundamentais.	A2-1
A.2.2	Ventilação geral.	A2-5
A2.2.1.	Ventilação geral diluidora.	A2-10
A2.2.2.	Ventilação local.	A2-11
A.2.3	Implantação de sistemas de ventilação geral diluidora.	A2-12
A.2.4	Objetivos.	A2-12
ANEXO 3 - AS PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS: SEU PAPEL NA SOCIEDADE		
A.3.1	Os efeitos da globalização sobre as sociedades, com foco no trabalho.	A3-1
A.3.2	Saúde e trabalho com ênfase no período moderno.	A3-2
A.3.3	Visão sócio - econômica do mundo contemporâneo e seus reflexos no trabalho, saúde e ambiente nas empresas.	A3-5
A.3.4	A área do trabalho no Brasil.	A3-7
A.3.5	A área de saúde do trabalho no Brasil.	A3-9
A.3.6	O ambiente de trabalho.	A3-11
A.3.7	Papel do Estado com relação ao campo do trabalho e suas implicações na saúde: políticas e estratégias.	A3-12
ANEXO 4 - ORIENTAÇÕES TÉCNICAS PARA UM CONTROLE AMBIENTALMENTE SAUDÁVEL DE BATERIAS CHUMBO- ÁCIDAS		
A.4.1.	Diretrizes técnicas internacionais para reciclagem de baterias.	A4-1
A4.1.1.	De reciclagem das baterias:	A4-1
A4.1.2.	Procedimentos para controle ambiental.	A4-2
ANEXO 5 - NORMAS REGULAMENTADORAS		
ANEXO 6 - APLICATIVO PARA CALCULO DAS PERDAS DE CARGA		
A.6.1.	Objetivos	A6-1
A.6.2.	Definição do modelo utilizado.	A6-1
A.6.3.	Operação do software.	A6-2
A.6.4.	Testes.	A6-3
A.6.5.	Resultados.	A6-4
A.6.6.	Conclusões.	A6-6
A.6.7.	Bibliografia.	A6-6
A.6.8.	Anexo.	A6-7

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.1. - Esquema combinado das concentrações externa e interna em um ambiente</i>	12
<i>Figura 2.2 - Situação básica de um ambiente de produção.</i>	16
<i>Figura 2.3 – Variação das concentrações de contaminantes para as situações de produção contínua e descontínua.</i>	19
<i>Figura 2.4 – Esquema de um sistema geral de ventilação diluidora</i>	22
<i>Figura 2.5 – Fluxograma de inspeção para avaliação de poluição externa e interna.</i>	23
<i>Figura 2.6 - Diversas situações de ventilação geral diluidora para ambientes industriais.</i>	24
<i>Figura 2.7 – Desenho esquemático simplificado de um sistema de ventilação geral diluidora com exaustão em ambientes com produção de contaminantes.</i>	25
<i>Figura 2.8 - Evolução dos dados de acidentes de trabalho registrados, por motivo e por regiões - 1999 a 2001- comparados aos dados de 1997</i>	34
<i>Figura 3.1 – Esquema de uma bateria do tipo chumbo-ácida.</i>	40
<i>Figura 3.2 – Montagem das placas.</i>	42
<i>Figura 3.3 – Soldagem das placas de chumbo para instalação dos pinos.</i>	43
<i>Figura 5.1 – Vista geral do laboratório de ventilação/exaustão implantado no CESTE/ FIOCRUZ</i>	71
<i>Figura 5.2 – Instalação para medições de velocidade à entrada do captor para avaliação das perdas de energia.</i>	71
<i>Figura 5.3 Vista do Anemomaster instalado para medições de velocidade nos captores em laboratório.</i>	72
<i>Figura 5.4 – Vista ampliada do sensor para medição de velocidade, temperatura e umidade relativa do ar.</i>	73
<i>Figura 5.5 - Gráfico de distribuição das velocidades de captura à entrada do captor.</i>	77
<i>Figura 6.1- Ações da pressão e temperatura em função da altura de um prédio.</i>	84
<i>Figura 6.2 – Massas de ar à entrada e saída do edifício ressaltando os diferenciais de pressão.</i>	86
<i>Figura 6.3 Esquema do sistema proposto para implantação de Ventilação Geral Diluidora em fábricas de baterias do tipo chumbo-ácidas.</i>	91
<i>Figura 6.4 – Desenho do sistema de ventilação geral diluidora para implantação em fábricas de baterias do tipo chumbo-ácida.</i>	92
<i>Figura 6.5 – Layout de disposição dos pontos de medições de velocidades.</i>	94
<i>Figura 6.6 – Visão geral do sistema.</i>	95
<i>Figura 6.7 – Captor alternativo em operação.</i>	95
<i>Figura 6.8 – Captor alternativo em operação.</i>	95
<i>Figura 6.9 – Captor do tipo fenda (slot)</i>	95

<i>Figura 6.10 – Comparação das velocidades nas situações com e sem sistema de ventilação geral diluidora.</i>	96
<i>Figura A2.1 – Efeitos da chaminé sobre o vento exterior gerando realimentação para o próprio ambiente.</i>	A2-6
<i>Figura A2.2 - Caracterização das correntes de ar em uma seção transversal de uma fábrica.</i>	A2-7
<i>Figura A2.3 - Diversas situações de ventilação geral diluidora para ambientes industriais.</i>	A2-10
<i>Figura A2.4 – Esquema simplificado de um sistema de ventilação geral diluidora</i>	A2-11
<i>Figura A6.1 – Como utilizar o programa (Software Perda em Dutos, 1999)</i>	A6-3
<i>Figura A6.2 – Cálculos do programa, primeira etapa (Software Perda em Dutos, 1999)</i>	A6-4
<i>Figura A6.3 – Cálculos do programa: determinação da perda de carga (Software Perda em Dutos, 1999)</i>	A6-5

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 2.1 - Variações relativas da densidade do ar em função da temperatura e da altitude. (temperatura em graus Celcius e altitude em metros)</i>	14
<i>Tabela 2.2 - Valores característicos para produção intermitente</i>	18
<i>Tabela 2.3 – Acidentes de trabalho registrados, por motivo, por regiões em 1997.</i>	33
<i>Tabela 4.1 - Tipos de poeiras associadas ao sistema respiratório. (classificação pelo diâmetro médio em μ)</i>	54
<i>Tabela 4.2 - Limites de tolerância de chumbo no ar em mg/m^3 por instituição</i>	59
<i>Tabela 4.3 - Limites biológicos de exposição ao chumbo p_b-s em $\mu g/dl$ adotados no brasil, em comparação com alguns outros países</i>	64
<i>Tabela 5.1 - Resumo de localização dos centros de pesquisa contactados por região e por estado, identificados por suas siglas.</i>	76
<i>Tabela 5.2 - Materiais pesquisados para sistemas de ventilação/exaustão</i>	76
<i>Tabela 5.3 - Matriz de levantamento dos materiais pesquisados com os parâmetros respectivos (1/3).</i>	78
<i>Tabela 5.3 - Matriz de levantamento dos materiais pesquisados com os parâmetros respectivos (2/3).</i>	79
<i>Tabela 5.3 - Matriz de levantamento dos materiais pesquisados com os parâmetros respectivos (1/3).</i>	80
<i>Tabela 6.1 - Circulação do ar com exaustão e insuflamento</i>	95
<i>Tabela 6.2 - Circulação do ar sem o sistema de ventilação/exaustão</i>	95
<i>Tabela 6.3 Composição do custo total de investimento em Reais (R\$)</i>	98
<i>Tabela 6.4 Custo total anual de operação e manutenção em Reais (R\$)</i>	99
<i>Tabela A1.1 - Características do ar seco e úmido em condições normais (isentos de poluição)</i>	A1-4
<i>Tabela A1.2 - Padrões nacionais de qualidade do ar atmosférico</i>	A1-5
<i>Tabela A1.3 - Padrões qualidade do ar – estado do Rio de Janeiro</i>	A1-6
<i>Tabela A1.4 - Emissões estimadas de metais para a atmosfera, geradas por fontes naturais e antropogênicas (x 1000 ton/ano)</i>	A1-10
<i>Tabela A2.1 - Renovação de ar necessária por ambiente</i>	A2-9
<i>Tabela A5.1 - Valores limites máximos para poeiras, fumaças e neblinas tóxicas - ACGIH (1/3)</i>	A5-2
<i>Tabela A5.1 - Valores limites máximos para poeiras, fumaças neblinas tóxicas - ACGIH (2/3)</i>	A5-3
<i>Tabela A5.1 - Valores limites máximos para poeiras, fumaças e neblinas tóxicas - ACGIH (3/3)</i>	A5-4
<i>Tabela A5.2 - Órgãos afetados, doenças e outros males causados por alguns produtos químicos largamente fabricados e empregados (1/2)</i>	A5-5
<i>Tabela A5.2 - Órgãos afetados, doenças e outros males causados por alguns produtos químicos largamente fabricados e empregados (2/2)</i>	A5-6

<i>Tabela A5.3 - Concentrações consideradas como fatais ao homem expressas em ppm</i>	<i>A5-6</i>
<i>Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (1/7)</i>	<i>A5-7</i>
<i>Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (2/7)</i>	<i>A5-8</i>
<i>Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (3/7)</i>	<i>A5-9</i>
<i>Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (4/7)</i>	<i>A5-10</i>
<i>Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (5/7)</i>	<i>A5-11</i>
<i>Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (6/7)</i>	<i>A5-12</i>
<i>Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (7/7)</i>	<i>A5-13</i>
<i>Tabela A6.1 - Avaliação percentual dos resultados</i>	<i>A6-5</i>

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 2.1 - Efeitos potenciais de poluentes gerados em domicílio, por queima de combustíveis de biomassa, resultante de levantamento realizado nos países em desenvolvimento.</i>	<i>11</i>
<i>Quadro 2.2 – Custo inicial total (CIT)</i>	<i>28</i>
<i>Quadro 2.3 – Custos totais anual de operação e manutenção (CTA)</i>	<i>29</i>
<i>Quadro 4.1 - Classificação clínica das doenças ocupacionais pulmonares:.</i>	<i>53</i>
<i>Quadro 4.2 – Sinais vitais dos efeitos do chumbo no organismo humano segundo o grau de comprometimento.</i>	<i>62</i>
<i>Quadro A1.1 – Principais fontes de aerossóis e gases atmosféricos inorgânicos</i>	<i>A1-9</i>
<i>Quadro A1.2 – Principais fontes de poluição e poluentes encontrados na atmosfera</i>	<i>A1-11</i>
<i>Quadro A1.3 – Poluentes atmosféricos mais freqüentes, suas fontes e impactos.</i>	<i>A1-12</i>
<i>Quadro A6.1 – Comparação dos resultados de cálculo pelos métodos analisados</i>	<i>A6-8</i>

LISTA DE PARÂMETROS

φ - massa específica

γ - peso específico

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ACGIH	- American Conference of Governmental
CESTH	- Centro de Estudos de Saúde do Trabalhador
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
DPOC	- Disfunção Pulmonar Obstrutiva Crônica
ENSP	- Escola Nacional de Saúde Pública
EPA	- Environmental Protection Agency
FEEMA	- Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FIOCRUZ	- Fundação Oswaldo Cruz
GLP	- Gás Liquefeito de Petróleo
IBMP	- Indicador Biológico Máximo Permissível
ISO	- International Standard Organization
JICA	- Japan International Cooperation Agency
LT	- Limite de Tolerância
NR	- Normas Regulamentadoras
OIT	- Organização Internacional do Trabalho
OMS	- Organização Mundial de Saúde
OSHA	- Occupational Safety and Health Administration
PCMSO	- Programa de Controle Médico de Saúde Ambiental
PEA	- População Economicamente Ativa
PEL	- Permissible Exposure Limit
PET	- Politerefitalato de Etileno
PNUMA	- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPRA	- Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PST	- Programa de Saúde dos Trabalhadores
PVC	- Policloreto de Venila
SESMET	- Serviços de Segurança e Medicina do Trabalho
SGA	- Sistema de Gestão Ambienta
STEL	- Short Time Exposure Limit

SUS	- Sistema Único de Saúde
TLV	- Threshold Value Level
TNA	- Time Weighted Average
VGD	- Ventilação Geral Diluidora
VLE	- Ventilação Local Exaustora
VR	- Valores de Referência
VRT	- Valor de Referência Tecnológico

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1. Caracterização do problema.

A partir da década de 70 o mercado mundial iniciou um processo de transformação onde se associaram dois fatores que iriam mexer com o comportamento das sociedades e mais diretamente com o mercado de trabalho, no ponto de vista deste estudo: rápida evolução tecnológica e significativa modificação na acumulação do capital (HARVEY, 1994). Ambos tiveram repercussões em todo o mundo, contribuindo para modificações no mercado mundial, acentuando os efeitos da supremacia do capital. Em consequência disto o mercado de trabalho, entendido como a venda da mão-de-obra, ou seja, capital humano potencial de transformação, foi afetado de modo significativo, no mundo todo. Passou a existir um processo de competição por mercados compradores que ratificou a posição de manter o trabalhador em segundo plano, afetando as formas tradicionais de organização do trabalho. Isto representou uma coincidência perversa para a área do trabalho, por estar em plena ascensão os movimentos trabalhistas e consolidação dos sindicatos (FREITAS et al., 2001).

Com a desvalorização da mão-de-obra, decorrente das novas organizações do trabalho, muitas indústrias passaram a pressionar o trabalhador em busca de valorizar o custo final de produção a níveis ainda mais competitivos. Isto passou a ser um fator de degradação do trabalho (MELO et al., 1998) resultando na submissão do trabalhador as mais diversas condições de trabalho, algumas vezes perversas, quando o ambiente de trabalho leva ao comprometimento da saúde do operariado.

As indústrias de baterias chumbo-ácidas estão incluídas em um segmento do mercado que associa três fatores contribuintes para seu enquadramento, entre as empresas de pequeno porte, onde as condições de trabalho são das mais comprometedoras à saúde do trabalhador: tecnologia muito simples, pequenas áreas de implantação e baixo investimento inicial. Tais ingredientes representam abertura para utilização de mão-de-obra de baixa qualificação e sobretudo, capaz de se submeter às condições ambientais as mais severas, diante da necessidade corrente de emprego.

Por outro lado as ações de fiscalização das autoridades públicas de vigilância sanitária, em seus diversos níveis, não são capazes de agir, cobrindo todo o mercado produtor, diante dos inúmeros e variados casos de empresas implantadas e em implantação.

Analisando o quadro apresentado vê-se que a questão deverá estar centrada em se buscar preservar o segmento produtor, diante da necessidade de manter as empresas existentes, em sendo grandes absorvedoras de mão-de-obra, se procedendo às correções necessárias nos ambientes de trabalho.

Diversos estudos (ARAÚJO et al., 1999; ALHADEFF, 2002, SHUBO et al., 2001) têm apontado na direção do comprometimento ambiental destas indústrias, em resultado do contato com o chumbo, sob diferentes formas, quando do processo de fabricação das baterias. E mais ainda na incapacidade de manter o ambiente isento de contaminação pela dificuldade em se livrar o trabalhador de aspirar ar isento de partículas de chumbo. Como tem sido mostrado na literatura científica o manuseio de peças contendo chumbo pode ser evitado com uso de luvas (equipamento de proteção individual - EPI) sem prejuízo do tato, se escolhidas as luvas adequadas. Entretanto, para o caso da respiração podem se escolhidas máscaras protetoras porém de difícil adaptação e, principalmente, de uso restrito às situações exclusivas de natureza emergencial, para os casos em que o ar ambiente se torne comprometido. Desta forma entende-se que a implantação de um sistema de renovação constante do ar no ambiente de trabalho, implantado a custos razoáveis para o empresário investidor deste segmento de mercado, trará condições ambientais satisfatórias, controlando os valores de concentração do contaminante no ambiente e levando a manter condições ambientais favoráveis à saúde do trabalhador.

1.1.1. Hipóteses visualizadas

Este problema tem sido tratado nas grandes empresas pela implantação de um sistema de ventilação/exaustão completo, ou seja, captando os resíduos gerados junto a cada fonte geradora de contaminação do ar e limpo por dispositivos de descontaminação do ar ambiente, para só então libera-lo para o exterior. Isto, contudo, requer investimentos elevados, não acessíveis ao empreendedor do tipo que investe nas fábricas de baterias chumbo-ácidas de pequeno porte.

Pretende-se pois que a implantação de um sistema de ventilação/exaustão diluidor, instalado no ambiente de trabalho, de modo que haja um fluxo contínuo de ar, dirigido do teto para o piso, significando uma taxa de renovação de ar, diluidora das concentrações das fontes contaminantes, principalmente mantendo o sistema respiratório do trabalhador fora da ação poluidora pelo sentido do fluxo de ar, crie condições ambientais internas saudáveis.

Um sistema do tipo proposto que demande investimento acessível ao empresário, de fácil instalação e manutenção, com materiais existentes no mercado, de forma quase generalizada, seria receptível e, possivelmente, induziria a sua aplicação.

1.1.2. Limites de aplicação

A solução proposta acima visa um segmento do mercado produtor, voltado para as fábricas de baterias chumbo-ácidas, com um produto ou dois no máximo em seu centro produtor, onde os recursos disponíveis são escassos e demandam investimentos concentrados na produção. Isto implica que as retiradas para outros investimentos, ainda que sejam para a melhoria de qualidade do ambiente de trabalho, representam um esforço adicional, algumas vezes insuportável. Entretanto, a meta pretendida de oferta de um ambiente que preserve a saúde do trabalhador, torna-se factível a um empresário consciente de suas responsabilidades para com a sociedade.

Definitivamente o sistema proposto não se destina às grandes empresas, com multiplicidade de produtos, porque o número de fontes geradoras de resíduos poluentes exige solução englobando questões específicas e geral, implicando em elevados recursos financeiros.

Um aspecto que passa a ser uma exigência a mais para aplicação da solução proposta está centrado na questão da limpeza do ar antes de lança-lo no ambiente externo, sobretudo considerando que os valores limites de tolerância – LT's, são mais exigentes que os dos ambientes internos. Isto, contudo, é uma questão que demanda solução de investimento viável, criada pelo sistema proposto, associado a um dispositivo de limpeza do ar interno, antes de envia-lo a chaminé de lançamento na atmosfera.

1.2. Objetivos

Vê-se os objetivos do presente trabalho dividido em duas partes, consideradas as amplitudes respectivas, como mostrado a seguir.

Objetivos gerais, compreendendo a melhoria nas condições de trabalho das fabricas de baterias do tipo chumbo-ácidas pela criação e implantação de um sistema de ventilação/exaustão que proporcione um ambiente de trabalho saudável ao trabalhador.

Objetivos específicos, compreendendo:

- Pesquisa de materiais disponíveis no mercado brasileiro para uso em sistemas de ventilação/exaustão;

- Desenvolvimento de um *software* para avaliação das perdas de energia nos materiais usados no transporte de fluidos gasosos;
- Desenvolvimento de peças especiais para insuflamento e exaustão de sistemas de ventilação/exaustão;
- Levantamento da perda de carga em peças especiais do sistema de ventilação/exaustão para avaliação da carga energética total necessária;
- Levantamento de empresas fornecedoras de ventiladores/exaustores para o mercado produtor de sistemas de ventilação/exaustão disponíveis no Estado do Rio de Janeiro;
- Pesquisa de custo dos sistemas de ventilação/exaustão;
- Desenvolvimento de um sistema de ventilação/exaustão para implantação em empresas de pequeno porte do segmento industrial do ramo metal-mecânico;
- Busca a um dispositivo de limpeza do ar para instalação nos sistemas de ventilação geral diluidora, de forma a preservar o ambiente externo, nos casos em que haja concentração residual acima do valor limite de tolerância aceitável.

Atingidos tais objetivos será possível estabelecer as aplicações possíveis de um sistema de ventilação/exaustão com recursos adequados ao porte das empresas do tipo fábricas de baterias chumbo-ácidas, dotadas de ambiente saudável ao trabalhador, sem reflexos para o exterior.

1.3. Metodologia

Os estudos desenvolvidos fazem parte de um conjunto de pesquisas realizadas no Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana – CESTE/IOC/CRUZ, voltado para os efeitos da exposição ao chumbo, com foco nas fábricas de baterias do tipo chumbo-ácidas e de natureza multidisciplinar. Eles se situam em uma linha de pesquisa que visa a aplicação de métodos de engenharia para a melhoria da qualidade do ar de ambientes interiores.

Os objetivos específicos definem etapas de trabalho com metodologia própria e por isto far-se-á uma abordagem segmentada quanto aos recursos aplicados para se atingir os objetivos propostos. Contudo, adotou-se como base de desenvolvimento a estrutura clássica, compreendendo o levantamento do estado da arte dos sistemas de ventilação/exaustão, a partir de sua base conceitual, segundo o conceito energético. O ponto de partida foi o conjunto de informações disponíveis na bibliografia existente, periódicos e Internet que serviram à composição da bibliografia apresentada ao final do

texto. Procedeu-se a seguir a análise das condições de trabalho nas fábricas de baterias, identificando os problemas envolvidos.

O passo seguinte da pesquisa compreendeu um conjunto de ações envolvendo as seguintes etapas:

- Levantamento de necessidades das fábricas de baterias chumbo-ácidas. Partiu-se do conjunto de empresas levantadas no município do Rio de Janeiro e outros municípios vizinhos, do qual foram consideradas três fábricas, como representantes do conjunto levantado, tanto por reunir maior número de pontos comuns (tais como características de localização, número de empregados, área total, produção e outros) quanto por facilidade de acesso e receptividade ao processo de pesquisa proposto. (ARAÚJO et ali, 1999)
- Diagnóstico. Compreendeu o estudo do ambiente de produção, a identificação dos postos de trabalho, as condições em que se realizavam as atividades dos operários das fábricas, sob o ponto de vista do sistema de circulação de ar, identificação e localização das fontes geradoras de poluentes e suas possíveis implicações sobre a saúde dos operários.
- Solução. Identificação das modificações necessárias a serem introduzidas no sistema de circulação de ar das áreas de produção das fábricas, para proporcionar condições satisfatórias ao desempenho das atividades laborais em ambiente saudável. A partir deste ponto buscou-se projetar e construir um sistema, capaz de atender as exigências de qualidade do ar apropriado aos ambientes das fábricas de baterias e de baixo custo de implantação e manutenção.
- Implantação. Compreendeu a construção do sistema desenvolvido no laboratório de ventilação/exaustão para comprovação por testes experimentais.
- Avaliação. Os testes aplicados ao sistema implantado em laboratório demonstraram a eficácia da solução aplicada e sua eficiência em termos dos objetivos. A questão das particularidades dos ambiente de cada fábrica seria superada pela configuração de caracter modular ao protótipo construído em laboratório.

As pesquisas de materiais, custos e de empresas fornecedoras de equipamentos foram feitas com o preparo de um questionário prévio do tipo aberto para suporte, interpretação e análise dos levantamentos realizados.

As pesquisas de peças específicas (insufladores e exaustores) bem como outras partes do sistema, foram feitas por testes experimentais, com suporte do Laboratório de Ventilação e Exaustão disponível no Centro de Estudos de Saúde do Trabalho e Ecologia Humana – CESTEHE, da FIOCRUZ. Ele conta com equipamentos de medição e instalações para testes experimentais do tipo ventilação/exaustão, implantado por convênio com a Japan International Cooperation Agency – JICA que monitora suas aplicações.

Os trabalhos em seu conjunto foram desenvolvidos sem suporte econômico-financeiro institucional tendo sido os aportes de recursos, quando necessários, providos pelo próprio pesquisador.

1.4. Justificativa

A busca pela melhoria da qualidade ambiental de um segmento industrial absorvedor intenso de mão-de-obra seria suficiente para justificar o desenvolvimento da pesquisa. Entretanto, a procura de soluções para melhoria da qualidade do ar em ambientes industriais das empresas de pequeno porte, que demandam muitos trabalhadores, utilizados muitas vezes como parte ocasional e desinteressada dos trabalhos em curso, dá à pesquisa uma conotação especial, diante da importância que vem assumindo o estudo dos ambientes interiores das indústrias, a partir da Segunda Grande Guerra (SAMET & SPENGLER, 1991).

No Brasil algumas instituições vêm se dedicando aos estudos do trabalho, porém dentro de uma concepção teórica, na maioria dos casos, onde a tecnologia importada ocupa o ponto central das discussões, impondo às empresas a posição de simples repassadoras de conhecimento. Assim, os estudos propostos e implantados apresentam um passo a mais quando se propõe a desenvolver um sistema, testa-lo em laboratório para comprovação e implanta-lo nas empresas para avaliação. Entende-se que tal procedimento esteja seguindo a trajetória do desenvolvimento tecnológico, criando as bases de intervenção nos ambientes de trabalho, com soluções viáveis de engenharia.

É notório o caráter multidisciplinar do projeto ao conjugar engenharia, meio ambiente, trabalho e saúde que demandou a busca por tecnologia própria, além de exigir uma gerência de projeto cuidadosa, no mínimo pela diversidade de temas. Acredita-se que a contribuição resultante esteja também no desenvolvimento de novos métodos de ações.

1.5. Relevância

A importância na execução deste projeto está centrada em três pontos principais:

- busca aos meios de baixar as concentrações de substâncias contaminantes, geradas em um ambiente industrial fechado, preservando a saúde dos trabalhadores que ali exercem suas atividades e restringindo sua propagação às áreas vizinhas, o que dá uma conotação de problema afeito às populações de uma sociedade, embora circunscrito a áreas específicas;
- desenvolvimento de uma tecnologia própria, capaz de proporcionar meios de controle da poluição de ambientes interiores, a custos de investimento relativamente pequeno diante da magnitude de suas conseqüências sobre a saúde do trabalhador e acessível ao empresário.
- reconhecimento de empresário e trabalhadores dos riscos envolvidos nas atividades incluídas no processo de trabalho e seu controle, através de soluções simples e objetivas, com reconhecimento de ambos os lados envolvidos na produção: capital e trabalho.

Entende-se pois que tais questões não deixam dúvidas quanto a natureza do problema e suas soluções, com relevância identificada e reconhecida.

1.6. Gerência do projeto

O caráter multidisciplinar da pesquisa exigia formação gerencial que pudesse conciliar conhecimentos diversificados onde disciplinas como fenômeno dos transportes, saúde do trabalhador, técnicas laboratoriais, engenharia de produto, gerência de projeto, química industrial e outros, pudessem ser conciliados ao longo do processo de pesquisa. Neste caso a formação do pesquisador condutor do projeto facilitou em muito as ações necessárias ao desenvolvimento da pesquisa.

1.7. Desenvolvimento do texto

A partir da apresentação do problema o desenvolvimento do texto seguiu uma seqüência lógica onde no Capítulo 2 se enfocou a questão da poluição atmosférica, partindo-se do ambiente externo e aberto, de modo a caracterizar as substâncias contaminantes em termos de sua ação nos ambientes. Alguns aspectos conceituais complementares e esclarecimentos adicionais foram incluídos no Anexo 1.

O Capítulo 3 apresenta o processo de produção das empresas do tipo fábricas e reformadoras de baterias chumbo-ácidas, caracterizando o produto e as fases de trabalho

necessário a sua execução, mostrando os problemas normalmente encontrados nas atividades de produção.

Em complemento a este capítulo incluiu-se ao final do texto, nos anexos 2 e 3, conceituações e detalhamentos esclarecedores das decisões aplicadas.

O tópico seguinte, Capítulo 4, mostra o chumbo como elemento químico, caracterizando-o por seus efeitos sobre o ser humano, com foco no ambiente de trabalho e seus efeitos sobre a saúde do trabalhador que o manipula quando as medidas de proteção não são colocadas em prática.

No Capítulo 5 é apresentada a pesquisa de novos materiais para uso nos sistemas de ventilação e exaustão das empresas de pequeno porte, ressaltando o mercado brasileiro e suas facilidades, em um contexto de máxima economia de energia, para se conseguir o menor custo possível, de modo a se favorecer a receptividade e cooperação do empresário do setor.

No Capítulo 6 fez-se a apresentação do sistema proposto para implantação nas empresas fabricantes de baterias chumbo-ácidas, caracterizando todas as etapas de trabalho inclusive sua base conceitual e propriedades, para implantação nas empresas de pequeno porte.

No Capítulo 7 são feitas as considerações finais quanto a proposta apresentada, seus métodos de abordagem para implantação, limitações e expectativa de eficiência diante dos resultados pretendidos, concluindo com as avaliações de custos incidentes, consideradas a receita bruta mensal e anual em face das faixas de valores característicos das empresas do tipo micro, de pequeno e médio portes.

No Anexo 2 procurou-se mostrar as bases conceituais do escoamento dos fluídos gasosos do tipo ar, suas alterações e limitações diante das situações previstas para o caso abordado na pesquisa, em termos de temperatura e pressão, por serem os parâmetros capazes de modificar significativamente o comportamento dos gases quando em escoamento.

No Anexo 3 é apresnetado o comportamento conjugado das sociedades, do mercado produtor e das empresas, com foco sobretudo nas de pequeno porte e seu papel nas sociedades capitalistas, como suporte de absorção de mão-de-obra em um mundo globalizado, de modo a situar a importância das fábricas e reformadores de baterias.

CAPÍTULO 2: BASES CONCEITUAIS: A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E SUAS CONSEQUÊNCIAS SOBRE O MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL.

“Poluição da atmosfera alcançou um nível tal que seu potencial de risco iminente não significa comprometimento à saúde e bem-estar de toda a população mas a preservação da vida.” (John D. Spengler / Jonathan M. Samet in *Indoor Air Pollution*, 1991,p.1)

As grandes metrópoles têm se caracterizado por apresentar condições particularmente críticas, com níveis de poluição bastante elevados, em decorrência de vários fatores, como tem sido abordado fartamente em diferentes ocasiões, nos dois últimos séculos.

O ar, em particular, tem apresentado nas áreas urbanas características cada vez mais agressivas, em decorrência de condições atmosféricas, comprometidas tanto pelo crescimento desordenado quanto pelo aumento da frota automotiva, criando situações cada vez mais difíceis para a população urbana. Por si só o crescimento dos índices de poluição resultantes da frota automotiva têm trazido preocupação crescente aos setores governamentais voltados para o controle ambiental.

Nos ambientes urbanos se instalam áreas com características residenciais e industriais, levando as populações fixas e flutuantes a diferentes estágios de segurança à saúde, com reflexos contínuos e, muitas vezes, de ação instantânea.

A avaliação ambiental destas áreas se mostra cada vez mais significativa exigindo o monitoramento continuado de modo a se prever as condições de ocorrência crítica, com efeitos localizados, mas se refletindo muito além dos pontos de geração ou mesmo de suas fontes. Por tanto, é importante que se conheça em primeira instância a correlação das fontes de poluição, associadas aos processos de geração, capazes de alterar a composição do ar ambiente, levando a índices comprometedores da saúde, como resultado da atuação do homem. Tal situação cria condições de impacto ambiental desagregador de todas as formas de vida, com quebra do equilíbrio ecológico, afetando de modo direto e indireto o ambiente. É preciso que isto seja evitado, de forma a promover condições de uso racional dos recursos naturais, para que continuem disponíveis às gerações futuras.

Entende-se pois que a identificação das fontes poluidoras e o conhecimento de sua composição, levará às formas de melhor controle de tais emissões, estabelecendo

níveis que assegurem situações de vida compatíveis com ambientes adequados, ao equilíbrio ambiental.

A abordagem da poluição atmosférica, levada para o ambiente interno, especialmente aqueles de natureza industrial, levam às situações críticas, ainda mais graves se o ambiente externo já está comprometido por índices elevados de poluição.

O conhecimento das fontes poluidoras, através do monitoramento contínuo, bem como sua forma de geração, levará à busca dos meios próprios de correção, capazes de restabelecer o equilíbrio desejado, protegendo o homem pela preservação de sua saúde.

A partir desta diretriz ir-se-á abordar as bases conceituais considerando três aspectos que se conjugam na solução do problema proposto: a poluição atmosférica dos ambientes interiores, as concentrações destes poluentes nos ambientes considerados e as empresas de pequeno porte e a população exposta aos poluentes gerados, por contacto direto ou indireto.

2.1. Poluição do ar nos ambientes internos e os seus efeitos na saúde do trabalhador.

As concepções abordadas sobre a poluição atmosférica feita no Anexo 1 estão centradas nos ambientes externos, onde o homem se insere em conjunto e portanto segundo a noção de coletividade, isto é, a abrangência é de um conjunto populacional.

Quando transportamos o ambiente para uma área que é parte deste todo suas condições iniciais compreendem as mesmas do todo o que define uma referência para as avaliações que se queira fazer no ambiente considerado. Desta forma, os ambientes internos passam a usar esta referência como base das alterações que venham a ser produzidas pelas atividades nele realizadas.

Considere-se por exemplo a questão mais simples das cozinhas das casas das famílias em que haja produção de resíduos tanto do combustível utilizado na produção de calor quanto nas emanações do produto trabalhado. Apenas neste setor pesquisas recentes têm mostrado que 4 a 5% das 50-60 milhões de mortes que ocorrem anualmente no mundo (WHO-2002) sejam originadas de doenças causadas por essa via. Se insistirmos neste tópico vê-se no mesmo estudo que os países em desenvolvimento, onde o uso de combustíveis originados de biomassa (tais como madeira, sementes e excremento de animais), geram como resíduos diferentes produtos, cujos efeitos atingem diretamente a população residente, principalmente as crianças e os mais velhos, além do próprio cozinheiro. Estima-se que em média apenas os resíduos particulados possam elevar os níveis dos ambientes domiciliares a índices da ordem de 20 vezes os

considerados como padrão para os países desenvolvidos (Estados Unidos, Europa Ocidental e Japão) nos ambientes externos.

Tais argumentos são corroborados pelos dados estatísticos levantados em todo o mundo, comprovando os efeitos da poluição dentro das casas, gerada por emissões diversas, em que o desconhecimento dos efeitos prejudiciais pela população em geral ou mesmo simples negligência quando o bom senso aponta na direção de medidas restritivas mas mitigadoras. No Quadro 2.1 a seguir são mostrados os efeitos sobre a saúde humana de alguns dos poluentes mais frequentes, associados ao mecanismo de ação e sua potencialidade, para caracterizar, em termos mundiais, a importância da poluição do ar nos ambientes internos.

Quadro 2.1 - Efeitos potenciais de poluentes gerados em domicílio, por queima de combustíveis de biomassa, resultante de levantamento realizado nos países em desenvolvimento.

Poluente	Mecanismo	Potenciais efeitos sobre a saúde
Matéria particulada: Pequenas partículas com menos que 10 microns e particularmente aquelas menores que 2,5 microns de diâmetro aerodinâmico	<ul style="list-style-type: none"> • Agudo: irritação brônquica, inflamação e aumento da responsividade • Redução no <i>clearance</i> muco-ciliar • Redução na resposta do macrófago: <ul style="list-style-type: none"> • redução na imunidade; • redução na imunidade local. • Reação de fibrose • Desequilíbrio autonômico, atividade pro-coagulante, estresse oxidativo 	<ul style="list-style-type: none"> • Sibilos, exacerbação da asma • Infecção respiratória • Bronquite crônica e DPOC • Exacerbação da DPOC • Elevação da Mortalidade, incluindo as doenças de natureza cardiovascular • Disfunção pulmonar obstrutiva crônica
Monóxido de Carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Ligação com a hemoglobina (Hb), produzindo a HbCO, que reduz a liberação de O₂ para os órgãos chave, afetando o desenvolvimento fetal 	<ul style="list-style-type: none"> • Recém-nascidos com baixo peso (HbCO ≥ 2-10%) • Aumento nos índices de morte perinatal.
Benzopireno	<ul style="list-style-type: none"> • Carcinogênico (uma das muitas substâncias carcinogênicas encontradas no carvão e na fumaça produzida na queima de biomassa) 	<ul style="list-style-type: none"> • Câncer no pulmão • Câncer da boca, nasofaringe e laringe.
Formaldeídos	<ul style="list-style-type: none"> • Irritação do nasofaringe e das vias aéreas • Aumento na sensibilização alérgica 	<ul style="list-style-type: none"> • Susceptibilidade aumentada para infecções • Pode desencadear asma
Dióxido de Nitrogênio	<ul style="list-style-type: none"> • A exposição aguda aumenta a responsividade brônquica • A exposição prolongada aumenta a susceptibilidade às infecções pulmonares por vírus e bactérias 	<ul style="list-style-type: none"> • Sibilos, exacerbação da asma • Infecções respiratórias • Redução nos parâmetros de função pulmonar em crianças
Dióxido de enxofre	<ul style="list-style-type: none"> • A exposição aguda aumenta a responsividade brônquica • Nos casos de exposição prolongada: difícil dissociação dos efeitos produzidos por particulados 	<ul style="list-style-type: none"> • Sibilos, exacerbação da asma • Exacerbação da DPOC e doenças cardiovasculares
Fumaça de biomassa (composição diversificada)	<ul style="list-style-type: none"> • Absorção de toxinas nos cristalinios, levando a transformações oxidativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Catarata

Fonte: Adaptada de WHO/SDE/OEH/02.05, 2002 p. 11.

O que se pretende a este ponto é mostrar que os ambientes internos nas indústrias de pequeno porte, principalmente nos países em desenvolvimento, proporcionam condições de trabalho agressivas a um trabalhador cuja formação biológica pode já ter um grau de comprometimento do organismo, consideradas as possibilidades das condições ambientais de sua formação. Alguns tipos de indústrias, particularmente aquelas que demandam qualificações menos exigentes, conciliam os fatores apontados para os ambientes internos, favorecendo ao comprometimento da saúde do trabalhador.

No Anexo 3 é mostrado o ambiente sócio-econômico dos países em desenvolvimento, onde as empresas de pequeno porte têm papel relevante por sua capacidade de emprego de mão de obra e representação no setor produtivo.

As inter-relações estabelecidas entre o ambiente externo e interno são consequência natural do estado do ar na região onde o local focalizado está situado. Desta forma, a menos que se proceda a um tratamento inicial, as condições do ar no ambiente interno têm efeito cumulativo às modificações produzidas no próprio ambiente. Assim, se o ar externo apresenta alguma concentração de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e no ambiente forem produzidas soluções ácidas sulfurosas, seus efeitos serão cumulativos aos do ambiente externo, agravando as condições originais à presença humana. O esquema a seguir mostra esta questão e prepara o caminho para a abordagem da poluição do ar nos ambientes internos.

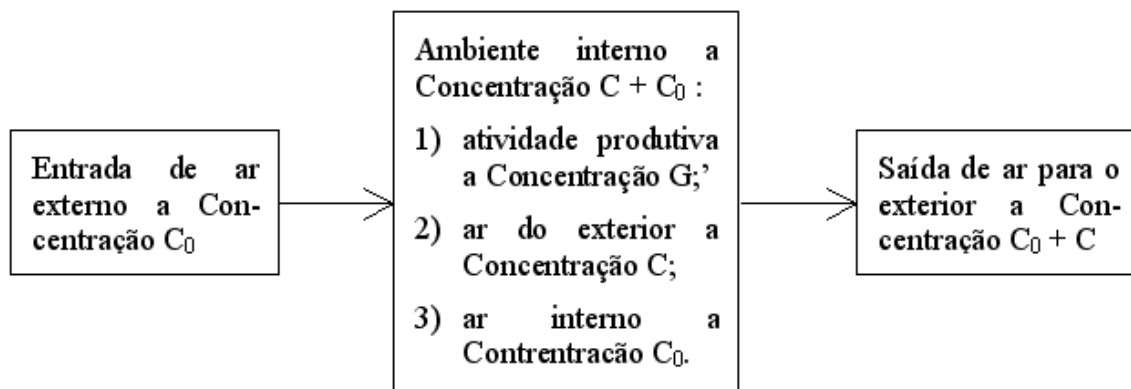


Figura 2.1. - Esquema combinado das concentrações externa e interna em um ambiente

Ao conjugarmos as questões levantadas vê-se a importância em se tratar os ambientes internos destas indústrias com o mesmo empenho já definido para as áreas externas, visando preservar condições de vida satisfatórias. Por outro lado é justo pensar que o número de trabalhadores envolvidos nestes casos (pode ser da ordem de milhões dependendo dos países considerados, em função do estágio de desenvolvimento da

sociedade e sua formação cultural) torna-se problema de saúde pública, sobretudo se associarmos aos efeitos difusores da poluição.

A abordagem do problema conduz à definição da referência de nível de poluição a se considerar quando se trata de ambiente industrial onde os fatores econômicos se associam aos interesses privados mantendo o trabalhador em segundo plano. Desta forma, nas atividades produtivas, com geração de substâncias químicas agressivas ao trabalhador, a situação se torna mais grave. Neste cenário é que nos propomos a estudar meios que, pelo uso de recursos da engenharia, seja possível dispor de condições ambientais satisfatórias ao exercício das atividades produtivas nas pequenas empresas, sem sacrifícios do trabalhador, a custos razoáveis para o empresário, e ainda reduzir a níveis de segurança no mínimo aceitáveis daqueles existentes no ambiente externo.

2.2. Concentrações de poluentes em ambientes internos.

Os conceitos teóricos aplicados integralmente à execução dos projetos levariam os cálculos exigidos a níveis de complexidade desnecessários diante das exigências práticas de trabalho dos sistemas de ventilação e exaustão. Alguns procedimentos de cálculo permitem demonstrar que os erros cometidos, em simplificações adotadas nos dimensionamentos de projeto, levam a valores finais com diferenças praticamente desprezíveis quando comparados entre si. Desta forma serão adotadas para efeito de projeto e análises correspondentes, as seguintes premissas básicas:

- ar, sabidamente composto por gases, vapor d'água e poeiras será tratado como um fluido homogêneo e, como todo gás, compressível e, portanto sujeito às leis da física aplicáveis às situações de trabalho projetadas, ficando submetido às alterações decorrentes de modificações de pressão e temperatura;
- a maioria das condições de trabalho dos sistemas de ventilação e exaustão mostra que a pressão absoluta se mantém razoavelmente constante em cada ponto, com oscilações muito pequenas, permitindo se considerar o fluido nestas condições como incompressível, o que implica em massa específica ρ constante, para toda a massa fluida em escoamento, em um sistema que não sofra alterações em relação ao meio exterior, isto é, entrada ou saída de fluido, entre duas seções quaisquer do sistema;
- as variações de temperatura são ainda menos sensíveis às alterações levando a se considerar sua influência desprezível, corroborando a simplificação adotada de constância da massa específica e, portanto, de

incompressibilidade do ar, no cálculo do escoamento nestes sistemas, “com uso das expressões clássicas de perda de energia por atrito, potência, volume do ar, e outros fatores de projeto” (ALDEN & KANE, 1982).

As faixas usuais de trabalho dos sistemas de ventilação / exaustão se situam a baixo de 1270 mm de mercúrio de pressão barométrica, equivalente a 50 polegadas de mercúrio (ALDEN & KANE, 1982). Ultrapassado este limite as alterações sobre a massa fluida passam a ser significativas, impossibilitando assumir a simplificação adotada. Além disto, as temperaturas de trabalho desses sistemas também se mantêm dentro de variações razoáveis, sendo menos sensíveis às suas influências que as pressões. Na Tabela 2.1 vê-se as variações relativas da densidade do ar em função da temperatura e da altitude. Pode-se notar que tanto as variações de temperatura do ar quanto as de altitude não determinam alterações significativas para as situações correntes de trabalho dos sistemas de ventilação e exaustão.

A observação desta tabela mostra ainda que oscilações de temperatura entre -20° C e 60° C não produzem alterações significativas nos valores de densidade da massa fluida. Além disto, não se tem notícia de casos de variações de temperatura em um mesmo dia que ultrapasse os limites desta faixa, corroborando a premissa adotada (BURGESS et ali, 1989). Nos casos em que hajam modificações superiores a estes limites, por injeção de vapor d’água a alta temperatura, por exemplo, serão necessárias correções na densidade da massa de ar em escoamento.

Tabela 2.1 - Variações relativas da densidade do ar em função da temperatura e da altitude. (temperatura em graus Celcius e altitude em metros)

Temperatura	Fator de correção	Altitude	Fator de correção
-17,78	1,15	0,00	1,00
21,11	1,00	152,40	0,98
37,78	0,95	304,80	0,96
65,56	0,87	457,20	0,94
93,33	0,80	609,60	0,93
121,11	0,75	762,00	0,91
148,89	0,70	914,40	0,89
176,67	0,65	1066,80	0,87
204,44	0,62	1209,20	0,86
232,22	0,58	1371,60	0,84
260,00	0,55	1524,00	0,83
287,78	0,53	1676,40	0,81
315,56	0,50	1828,80	0,80
343,33	0,48	1981,20	0,78
371,11	0,46	2133,60	0,77
398,89	0,44	2286,00	0,75
426,67	0,42	2438,40	0,74
454,44	0,40	2590,80	0,72
482,22	0,39	2743,20	0,71
510,00	0,38	2895,60	0,70
537,78	0,36	3048,00	0,69

FONTE: ALDEN & KANE, 1982 p. 121, modificada.

No que diz respeito a influência de partículas sólidas transportadas pela massa fluida em escoamento, vê-se que os sistemas de ventilação e exaustão em geral transportam partículas em quantidade muito baixa quando comparada ao total do fluxo de massa fluida, determinando proporções muito pequenas em relação a massa fluida total. Em geral, as concentrações de sólidos capturados e transportados pela massa fluida raramente ultrapassam 2 % em peso (ALDEN & KANE, 1982), implicando assim em incidência desprezível no fluxo, representando erros desprezíveis, levando a constância da massa específica. Desta forma, o fluxo de sólidos não se constitui em motivo para se quebrar a premissa adotada de incompressibilidade da massa fluida, aplicada aos cálculos de projeto dos sistemas de ventilação e exaustão, como regra geral.

Além disto, há que se avaliar as concentrações do contaminante o que leva também a necessidade de se incorporar conhecimentos relativos:

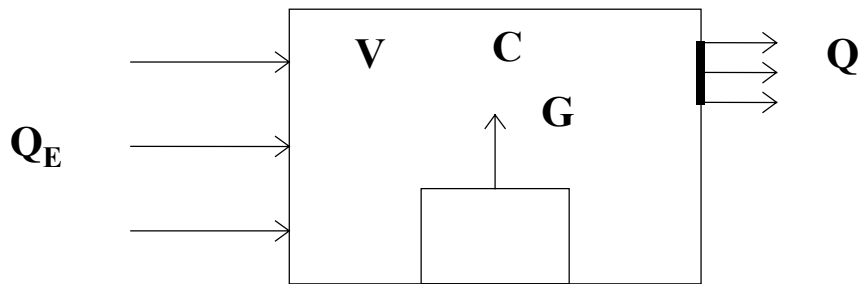
- às propriedades físicas do contaminante;
- à taxa de geração do contaminante;
- aos limites gerais de comprometimento à saúde do trabalhador; (por ex. LT, TLV, VRT e outros);
- à posição relativa dos pontos de geração de contaminantes, nas áreas de trabalho, bem como os pontos de suprimento e exaustão de ar;
- à ventilação existente no ambiente(natural e mecânica).

Quanto à questão das concentrações dos contaminantes no ambiente é preciso considerar que a “ toxicologia ainda não possui total confiança nos valores determinados para os limites de tolerância existentes, fazendo restrições quanto à sua validade, seja pela suscetibilidade individual das pessoas ou porque os testes são realizados em cobaias.”(SOUZA et ali, 1998 p. 438).

Assim, um sistema de ventilação geral diluidora para o objetivo fixado, mantidas as limitações e exigências referidas, compreenderá um conjunto de equipamentos que, dispostos de forma apropriada no ambiente, deverão executar as atividades de insuflamento de ar e exaustão simultâneas para diminuição das concentrações a níveis aceitáveis. Na fase de exaustão e antes de lançamento no ambiente externo, a limpeza do ar retirado do local será decorrência das concentrações remanescentes.

2.2.1. Considerações quanto as concentrações de contaminante

O esquema mostrado a seguir na Figura 2.2 apresenta a situação básica de um ambiente de produção.



V = volume interno do ambiente de produção

G = taxa de produção de contaminante no ambiente

C = concentração do contaminante na ambiente de volume V

Q_E = vazão de insuflamento do ar no ambiente à concentração C_E

Q = vazão de exaustão do ar ambiente contaminado à concentração C para o exterior

Figura 2.2 - Situação básica de um ambiente de produção.

A aplicação do conceito de ventilação geral diluidora demanda algumas suposições simplificadoras a saber:

- a) a mistura do contaminante no ar ambiente é completa;
- b) a taxa de geração do contaminante é constante;
- c) a diluição do contaminante no ar introduzido no ambiente contém parcelas desprezíveis do contaminante em unidades da vazão circulante;
- d) a introdução do contaminante no ambiente de trabalho é feita somente através do processo de geração;
- e) o contaminante é removido do ambiente de trabalho somente através da ventilação geral diluidora.

A avaliação de um ambiente industrial com vistas a aplicação de um sistema de ventilação diluidora deve ser precedida do balanço de massa do volume total ocupado pelo ar, considerando: 1) a geração de contaminante pela fonte no ambiente se dá à taxa constante (G) em operação contínua; 2) o acesso do ar externo é capaz de suprir a demanda de renovação necessária ao volume interno (V) do ambiente; 3) exaustão mecânica do ar interno à vazão Q , com o contaminante disperso à concentração C no ambiente. Daí, vê-se que a quantidade de contaminante introduzida no ambiente pelo processo produtivo, no intervalo de tempo Δt é $G \Delta t$

Desta forma a quantidade de ar removido do ambiente será: $Q C \Delta t$

Assim, a variação na quantidade do contaminante no ambiente interno em um intervalo de tempo Δt , será dada por

$$\Delta M = G \Delta t - Q C \Delta t \quad (2.1)$$

considerando a hipótese de o contaminante ocupar todo o volume V disponível do ambiente, tem-se:

$$\frac{\Delta M}{V} = \frac{G \Delta t}{V} - \frac{QC}{V} * \Delta t \quad (2.2)$$

se $\frac{\Delta M}{V} = \Delta C$, vem:

$$\Delta C = \frac{G \Delta t}{V} - \frac{QC}{V} * \Delta t \quad (2.3)$$

$$\therefore dC = \frac{G}{V} dt - \frac{QC}{V} dt = \left(\frac{G - QC}{V} \right) dt \quad (2.4)$$

$$\text{ou} \left(\frac{V}{G - QC} \right) dC = dt \quad (2.5)$$

Para um intervalo de tempo definido, isto é, t_1 e t_2 , tem-se:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt = V \int_{C_1}^{C_2} \frac{1}{G - QC} dC \quad (2.6)$$

Integrando, vem:

$$t_2 - t_1 = \left\{ \left[\frac{-V}{G} \ln \left(\frac{G - QC_2}{V} \right) - \frac{-V}{Q} \ln \left(\frac{G - QC_1}{V} \right) \right] \right\} \quad (2.7)$$

$$\therefore C_2 = \frac{1}{Q} \{ G - (G - QC_1) \exp \left[\frac{-Q}{V} (t_2 - t_1) \right] \} \quad (2.8)$$

Esta é a equação geral da concentração final no ambiente de volume V, em equilíbrio, mantidas constantes a taxa G de geração de contaminante, a vazão de insuflamento e a vazão de exaustão Q, durante o intervalo de tempo Δt. A massa de ar resultante a esta concentração é passada ao ambiente externo.

Três situações principais resultam da equação 2.8 para enquadramento das condições operacionais encontradas na prática, partindo-se da premissa fundamental de que no instante inicial quando $t_1 = 0$, $C_1 = 0$, $G > 0$ e $t_2 \neq 0$, tem-se para C:

$$C = \left\{ \frac{G}{Q} \left[1 - e^{\left(\frac{-Qt}{V} \right)} \right] \right\} \quad (2.9)$$

a) Produção contínua em condições estabilizadas, onde $t_1 = 0$, $C_1 = 0$, $G > 0$ e $t \gg \frac{V}{Q} \therefore e^{\left(\frac{-Qt}{V} \right)} \Rightarrow 0 \therefore C \Rightarrow C_{\max} = \text{constante} = \frac{G}{Q}$. Neste caso a taxa de introdução do contaminante é igual a taxa de diluição e remoção do ambiente interno para o externo. Dessa forma a equação geral da diluição do contaminante no ambiente, em produção contínua será dada por

$$C = \frac{G}{Q} \quad \therefore \quad \boxed{Q = \frac{G}{C}} \quad (2.10)$$

b) Produção intermitente ou descontínua

As condições operacionais ficam sujeitas aos instantes t_1 , t_2 e t_3 , caracterizados a seguir na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Valores característicos para produção intermitente

Tempo	Taxa de geração de contaminante G	Taxa de concentração do contaminante no ambiente C
$t_1 = 0$	$G = 0$	$C_1 = 0$
$t_2 \neq 0$	$G > 0$	C_2
$t_3 = t_2 + \Delta t$	$G = 0$	C_3

Na condição de $G = 0$, o valor de C_3 será dado por

$$C_3 = C_2 * e^{\left[\frac{-Q}{V}(t_3-t_2)\right]} \quad (2.11)$$

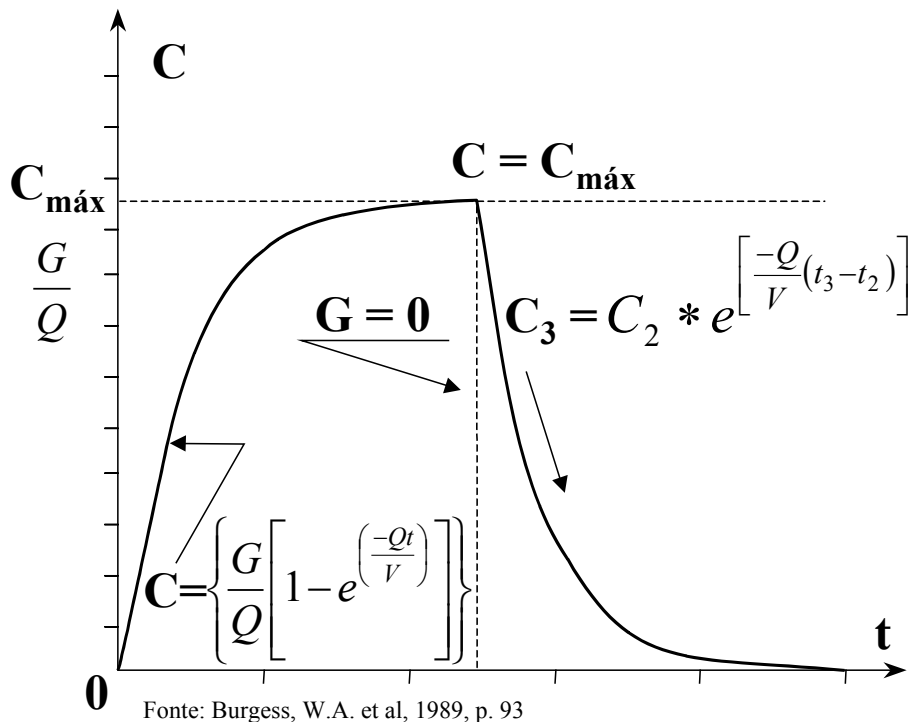


Figura 2.3 – Variação das concentrações de contaminantes para as situações de produção contínua e descontinua.

c) Produção descontinua com tempo parcial de purga (meia vida)

Para este caso a concentração no ambiente é reduzida a 50% após a interrupção do processo de produção, fazendo com que o tempo necessário para tanto seja dado por

$$t_{2 \rightarrow 1} = 0,693 \frac{V}{Q} \quad (2.12)$$

Em função destas considerações foram estabelecidos na prática corretores ambientais aplicáveis aos sistemas de ventilação geral diluidora incidentes sobre as vazões de diluição para proporcionar segurança aos trabalhadores e usuários em geral. Entre estes corretores tem-se:

Taxa de remoção de ar E

Determina o número de trocas de ar ocorridas por hora no ambiente. É normalizado pelo volume do ambiente e expresso por

$$E = \frac{Q}{V}$$

É usado para a comparação de diferentes taxas de renovação de ar de locais de trabalho sob diferentes volumes.

Fator de mistura K

É introduzido na equação geral de diluição para corrigir a suposição teórica inicial de diluição completa e instantânea das concentrações atuantes nos ambientes de produção. Este fator é incorporado às equações fundamentais, corrigindo desvios observados na prática, em relação as suposições teóricas. Ele tem múltiplas finalidades ao incorporar efeitos da toxicidade do contaminante, desvios sazonais atuantes sobre a ventilação natural, ciclo e duração do processo produtivo gerador de contaminantes, localização dos trabalhadores no ambiente, numero de trabalhadores expostos, número e localização dos pontos de liberação de contaminantes e outras circunstâncias que afetem os trabalhadores expostos (SOULE, 1978).

A equação geral de diluição é afetada pela introdução do fator K que passa a ser

$$Q_a = Q_i = K \frac{G}{C}$$

onde Q_a é a vazão do ar exaustado em condições reais e Q_i é a vazão do ar exaustado em condições ideais. O fator K tem sido adotado com valores entre 3 e 10 segundo a experiência do projetista.

Alguns autores, entre eles Burgess (1989), preferem dividir o fator de mistura em dois, ou seja

K_m → característico da mistura efetiva do contaminante no ambiente;

K_s → característico da segurança dos trabalhadores, incluindo aspectos como toxicidade do material contaminante, número de trabalhadores e localização dos trabalhadores no ambiente entre outros. Assim, o fator K passa a ser dado por

$$K = K_m \times K_s$$

Burgess (1989) chama a atenção para o fato desse procedimento ser restrito aos ambientes industriais confinados, de empresas pequenas.

2.2.2. Produção de um mesmo contaminante a diferentes concentrações nos ambientes industriais internos

Algumas empresas utilizam processos de produção onde são gerados diferentes vapores e gases a concentrações diferentes, emitidos para o mesmo ambiente, podendo comprometer a saúde dos trabalhadores envolvidos. As concentrações C_i dos contaminantes produzidos no processo produtivo, têm que obedecer individualmente ao limite adequado (LT's) para a atividade humana no ambiente de trabalho. Nesse caso a vazão de ar a ser aplicada ao ambiente será a soma das vazões necessárias à exaustão de cada contaminante, como se estivesse agindo isoladamente no ambiente. Assim, uma forma de se avaliar a agressividade do ambiente em relação aos trabalhadores, recomendada pela ACGIH (1995, p. 2.6), resulta da aplicação da expressão a seguir.

$$\sum_1^n \frac{C_i}{TLV_i} \leq 1 \quad (2.13)$$

onde C_i é a taxa de geração de cada contaminante, referida ao limite de tolerância respectivo TLV_i , geralmente adotado em partes por milhão – ppm.

O resultado da aplicação da expressão significará comprometimento do ambiente quando exceder o valor unitário, representando risco à saúde dos trabalhadores. Assim a vazão a aplicar ao ambiente será o somatório das vazões de cada contaminante. Entretanto, quando as ações dos componentes da mistura produzirem efeitos diferentes sobre o corpo humano, a vazão de diluição a ser aplicada poderá ser aquela de maior valor das relações C_i / TLV_i . No entanto, se a análise dos contaminantes indicar efeitos comuns prevalecerá a regra do somatório das vazões necessárias a cada contaminante, para aplicação no ambiente.

2.3. Sistema de ventilação geral diluidora: circuito básico e componentes.

Constatada a necessidade de intervenção no ambiente em função das concentrações de um poluente fica configurada a necessidade de intervenção. O esquema de um sistema de ventilação geral diluidora a ser aplicado é mostrado na

Figura 2.4. Neste caso supõe-se que o ar externo deva passar por uma limpeza inicial, antes de sua introdução no ambiente de produção.

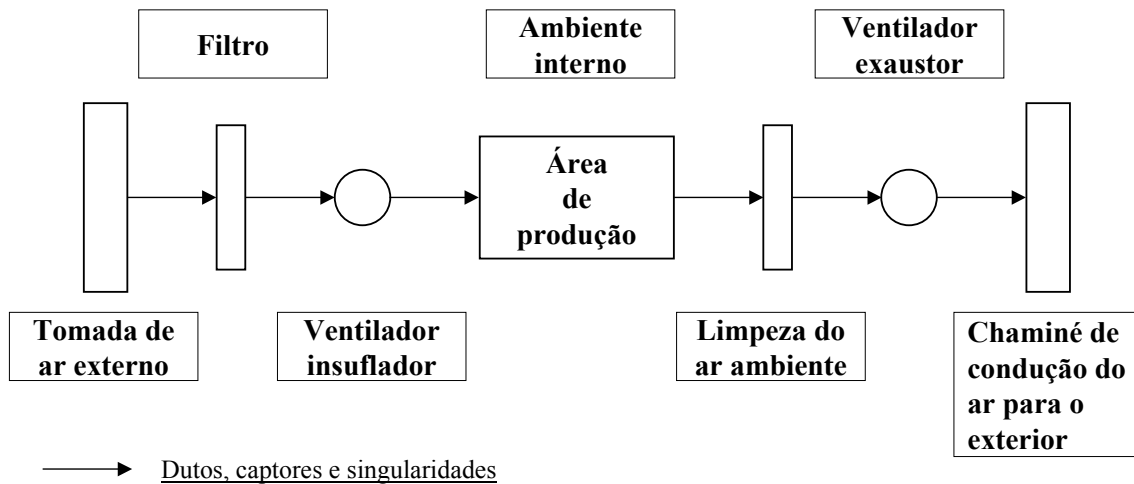


Figura 2.4 – Esquema de um sistema geral de ventilação diluidora

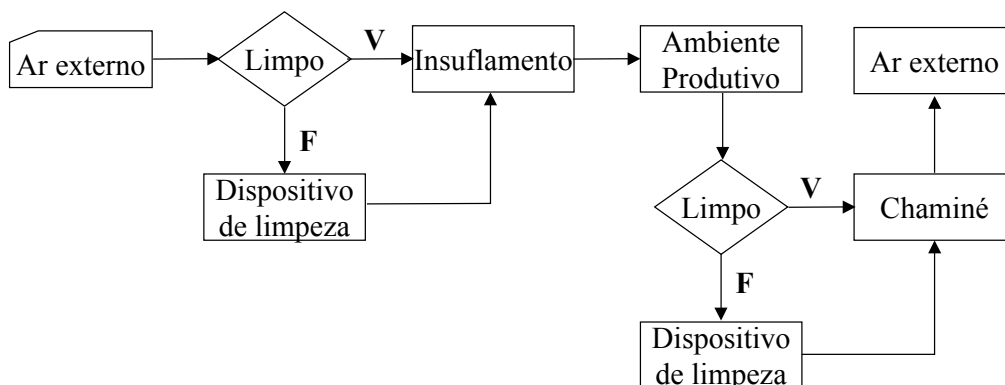
2.3.1. Técnicas e procedimentos de projeto para implantação

Goodfellow (1985) estabeleceu quatro etapas para a solução do problema de ventilação industrial, visando a saúde ambiental:

- modificação do processo de produção;
- adequação da configuração arquitetônica do prédio, buscando aplicar uma ventilação geral diluidora;
- implantação de ventilação local exaustora (LEV – “Local Exhaust Ventilation”);
- aplicação de equipamento de proteção individual (EPI)

O problema visado neste estudo se restringe a segunda etapa onde se busca conciliar a questão de implantação de um sistema de ventilação geral diluidora, admitida a impossibilidade de posicionamento correto do edifício, isto é, na direção mais freqüente do vento incidente bem como o dimensionamento das áreas de entrada e saída do ar que considere as necessidades de renovação de ar do ambiente interno e arquitetura própria. Nestes casos se impõe o projeto de um sistema de insuflação artificial de ar no ambiente de tal modo a se conseguir um efeito diluidor das concentrações de gases, poeiras, fumos e outros componentes estranhos à composição do ar e capazes de interferir no sistema pela insuflação e exaustão continuada de ar limpo.

A questão principal enfocada nos projetos de ventilação / exaustão está centrada no dispêndio energético necessário ao fluxo da massa de ar, para manter o sistema em operação, realizando com eficiência a tarefa de facilitar a distribuição no ambiente do ar não contaminado e assegurar sua renovação contínua. Desta forma, a meta para estes casos esta baseada na possibilidade de se diminuir as concentrações de contaminantes, produzidos no processo industrial, a níveis abaixo dos limites conhecidos de tolerância (LT's), para exposição contínua do trabalhador, nos turnos normais de atividade. Justamente por isto qualquer análise de ambientes industriais fechados com vistas ao dimensionamento de um sistema de ventilação / exaustão deve seguir uma seqüência de etapas sintetizadas no fluxograma mostrado na Figura 2.5.



O conjunto pode ser dividido em:

A – Captação / Transporte

1 - Dutos

2 - Singularidade

- Entrada externa (tomada de ar)
- Captores
- Grades de insuflamento
- Chaminé
- Saída para o exterior (escape de ar)

B - Limpeza

- Dispositivo de limpeza de ar insuflado
- Dispositivo de limpeza do ar exaustado

C - Ventiladores

- Ventiladores de insuflamento de ar
- Ventiladores de exaustão de ar

Figura 2.5 – Fluxograma de inspeção para avaliação de poluição externa e interna.

Uma vez definida a necessidade de intervenção no ambiente o comportamento energético do escoamento da massa fluida é determinado pela equação de Bernouilli (2.14),envolvendo as energias de posição, em relação a uma referência determinada; de pressão, responsável pelo escoamento, e de velocidade média da massa de ar no ambiente, responsável pelo efeito de transporte. Para uma seção qualquer de referência, tem-se :

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = H = \text{constante} \quad (2.14)$$

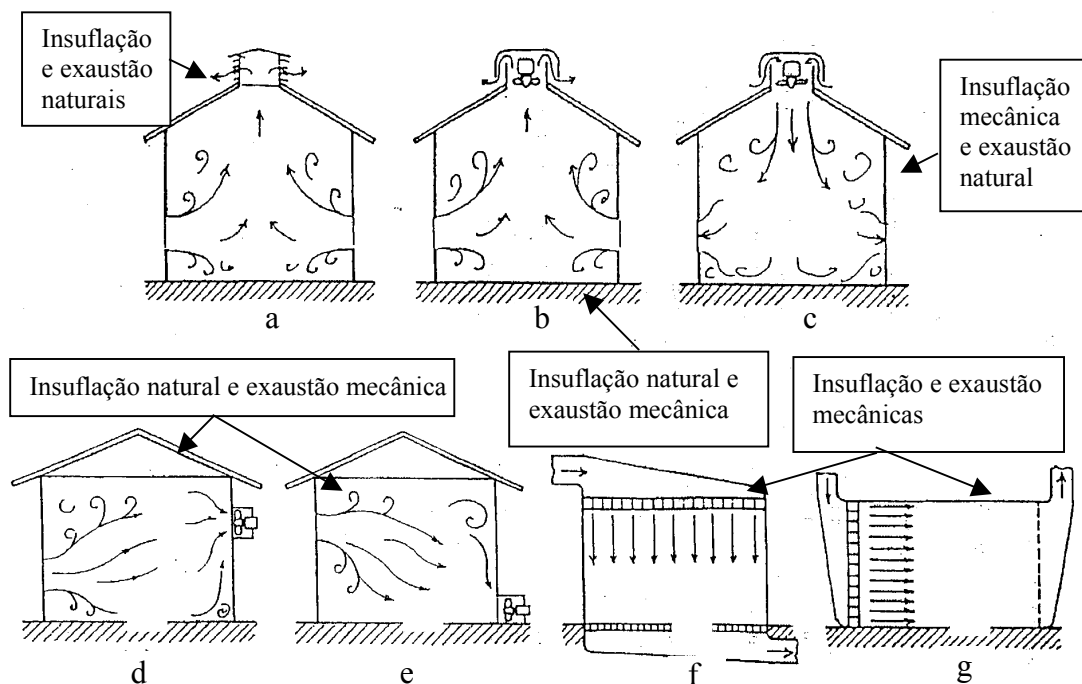
Como visto anteriormente cada uma das parcelas desta equação representa um comprimento, do ponto de vista dimensional, permitindo que se trabalhe com as cargas

parciais e total em cada seção. Como um deslocamento de massas de ar entre duas seções quaisquer A_1 e A_2 depende da energia colocada no sistema, sempre o deslocamento de ar entre as seções se dará com consumo de energia. Isto significa que o deslocamento de ar entre as seções se processará mediante o consumo de energia ΔH . Neste caso a equação energética será:

$$H_1 - \Delta H = H_2 \quad (2.15)$$

onde ΔH representa o valor total de energia consumida no trajeto da massa fluida entre as seções consideradas. Diante disto, sendo ΔH a parcela de energia consumida no trajeto entre as seções 1 e 2, ela resulta do somatório das energias gastas nas entradas do sistema, nos ambientes transportadores, nas singularidades resultantes de junções, mudanças de forma, resistências ao escoamento por equipamentos e áreas de saída para o exterior.

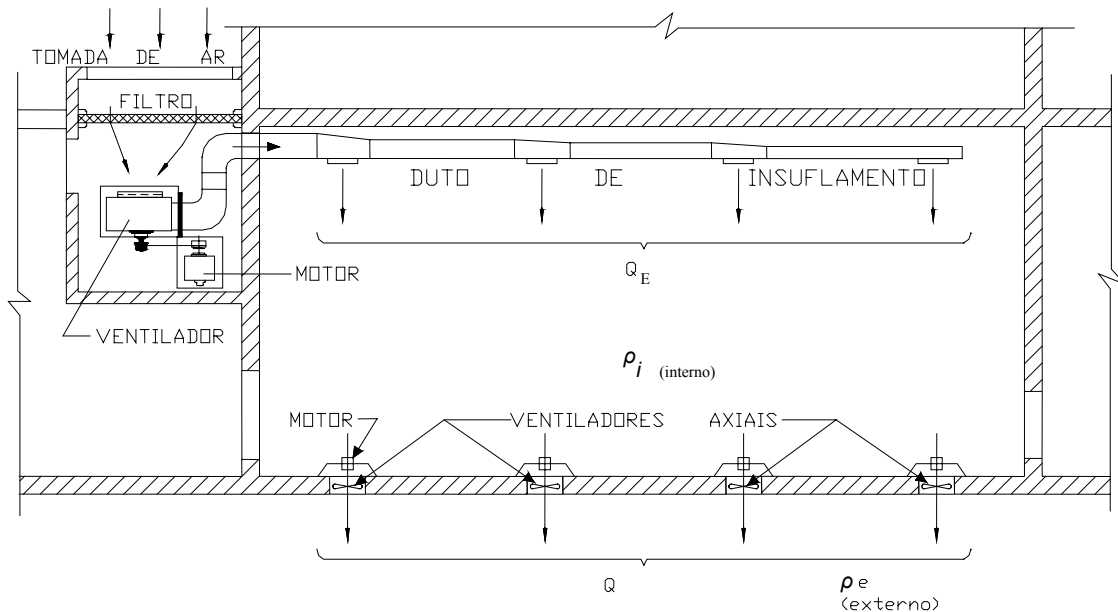
Quando as condições de entrada e saída de ar não forem suficientes à renovação de ar no ambiente será necessário a utilização de um sistema de distribuição do ar, para atingir todos os pontos do ambiente, com uso de equipamento mecânico de insuflação e exaustão e dutos de transporte do ar. Na Figura 2.6 são apresentados alguns casos de circulação de ar em ambientes interiores onde são mostradas as tendências de escoamento das massas de ar e as soluções possíveis, sem e com uso de equipamentos.



Fonte IWASAKI, 2001 p. 11

Figura 2.6 - Diversas situações de ventilação geral diluidora para ambientes industriais.

A maioria das instalações industriais, localizadas em áreas urbanas, utilizam sistemas de insuflação e exaustão mecanizados, diante das exigências de ambientes saudáveis para execução de atividades produtivas. Na Figura 2.7 é mostrada uma configuração de um sistema deste tipo.



Fonte: Macintyre, A.J., 1990, 2ª ed p. 77, modificada.

Figura 2.7 – Desenho esquemático simplificado de um sistema de ventilação geral diluidora com exaustão em ambientes com produção de contaminantes.

Nestes casos o dimensionamento dos sistemas são dependentes da energia necessária à circulação do ar no ambiente, de modo a atender as concentrações internas aceitáveis, conjugando dispositivos insufladores e exaustores, dutos transportadores e equipamentos, para proporcionar condições ambientais adequadas ao trabalhador. Isto significa que as concentrações locais deverão ser inferiores aos limites conhecidos de tolerância quer pela legislação ou ainda decorrente da experiência mais recentes quando inferiores aos valores limites fixados pelas normas e legislações.

A equação 2.16 mostra ΔH como o somatório de todas as energias envolvidas no sistema e, como resultado, ΔH será expresso por

$$\Delta H = \Delta H_{\text{dutos}} + \Delta H_{\text{singularidades}} \quad (2.16)$$

onde:

- ΔH é a energia total a ser suprida pelo sistema para atender a meta pretendida;

- ΔH_{dutos} é a energia consumida para manter o escoamento contínuo nos dutos de transporte considerado contínuo e retilíneo;
- $\Delta H_{\text{singularidades}}$ é a energia consumida em trechos especiais do sistema compreendendo as curvas, modificações de seção transversal, entradas e saídas, junções, estreitamentos, existência de válvulas ou registros, etc.

Os dispositivos de insuflamento e exaustão resultam de seleção em documentação tradicional (ACGIH, por exemplo) com amparo em experiência comprovada

O dimensionamento dos dutos será função da seção de escoamento (área e velocidade), comprimento e do material adotado para sua fabricação (rugosidade), partindo da premissa que o tipo de escoamento é turbulento, isto é, NR maior que 4000. Foi visto anteriormente que na prática é adotado para os fluidos um valor de $NR > 10000$. No caso do escoamento de ar os valores adotados são em geral maiores que 100000.

O resultado do somatório das energias levará ao dimensionamento das potências necessárias aos ventiladores a serem utilizados no sistema de ventilação e exaustão. Claro está que possíveis exigências de limpeza do ar para descarte irão demandar equipamentos adicionais cujos consumos energéticos terão que ser acrescentados a energia total requerida com reajustamento nas potências dos ventiladores.

2.3.2. Custos de implantação, operação e manutenção dos sistemas de ventilação geral diluidora

Neste item pretende-se indicar os meios de avaliação do custo total de implantação, operação e manutenção dos sistemas de controle da poluição do ar de modo a se ter um resultado de custo capaz de indicar a adequabilidade para as pequenas e médias empresas. Em geral a seleção de um sistema de controle de poluição do ar tem por base o menor valor dos custos de renovação por tonelada de poluente. No caso presente, contudo, a meta é verificar a possibilidade de investimento do empresariado de pequenas e médias empresas, em sistemas do tipo ventilação e exaustão, para manutenção de ambientes apropriados ao trabalho humano, sem comprometimento da saúde do trabalhador.

Os elementos a serem considerados para avaliação de custo dos sistemas de ventilação geral diluidora, aplicáveis às pequenas empresas do tipo fábricas e

reformadoras de baterias chumbo-ácidas, foco da presente pesquisa, são subdivididos em três categorias que se compõem para formação do custo total, a saber:

- 1) básicos, compreendendo: as dimensões do sistema, materiais, equipamentos e os parâmetros operacionais programados;
- 2) custo inicial total (CIT) compreendendo: custo inicial de aquisição de equipamentos, instrumentação de controle e preparo do local de implantação, além dos custos de montagem e instalação;
- 3) custos totais anual de operação e manutenção (CTA) compreendendo os custos diretos de operação e manutenção do sistema implantado, segundo os parâmetros de trabalho definidos, acrescido dos custos indiretos.

Os volumes totais de ar renovado no ambiente de produção, resultante do insuflamento de ar para modificação das concentrações de poluente, têm relação direta com os custos totais do investimento necessário à diminuição destas concentrações aos níveis de tolerância aceitáveis, previstos nas normas e legislações (KABEL & HEINSOHN, 1999).

Pretende-se que os custos totais resultantes do somatório das parcelas previstas em 2 e 3, isto é CIT + CTA, levem a avaliação da capacidade de investimento do empresariado utilizando como base comparativa o capital patrimonial da empresa e/ou faturamento anual previsto ou efetivo, se a empresa já estiver implantada.

Os Quadros 2.2 e 2.3 apresentam as parcelas a serem consideradas para a composição de custo inicial total (CIT) e totais de operação e manutenção (CTA), respectivamente, sendo um procedimento recomendado pela EPA dos Estados Unidos e adotado pelas agências internacionais de fomento.

Os valores de cada parcela referidos nas tabelas são resultantes de levantamentos no mercado, legislação tributária e trabalhista, experiências anteriores, etc. e por isso não estão sujeitas a incidência de parcelas fixas. Além disto, as incidências sobre os custos diretos são variáveis em função do comportamento da economia local.

Quadro 2.2 – Custo inicial total (CIT)

Composição do Custo Inicial Total (CIT)	Valor
1. Custo direto inicial	
1.1 Equipamentos	
Sistema de ventilação e equipamento auxiliar	C
Instrumentação de controle	0,10 C
Taxas de comercialização	0,03 C
Frete	0,05 C
1.2 Preliminares, materiais e serviços	
Preparação do local	Variável
Fundações e fixação	0,047 C
Dutos e peças especiais	0,024 C
Pintura	0,012 C
Custo total inicial direto	TID
2. Custo inicial de instalação	
Acompanhamento e fiscalização	0,12 C
Instaladora	0,12 C
Mobilização	0,024 C
Testes preliminares	0,012 C
Imprevistos	0,035 C
Custo total inicial de instalação	TII
Custo inicial total	TID + TII

Fonte: KABEL & HEINSOHN, 1999, p. 628, modificada.

No cálculo dos custos indiretos, a ser aplicado aos custos totais anual é incluída uma parcela de amortização (CA) do capital inicial investido, considerando um tempo “n” em anos para recuperação do investimento inicial, diante da oportunidade de aplicação do capital inicial no mercado financeiro, a juros de mercado, levando a um fator de amortização dado pela expressão a seguir.

$$FA = [i (i + 1)^n] / [(1 + i)^n - 1] \quad (2.17)$$

Onde “i” é a taxa de investimento de retorno do capital ou taxa de juros nominais anuais.

Desta forma a parcela de amortização (CA) é o resultado do produto do fator de amortização (FA) pelo capital inicial investido, ou seja :

$$CA = FA \times CIT \quad (2.18)$$

Quadro 2.3 – Custos totais anual de operação e manutenção (CTA)

Custos Totais Anual de Operação e Manutenção (CTA)	Valor
1. Custo anual direto	
Operação e Manutenção regular	
Mão de obra (h/ano, R\$/h)	D1
Materiais (aplicação específica)	Variável
Substituições	
Mão de obra (h/ano, R\$/h)	D2
Peças e materiais	Variável
Infra-estrutura	
Eletricidade (R\$/kW h, h/ano)	D3
Limpeza e disposição de resíduos	
Mão de obra (h/ano, R\$/h)	D4
Taxas de disposição de resíduos	Variável
Custo total anual direto	TAD
2. Custo anual indireto	
Taxas de administração (60% O&M)	D5
Administração (2% CIT)	D6
Seguro (1% CIT)	D7
Taxa municipal de ocupação (1% CIT)	D8
Amortização do valor investido (CA)	D9
Custo total anual indireto	TAI
3. Venda de material inservível	MI
Custo total anual de operação e manutenção	TAD + TAI – MI

Fonte: KABEL & HEINSOHN, 1999, p. 629, modificada.

Tem sido comum a correção dos efeitos de inflação sobre o capital investido o que se reflete nas taxas de juros nominais pela equação a baixo.

$$i = (1 + i_r) \times (1 + r) - 1 \quad (2.19)$$

onde “i” é a taxa de juros nominais e “i_r” é a taxa de juros fixada e “r” a taxa anual de inflação.

As variações de custo com o tempo obedecem a tabelas de índices de custo publicadas regularmente pela área econômica dos mercados nacionais.

O custo final obtido será comparado com o valor do capital patrimonial da empresa e/ou faturamento anual previsto ou efetivo, se a empresa já estiver implantada, para decisão de viabilidade de aplicação do sistema de ventilação geral diluidora

2.4. A segmentação do mercado e sua influência no mercado de trabalho.

Para abordar a questão da produção por pequenas e médias empresas é preciso conceituar alguns elementos básicos.

Trabalho: é inerente ao homem, sendo uma necessidade marcante, por suas repercussões sobre seu corpo e mente;

Processo de trabalho: é composto pelo objeto, os meios de trabalho, a força de trabalho e a organização adotada;

“Organização interna do trabalho” (NORIEGA, 1993, p. 172): é a forma como o trabalho se desenvolve incluindo sua divisão no tempo e no espaço com vistas ao produto final, considerando todos os aspectos envolvidos tanto em sua dimensão técnica quanto operacional. Assim, na forma de organização deverão ser considerados tanto os resultados do trabalho quanto seus efeitos sobre o trabalhador, inclusive, nos aspectos nocivos, imediatos e de longo prazo .

As novas formas de organização do trabalho aplicado nas grandes empresas e algumas poucas empresas de porte médio bem organizadas é hoje o caminho direto de sucesso dos empresários quando avaliados por seus resultados financeiros.

Como visto anteriormente, as pequenas empresas e boa parte das empresas médias, mostram um cenário desolador para o trabalhador, quando comparadas às grandes, pois reúnem os mesmos problemas sem ter os recursos, meios físicos e suporte institucional, à altura de suas necessidades.

Chama-se a atenção nas argumentações introduzidas para o fato das pequenas empresas e boa parte das empresas médias não terem meios, em seu sentido amplo , de competir, nas condições atuais, o que determina sua extinção, absorção ou, quando muito, continuar no mercado com resultados quase de auto sustento ou pequena margem de lucro, com evidente sacrifício de seus empregados.

A administração pública no Brasil, em seus diversos níveis, também não tem como preparar a sociedade a curto prazo para agir de forma disciplinada, ou mesmo, impor proteção ampla, através da fiscalização / vigilância interdisciplinar sistemática, necessária a avaliação do ambiente interno, resultando em diferentes escalões de degradação. Por outro lado, viu-se ainda que os mecanismos de fiscalização / vigilância ao amparo da Lei estão em estruturação o que demandará algum tempo para se efetivar, sob a coordenação do SUS.

A LEI 8.864 de 28/03/1994 (DOU 29/03/1994) “estabelece Normas para as Microempresas - ME, e Empresas de Pequeno Porte - EPP, Relativas ao Tratamento

Diferenciado e Simplificado, nos Campos Administrativo, Fiscal, Previdenciário, Trabalhista, Creditício e de Desenvolvimento Empresarial (ART.179 da Constituição Federal)”, definindo-as em seus dois primeiros artigos do Capítulo 1, transcritos a seguir.

CAPÍTULO I - Do Tratamento Jurídico Diferenciado (ART.1).

ART.1 - Fica assegurado às microempresas e às empresas de pequeno porte tratamento jurídico simplificado e favorecido nos campos administrativo, tributário, trabalhista, previdenciário e creditício, na conformidade do disposto nesta Lei.

ART.2 - Para os efeitos desta Lei, consideram-se:

I - microempresa, a pessoa jurídica e a firma individual que tiverem receita bruta anual igual ou inferior ao valor nominal de duzentas e cinquenta mil Unidades Fiscais de Referência - UFIR, ou qualquer outro indicador de atualização monetária que venha a substituí-la;

§ 1 - O limite da receita bruta de que trata este artigo, apurado no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de cada ano, será calculado considerando-se o somatório das receitas brutas mensais divididas pelos valores das Unidades Fiscais de Referência - UFIR vigentes nos respectivos meses.

§ 2 - No primeiro ano de atividade, o limite da receita bruta será calculado proporcionalmente ao número de meses decorridos entre o mês de constituição da empresa e 31 de dezembro do mesmo ano, desconsideradas as frações de mês.

§ 3 - O enquadramento da firma individual ou da pessoa jurídica em microempresa ou em empresa de pequeno porte, bem como o seu desenquadramento, não implicarão alteração, denúncia ou qualquer restrição em relação a contratos por elas anteriormente firmados.

A classificação de porte de empresa adotada pelo BNDES (BNDES, INTERNET, 28 / jan / 2000) é a seguinte:

”Microempresas: receita operacional bruta anual ou anualizada até R\$ 700 mil (setecentos mil reais).

Pequenas Empresas: receita operacional bruta anual ou anualizada superior a R\$ 700 mil (setecentos mil reais) e inferior ou igual a R\$ 6.125 mil (seis milhões e cento e vinte e cinco mil reais).

Médias Empresas: receita operacional bruta anual ou anualizada superior a R\$ 6.125 mil (seis milhões e cento e vinte e cinco mil reais) e inferior ou igual a R\$ 35 milhões (trinta e cinco milhões de reais).

Grandes Empresas: receita operacional bruta anual ou anualizada superior a R\$ 35 milhões (trinta e cinco milhões de reais).

Ressalva ainda que serão também consideradas como Grandes Empresas aquelas que, embora possuam receita operacional bruta inferior a R\$ 35 milhões, pertençam a grupos econômicos cujo faturamento consolidado ultrapasse esse valor.”

Com vistas a identificar o porte das micro e pequenas empresas no mercado brasileiro obtivemos, por consulta ao SEBRAE através de seu Centro de Documentação e Informação – CDI (jan/2000), os dados a Seguir que situam o porte deste segmento.

- 4,5 milhões de estabelecimentos;
- 4,8% da produção nacional;
- 98,5% das empresas existentes no país;
- 95% das empresas do setor de indústria;
- 99,1% das empresas do comércio;
- 99% das empresas de serviço;
- 60% da oferta de emprego;
- 42% do pessoal ocupado na indústria;
- 80,2% dos empregados no comércio;
- 63,5% da mão-de-obra do setor de serviços;
- 21% do Produto Interno Bruto (ou R\$ 189 bilhões)

Tais dados mostram que o segmento de micro e pequena empresas representam uma capacidade de absorção de mão-de-obra significativa e, sobretudo, responsável por parcela expressiva do PIB brasileiro (21%). Note-se ainda que nestes dados não estão incluídos aqueles relativos às empresas de porte médio o que irá elevar ainda mais os percentuais do segmento em foco.

2.5. A questão dos riscos ambientais nas empresas de pequeno porte do setor industrial.

Colocadas as empresas de pequeno porte como destaque na representação segmentar do cenário comercial vê-se que as do segmento industrial estão localizadas em geral nas áreas urbanas que apresentam hoje não só os maiores índices de concentração populacional, como legado natural do processo de urbanização iniciado no século passado, como também índices de poluição severos. Este quadro foi favorecido pelos avanços tecnológicos, em seu processo de industrialização intensa, com absorção sistemática de mão de obra . Assim, o trabalhador passa a ser vítima natural do processo de degradação ambiental, se suas atividades de sustento têm que ser exercidas em ambientes comprometidos externa e internamente.

Somando-se às questões sócio-ambientais anteriormente apresentadas no Anexo 3, percebe-se, também, que as condições de trabalho no Brasil vêm se constituindo, nas últimas décadas, em um dos principais problemas do país, face a elevada ocorrência de acidentes e doenças do trabalho, representando altos custos diretos para o Estado, aos quais deverão ser acrescidos à sociedade os ônus intangíveis.

No ano de 1995, por exemplo, os casos fatais relacionados com os acidentes de trabalho no país ocorreram na proporção de 9,35 mortes para cada 1000 acidentes registrados, enquanto que nos EUA a taxa foi de 0,95 mortes, ou seja, quase 10 vezes menos. Segundo dados da Organização Internacional do Trabalho (OIT) o Brasil superou países como México (2,97), Espanha (2,97) e Portugal (1,10) neste mesmo ano. Este índice continua crescendo no Brasil. Os dados de 1996, indicaram 14 mortes para cada 1000 acidentes. (Folha de S. Paulo, 16/06/96).

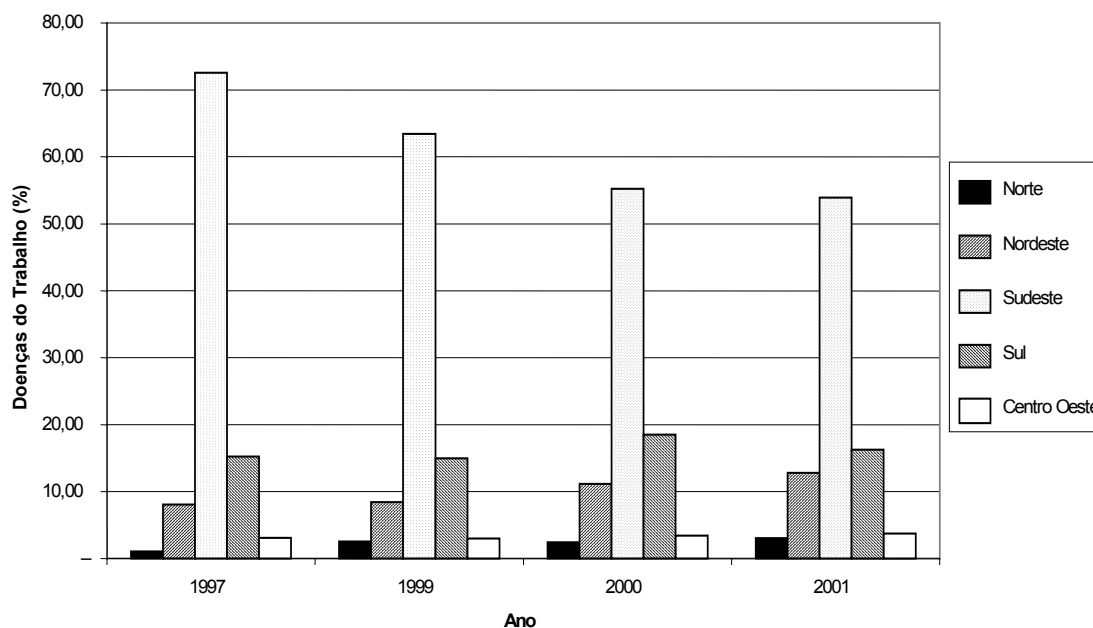
As estatísticas oficiais de acidentes do trabalho, embora parciais, frente a realidade, têm mostrado uma situação preocupante. Na Tabela 2.3 são mostrados os registros de acidentes do trabalho, por tipo no ano de 1997. A tabela ressalta ainda que as regiões de maior industrialização apresentam os maiores índices de acidentes e doenças originárias do trabalho.

Por outro lado, vê-se também na Tabela 2.3 que a região sudeste, em especial, concentra 73% das doenças originadas do trabalho em relação ao número total de registros, sendo que a maior parte (20498 casos), corresponde a registros nos estados de Minas Gerais e São Paulo. Os dados indicam também um maior registro de acidentes típicos em relação aos demais tipos.

Tabela 2.3 – Acidentes de trabalho registrados, por motivo, por regiões em 1997.

Regiões	Total	Tipo		
		Típico	Trajeto	Doença do Trabalho
Norte	6155	5146	703	306
Nordeste	26046	20629	3022	2395
Sudeste	239881	197506	20813	21562
Sul	83209	72309	6368	4532
Centro – Oeste	13774	11119	1743	912
BRASIL	369065	306709	32640	29707

Fonte : Boletim Estatístico de Acidentes de Trabalho - BEAT, INSS com dados extraídos da Comunicação de Acidentes de Trabalho - CAT, DATAPREV, publicada na revista Proteção, Agosto/98 - Ano XI.



Fonte : 1) Boletim Estatístico de Acidentes de Trabalho - BEAT, INSS com dados extraídos da Comunicação de Acidentes de Trabalho - CAT, DATAPREV, publicada na revista Proteção, Agosto/98 - Ano XI.
 2) Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho, Previdência Social, capítulo 1 – Brasil, Grandes Regiões; site www.previdenciasocial.gov.br, maio 2003.

Figura 2.8 - Evolução dos dados de acidentes de trabalho registrados, por motivo e por regiões - 1999 a 2001- comparados aos dados de 1997

O número de doenças registradas, entretanto, não parece corresponder à realidade, diante das informações conhecidas, o que leva a crer que possa estar havendo uma subnotificação desses eventos.

Na Figura 2.8 vê-se a evolução dos acidentes de trabalho registrados dos empregados nas diversas empresas do mercado, por motivo e por regiões, de 1999 a 2001, onde os dados foram comparados aos de 1997. Observa-se que na região sudeste há diminuição dos números de acidentes enquanto nas outras regiões é crescente, a exceção da região sul, que apresenta decréscimo em 2001. Isto chama a atenção para a questão dos riscos ambientais nas empresas. Ao particularizar esta condição para o segmento das pequenas empresas, sem considerar as de porte médio, vê-se que elas, por representar 95% das empresas da indústria e 42% dos empregados no setor industrial, dão a dimensão do problema em termos de custos diretos e indiretos dessas empresas. Isto dá a relevância da questão em termos do Estado. Por outro lado, é necessário ressaltar que os dados apresentados dizem respeito ao segmento com registro por se tratar da área formal da economia. O significado deste ponto reside na questão do porte do segmento ser ainda maior e, portanto, muito mais representativo.

2.6. Tendências e diretrizes possíveis para o setor das pequenas e médias empresas do segmento.

2.6.1. Tendências

As tendências atuais têm sido no sentido de estabelecer relações monocausais para os acidentes ocorridos nas empresas do segmento industrial, como resultado de decisão do empresariado, em busca de se resguardar das conseqüências daí advindas. Isto significa, em último caso, a tese já conhecida de senso comum “dar a vítima a culpa de seu infortúnio”. Este procedimento leva em geral a perda dos elementos básicos de ocorrência dos acidentes o que tem trazido prejuízos de relevância aos processos de trabalho, o mascaramento dos dados e, principalmente, ao comprometimento da base de dados, necessária ao tratamento de pesquisa.

A visão de análise sob focos múltiplos, no interesse de busca das causas reais de ocorrência do acidente, dentro da realidade em que o trabalho é executado, com participação de diferentes áreas do conhecimento e, principalmente, aqueles que estão entre os mais interessados, isto é, os próprios operários, vem sendo discutida como política a ser adotada para a análise de risco, sobretudo dos chamados riscos ampliados, diante das repercussões geradas em acidentes em certos setores (indústrias químicas, indústria do petróleo, transportes especiais, área nuclear, de natureza ecológica e outros). Este conceito “combina perspectivas oriundas tanto das ciências sociais, como da ergonomia contemporânea, articuladas com o enfoque epidemiológico, em que o acidente é tratado como um fenômeno coletivo e de saúde pública.” (FREITAS et al, 2000, p 49)

Esta concepção pode e deve ser também aplicada ao seguimento de pequenas e médias empresas visto que sua representatividade, por si só o justificaria mas também na busca de orientações adequadas às concepções que levem a preservação dos ambientes de trabalho, a custos razoáveis para o empresariado. É claro que a ênfase se dará nas questões voltadas para a Engenharia de Segurança para a maioria dos casos (mais simples), porém, será necessário adotar em outros a mesma metodologia dos casos complexos, diante das particularidades do problema (laboratórios diversos, aplicação de técnicas nucleares etc.)

A iniciativa na direção de se conseguir implantar tais conceitos é tarefa da coordenação do SUS, com participação de órgãos de outros ministérios para que se tenha resultados efetivos.

2.6.2. Diretrizes propostas

A situação do mercado absorvedor de mão-de-obra mostra condições desfavoráveis do ponto de vista da economia, do ambiente e do fortalecimento do capital. Entretanto, o aprendizado dos anos passados geraram os meios para compreensão da situação, indicando o norte das soluções a adotar em que a ênfase deverá estar no aperfeiçoamento da área do trabalho e a promoção da capacitação dos recursos humanos, em seu sentido amplo.

A força do setor das pequenas e médias empresas é ressaltada pelos números expressivos de sua situação no mercado e , principalmente, sua potencialidade no mercado produtivo. As lições da fase inicial do trabalho em grupo parecem esquecidas pelo Estado ao não dar ao segmento os meios de suporte institucionais e de investimento necessários. Nesta questão se deve reconhecer a força das empresas grandes, transnacionais, de natureza monopolista, que se adequam às condições normativas existentes como base de proteção. Apesar disto são ainda capazes de inibir as ações do Estado em busca de preservar seus interesses, fortalecendo o capital.

A área sindical, por outro lado, deve perceber o significado do segmento em foco e buscar os meios adequados para congregar os interesses comuns em torno do objetivo maior de dar aos empregados condições de acesso ao emprego e em condições de conforto e de ambiente saudável.

Finalmente, compartilhar de modo amplo, pela compreensão dos objetivos da diretriz de interdisciplinaridade, no sentido de promover ações que levem a preservação do ambiente de trabalho, conjugando ações do Estado, dos sindicatos e suas representações, e da empresa privada local, fortalecendo o setor do trabalho, como forma única de obter equilíbrio no mercado.

Além disto as áreas acadêmica e industrial devem buscar os meios de suporte necessários à implantação de mentalidade ambiental, em que a saúde do trabalhador seja ponto de foco equivalente ao próprio produto.

CAPÍTULO 3: AS FÁBRICAS DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS

A produção e manuseio do chumbo, como matéria prima de algumas indústrias, geram situações de risco para os trabalhadores, em intensidade crescente com o aumento da demanda do produto. As indústrias de baterias chumbo-ácidas representam um dos setores industriais responsáveis pelo grande consumo de chumbo em países em desenvolvimento (MATTE et al. 1989, *apud* ARAÚJO et al., 1999). Este segmento industrial, no Rio de Janeiro, é composto de empresas de pequeno e médio porte, localizadas em áreas urbanas mistas (residencial e industrial), de natureza familiar, de processo quase artesanal e com reduzido quadro funcional. Entretanto, fazem parte do conjunto de empresas que representam hoje um grande contingente de trabalhadores (micro, pequenas e médias empresas).

Estudos recentes têm apontado problemas relacionados com a saúde dos trabalhadores que, ameaçados pela atual situação econômica do país, submetem-se às condições insalubres e perigosas geradas nos processos de trabalho e nas formas de organização adotadas (MELO et al., 1998; MINAYO-GOMEZ & TEDHIM-COSTA, 1997; FREITAS et al., 2000; PORTO, 2000). Este assunto tem sido objeto de estudos por pesquisadores do CESTE/ FIOCRUZ, em fábricas e reformadoras de baterias instaladas no Rio de Janeiro, mostrando valores muito elevados de níveis de chumbo no sangue (Pb-S) dos trabalhadores. Os valores são maiores que dos trabalhadores de indústrias semelhantes em países desenvolvidos, o que leva a crer em diferencial no controle, processo de trabalho e métodos de segurança adotados. Diversos países têm associado a exposição ambiental ao chumbo com efeitos adversos em diferentes sistemas do organismo humano, incluindo alterações nos sistemas neurológico, hematológico, metabólico e cardiovascular. Embora os efeitos tóxicos do chumbo sejam bastante conhecidos desde épocas remotas e diversas doenças estejam associadas à contaminação por este metal, evidências sugerem que os efeitos de altas exposições ao chumbo continuam a ser um dos maiores problemas de saúde pública e ocupacional (ARAÚJO et al., 1999).

Tendo em vista a gravidade de suas conseqüências, surge a necessidade de adoção de medidas mitigadoras, visando melhorar as condições de trabalho e com isso contribuir para preservar a saúde e segurança dos trabalhadores.

Neste capítulo far-se-á um exame do processo de produção das fábricas de baterias chumbo-ácidas, especialmente do tipo pequenas empresas, ressaltando os riscos

inerentes aos processos, com o intuito de gerar informações que possam subsidiar ações futuras voltadas para a melhoria das condições de trabalho, preservação da saúde dos trabalhadores e do meio ambiente. No desenvolvimento do assunto serão feitas inserções quanto ao chumbo, situando-o como contaminante químico com efeitos conhecidos e bastante divulgados na literatura clássica. Pretende-se ainda dar visibilidade aos problemas enfrentados por este grupo específico de trabalhadores, considerados o processo de trabalho, sua organização e os riscos à saúde. Desta forma, ir-se-á contribuir na busca de soluções condizentes com o quadro sócio-econômico atual e com a realidade vivida pelo operariado no país, propondo uma solução por meio de um sistema de ventilação / exaustão, abordada no Capítulo 6.

3.1. O Chumbo e seus efeitos: considerações iniciais.

A elucidação de fatos atuais aliados a constatação de uma preocupação internacional, direcionada especificamente para as indústrias de reciclagem de baterias chumbo ácidas, como o documento anexado à Convenção da Basiléia (2002), reforçam a importância de se promover o estudo para implementação de medidas de engenharia, inseridas em sistemas de ventilação e exaustão. Para tanto, com embasamento teórico apresentado, além de orientações técnicas de especialistas da área em questão, ALHADEFF (2002) apresentou um conjunto de recomendações, objetivando configurar um dispositivo de captação e limpeza do ar, adequado à retenção do chumbo como contaminante ambiental, visando a preservação do Meio Ambiente.

O chumbo foi focalizado como principal elemento de potencial risco ao ambiente interno e externo às indústrias de baterias chumbo-ácidas, sobretudo daquelas de pequeno porte, estando inserido num processo de reciclagem, sempre presente em procedimentos como o de fusão ou de soldagem, gerando graves riscos à saúde do homem e do Meio Ambiente, podendo causar danos irreversíveis. Este é um risco que, contextualizado desde sua origem e sob todos aspectos, é inquestionável quanto a necessidade de um sistema de controle eficiente. No Capítulo 4 far-se-á uma avaliação do chumbo como elemento químico e suas inserções no Meio Ambiente, enfatizando sua importância na fabricação de baterias chumbo-ácidas, diante das necessidades atuais do mercado veicular.

3.2. Características gerais das fábricas de baterias chumbo-ácidas.

Tendo em vista os objetivos do presente estudo, centrado na melhoria das condições de trabalho e da saúde do trabalhador das empresas fabricantes/reformadoras

de baterias chumbo-ácidas, com foco nas de pequeno e médio porte, pretende-se avaliar as condições de qualidade do ar dos locais de produção (“indoor”) e seus reflexos sobre outras áreas da empresa ou mesmo, para o exterior. Isto demanda o conhecimento do produto e do processo de trabalho, com suas particularidades, para se avaliar a intervenção necessária.

3.2.1. As baterias chumbo-ácidas

Na atualidade, como já citado, um dos principais empregos do chumbo é na indústria de baterias. As baterias, assim como as pilhas, são constituídas de forma a ter a capacidade de transformar energia química em energia elétrica, a partir de reações que ocorrem entre seus componentes.

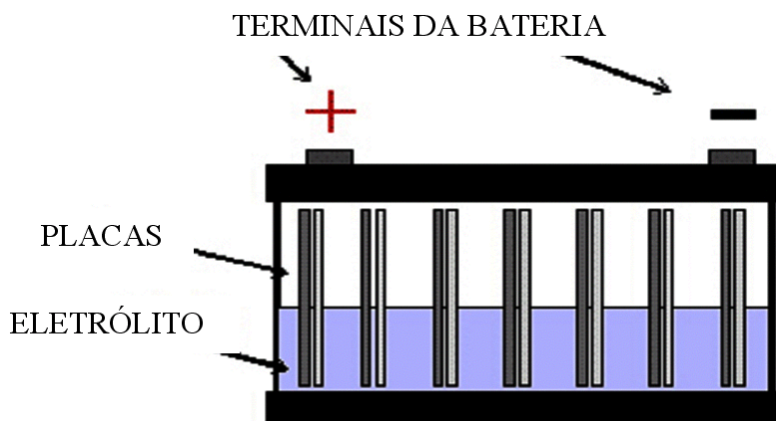
Elas surgiram das experiências do italiano Alexandre Volta, no século XVIII, ao desenvolver a pilha através de uma série de experimentos, com vários tipos de placas metálicas e soluções ácidas. Uma dessas experiências consistiu na aproximação de uma placa de zinco de outra de cobre, separadas por uma tela impregnada de ácido sulfúrico. Desta forma, foi observado que nessas condições, obtinha-se a circulação de uma corrente elétrica muito fraca entre os elementos da composição, caracterizando uma energia pela diferença de potencial. A partir desta observação, intensificou-se a corrente através da disposição de elementos em pilhas, na qual a parte superior constituía-se de uma chapa de cobre (o pólo ou eletrodo positivo) e a parte inferior por uma de zinco (o pólo ou eletrodo negativo). A eficiência deste experimento foi reconhecida como “pilha de Volta”.

A partir de então, todos os geradores eletroquímicos passaram a ser desenvolvidos baseados na composição da “pilha de Volta”, isto é, essencialmente compostos por dois eletrodos e um eletrólito, mesmo com diferenciações de característica. Assim, dependendo do trabalho que desenvolvem e de suas propriedades específicas, estes geradores eletroquímicos podem ser classificados em dois grupos: o dos geradores eletrolíticos primários, que não podem ser recarregados; e os secundários, que são recarregáveis. Os geradores eletrolíticos primários produzem apenas um único processo de descarga, onde suas reações químicas são irreversíveis, e depois de um determinado período de uso, ocorre o esgotamento do gerador devido a degradação total de seus componentes internos. Fazem parte deste grupo as pilhas: zinco-carbono, alcalina, de mercúrio, de prata e de lítio. Entretanto, no grupo de geradores secundários, recarregáveis, pode-se destacar dois tipos que possuem uma diversidade de aplicações:

as baterias de chumbo e as de níquel-cádmio, destacando-se as baterias, ou acumuladores, de chumbo, usualmente as mais comuns.

A bateria de chumbo é formada por uma série de células individuais interligadas. O número destas depende da tensão que se deseja obter. A célula elementar é composta por dois eletrodos à base de chumbo, imersos num eletrólito constituído por uma solução de ácido sulfúrico em água. O eletrodo positivo contém óxido de chumbo (PbO_2) e o negativo contém chumbo de forma esponjosa. Inserido-se um contato eletrolítico entre o anodo e o catodo, se produzirá uma corrente elétrica. A partir desse processo, desencadeiam-se reações químicas no interior da bateria, gerando fluxo de elétrons necessários para manter a corrente circulando. Ao longo destas reações, tanto o óxido de chumbo como o chumbo em estado puro são atacados pelo ácido sulfúrico, resultando em sulfato de chumbo e água. Quando a quantidade de ácido é baixa e a de sulfato é alta, suficiente para cobrir totalmente os eletrodos, há uma diminuição das reações internas e a tensão na bateria decresce, assim como a corrente. Esta vai chegar a níveis tão baixos, de forma que se torna impossível continuar alimentando a carga externa, assim ocorre a condição denominada de bateria “descarregada”.

Inversamente, o processo de carga da bateria, é tal que ela recebe tensão de um gerador externo, provocando passagem de corrente no seu interior, mas no sentido contrário ao da descarga. No resultado desse processo, o sulfato se combina com a água, liberando sobre os eletrodos o chumbo e o óxido de chumbo originais e devolvendo à solução de eletrólito o ácido sulfúrico anteriormente consumido. Contudo, se esta operação de carga se estender além do tempo necessário à eliminação dos sulfatos dos eletrodos, vai se produzir uma sobrecarga da bateria e, a partir de então, a corrente interna fará decompor a água em seus componentes – o oxigênio e o hidrogênio. A Figura 3.1 a seguir mostra a disposição dos eletrodos na carcaça da bateria.



Fonte: CERVO, 2002, p. 31)

Figura 3.1 – Esquema de uma bateria do tipo chumbo-ácida.

A capacidade de fornecimento de energia pela bateria, provém principalmente da quantidade de óxido de chumbo contida no anodo que pode ser facilmente combinada com ácido sulfúrico, para produzir sulfato de chumbo. O catodo contém aproximadamente a mesma quantidade de chumbo existente no anodo, mas sua eficiência durante as reações de carga e descarga é superior. A tensão de cada célula elementar tem um valor nominal de 2V. Durante o processo de carga, três ciclos diferentes se apresentam.

As baterias de chumbo são consideradas as mais econômicas dentre os vários tipos de baterias secundárias, recarregáveis. São amplamente empregadas na área automobilística. Elas podem realizar cerca de 200 ciclos de carga/descarga completos, atingindo até 500/600 ciclos com descarga de 60%. Quando descarregadas tendem a acumular sulfato, reduzindo seu período de vida, mas em condições convenientes de estocagem podem durar de seis meses a oito anos (CERVO,2002).

3.2.2. O processo de produção.

O processo de produção nas fábricas de baterias chumbo ácidas, é composto pelos seguintes elementos: objeto, meio e resultado. A matéria prima constitui o objeto de trabalho - elemento principal ou mesmo auxiliar na sua formação. Assim, as grades para montagem das baterias, constituídas por um conjunto de placas em série, formadas pelo eletrodo negativo, com o formato de uma grade de chumbo metálico, e pela placa positiva que é o dióxido de chumbo (PbO_2) é o objeto de trabalho. As ferramentas são os meios que o trabalhador se utiliza para a montagem e fundição das grades. Estes meios são a própria força do trabalhador, assim como os instrumentos dos quais se utiliza e tudo o mais que serve especificamente para se realizar a tarefa. Por fim, as baterias, já devidamente embaladas para ir para o ponto de estoque de sua comercialização, é o produto final – o resultado.

A conceituação da tecnologia de produção e a organização do trabalho empregados nestas indústrias são caracterizadas por uma realidade em que inexistente a automatização do processo produtivo e onde o principal papel desempenhado é o do trabalhador. Portanto, considerando que num sistema produtivo existam elementos básicos que se relacionam, o homem, a máquina e o produto (FLEURY, 1983), no caso destas indústrias a relação principal é somente homem-produto, desconsiderando as outras possibilidades como homem-máquina ou máquina-produto, pela parcela de intervenção. Neste caso, como não existe automatização, pode se definir o sistema de

produção empregado como “não automatizado”, e que a relação homem-produto é a primordial para a obtenção do produto.

Considerando estas indústrias como sistemas de produção não automatizados, na realidade compõe um sistema artesanal uma vez que o trabalhador tem conhecimento e habilidade para desenvolver as tarefas (FLEURY, 1983). Na descrição a seguir, observa-se que nas etapas de trabalho que são desenvolvidas é constante a citação das ações e/ou tarefas desempenhadas pelo trabalhador, sempre em contato direto com o produto. Desse modo, ele estará sempre exposto ao contato com o chumbo de forma irrestrita quer direta ou indiretamente.

Ao longo das etapas do processo de trabalho, o procedimento de fundição de chumbo é desenvolvido de forma intermitente. Em relação a possibilidade de contaminação por chumbo, embora todas as etapas apresentadas gerem algum tipo de risco, para a contaminação do ar interno, os processos de fundição e encaixe, empilhamento e soldagem podem ser considerados como os de maior contribuição. (ARAÚJO,1996)

A descrição das etapas que são desenvolvidas, nesta categoria de indústria de baterias, compreende:

- Montagem I – tarefa na qual o trabalhador encaixa as grades de chumbo nos conectores, formando as placas que estarão preparadas para a soldagem. Neste processo ocorre uma maior manipulação do material, acomodando-se as placas em função dos pólos negativos e positivos para serem encaminhadas ao processo seguinte, o processo de soldagem.



Figura 3.2 – Montagem das placas.

- Soldagem – é a execução da soldagem das placas de chumbo aos pinos e conectores com a utilização de maçarico. Na realização desta tarefa, o trabalhador deve se utilizar de Equipamentos de Proteção Individual, como óculos de proteção à radiações e máscaras de proteção respiratória, para evitar que a liberação do monóxido de carbono provocado pelo maçarico seja inalada.



Figura 3.3 – Soldagem das placas de chumbo para instalação dos pinos.

- Montagem II – outro processo de montagem é realizado, só que neste são as placas no interior das caixas de baterias, que normalmente são constituídas de borracha ou plásticos endurecidos, como o poliestireno ou polipropileno, onde são agrupadas de acordo com sua polaridade.
- Lacre – é o processo de lacre das caixas plásticas na máquina seladora, onde se transformam em baterias propriamente ditas. Este processo é o de colocação da bateria na referida máquina que utiliza o calor para fechá-las. Neste processo, há um maior risco de queimaduras nos trabalhadores, onde as temperaturas são altas, e também há geração de vapor, prejudicial para o trabalhador.
- Enchimento – processo em que se enche as baterias com solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) diluído em água. O ácido sulfúrico fica disposto em galões menores para ser posteriormente misturado com água em tonéis de plástico maiores. O procedimento de enchimento da bateria, se realiza em uma

depressão extensa, porém rasa, no chão da fábrica (usualmente denominado de “banheira” pelos trabalhadores).

- Carga elétrica – após todas as baterias estarem cheias, elas são armazenadas em prateleiras onde vão receber carga elétrica por um período de aproximadamente 48 horas. As baterias recebem a carga proveniente de cabos conectados a uma maquinaria elétrica, com mostradores indicativos da corrente e voltagem, recebida à proporção que se realiza o carregamento elétrico. O controle do carregamento é feito pelos próprios trabalhadores, escrevendo num quadro a data e a hora para controle de carregamento elétrico das baterias.
- Resfriamento – ocorre após o término da carga das baterias, quando então estas permanecem em prateleiras, em processo de resfriamento, por aproximadamente três horas.
- Embalagem – é a última atividade do processo, onde um trabalhador é responsável por envolver a bateria em plástico e aquecê-lo com um “soprador” de ar quente para fechá-la.
- Estocagem - após estarem embaladas, as baterias são colocadas na área de estoque para venda.

Há também outras fontes potenciais de contaminação, como os tonéis de ácido sulfúrico, os locais de esvaziamento e enchimento do ácido nas caixas, etc.

No caso das reformadoras de baterias a abertura das caixas das baterias usadas também representa uma fonte de risco, quando realizada de forma mecânica ou manual. Sob este aspecto, também é importante uma observação do local de armazenagem das baterias usadas que chegam à indústria, assim como o local de depósito de sucatas e resíduos provenientes de todo o processo de reciclagem, que podem se tornar grandes fontes geradoras de contaminação do ar e do solo. Portanto, ao longo de todo processo de trabalho de reciclagem das baterias de chumbo ácidas, existem fontes potenciais de poluentes que devem receber cuidados específicos, a partir da abertura e lavagem das baterias.

3.2.3. A questão do trabalhador no processo de produção.

A análise do trabalho do homem, desenvolvido ao longo de um processo contínuo, requer uma avaliação permanente do processo e do ambiente, pelas conseqüências que possam ser geradas para o trabalhador bem como para o ambiente

onde é realizado. Isto se torna mais significativo quando as constatações levam a danos à saúde do ambiente e do homem.

O ponto central do conceito de “processo de trabalho” pode ser identificado como os “modos de andar a vida”, emergentes das condições ambientais determinadas por elementos essenciais definidos pela inserção social específica por grupos, num processo biopsíquico histórico das coletividades humanas. (LAURELL & NORIEGA, 1989) Neste caso se acredita dar conta das formas sociais específicas sob as quais se dá a relação entre o homem e a natureza, utilizando o conceito de “processo de trabalho” numa visão marxista e que se centraliza na análise da produção social do nexo biopsíquico humano. Assim se entende o caráter social deste processo através do qual “o homem se apropria da natureza transformando-a e transformando a si mesmo, ou seja, no processo de trabalho”. (LAURELL & NORIEGA, 1989). Pode-se complementar este conceito com a afirmativa de que no metabolismo entre o homem e a natureza surge o que se tem chamado de condições ambientais das coletividades humanas, através e diante das quais se constituem os “*modos de andar a vida*”. (LAURELL & NORIEGA, 1989)

Neste contexto se destaca a relação da força de trabalho com o meio ambiente, desenvolvida através de um processo, com atenção dirigida ao resultado do que o homem pode fazer com a natureza, e da mesma forma, como esta pode agir sobre ele. Relação que gera a preocupação com a saúde do trabalhador, em que um dos determinantes é o processo de trabalho.

A consideração dos elementos básicos do processo de trabalho, que são o objeto de trabalho, os instrumentos de trabalho e o próprio trabalho, passa a ter importância significativa nesta análise. O objeto de trabalho pode ser analisado por suas características físicas, químicas, mecânicas e também a forma como é feito e qual é a sua finalidade, sob um enfoque social. Os instrumentos de trabalho, ou a “tecnologia” por sua vez, devem ser compreendidos sob a ótica de sua conformação técnica, assim como a materialização de uma determinada relação entre capital e trabalho. E, por fim, o trabalho, tendo que ser entendido como processos corporais, assim como “*uma expressão concreta da relação de exploração através de sua organização e divisão*” (LAURELL & NORIEGA, 1989). Estes elementos básicos sofreram modificações ao longo da história, que em cada fase mostrou a predominância de um determinado tipo de processo de produção, com sua organização própria.

Decorrente deste movimento através do tempo, Mendes e Dias (1991) caracterizam uma situação nem um pouco favorável sob o enfoque da saúde do

trabalhador, assim como sua decorrente correlação com o meio ambiente, visando mostrar em que condições estão as recentes fases dessas mudanças.

A década de 70 testemunha profundas mudanças no processo de trabalho. Num sentido mais “macro”, observa-se uma forte tendência de “terceirização” da economia dos países desenvolvidos, isto é, o início de declínio do setor secundário (indústria), e o crescimento acentuado do setor terciário (serviços), com óbvia mudança do perfil da força de trabalho empregada.

*Ocorre um processo de transferência de indústrias para o Terceiro Mundo, - uma verdadeira transnacionalização da economia – principalmente aquelas que provocam poluição ambiental ou risco para a saúde (asbesto, **chumbo** (grifo dos autores), agrotóxicos, e outros), e das que requerem muita mão de obra, com baixa tecnologia, como é o caso típico das “maquiladoras”, que rapidamente se instalam nas “zonas livres” ou francas, mundo afora. Os países do Terceiro Mundo, afligidos pela elevação dos preços do petróleo e pressionados pela recessão que se instala universalmente, buscam o desenvolvimento econômico a qualquer custo, aceitando e estimulando esta transferência, supostamente capaz de amenizar o desemprego e gerar divisas. (MENDES & DIAS, 1991, pg. 345.)*

Esta é a realidade em que nos encontramos. Uma visão da situação geradora do movimento atual, quando os prejuízos são distribuídos à todos inseridos no meio ambiente, onde deve se pensar em intervir de forma tal que, a partir de uma análise dos processos de trabalho, inicie-se um “contra movimento”. Isto representa a atuação do próprio homem, utilizando-se de medidas de engenharia adequadas, visando inverter o processo por ele gerado, e que está em confronto, agindo diretamente sobre sua saúde.

3.3. Diretrizes técnicas internacionais para reciclagem de baterias.

Os países da Comunidade Européia, reunidos em 1989 na Basiléia – Suíça, decidiram, em convenção, “Controlar, a nível internacional, os movimentos transfronteiriços e a eliminação de resíduos perigosos para a saúde humana e o ambiente”. O Brasil, em 1992 aderiu à chamada Convenção de Basiléia, em cumprimento ao interesse maior de proteção ao meio ambiente e a saúde ambiental. Este programa tem contado com o apoio das Nações Unidas, através de seu Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA.

Em maio de 2002 um grupo técnico da Convenção da Basiléia publicou as diretrizes para a reciclagem segura de baterias usadas, entendendo o papel desempenhado pelo chumbo como contaminante ambiental, com reflexos na população em geral. Este trabalho consistiu na *Preparação de orientações técnicas para um controle ambientalmente saudável de baterias chumbo ácidas usadas*, anexado ao texto da Convenção. Nele são identificados os riscos do ponto de vista de contaminação ambiental, visando chamar a atenção para correções necessárias. No Anexo 4 estão

transcritos os pontos principais deste documento, centrado nas medidas aprovadas para tornar a reciclagem de baterias mais seguras.

3.3.1. Medidas aprovadas para tornar a reciclagem de baterias mais seguras.

O documento preparado pelo grupo técnico que trata de resíduos tóxicos para a Convenção da Basileia, sintetizado no Anexo 4 enfatiza os seguintes pontos:

- as vantagens da reciclagem do chumbo, onde há a preocupação da extensão do tempo de vida de recursos naturais, desta forma também reduzindo custos monetários e de conservação de energia, que são muito maiores no processo de extração natural;
- a elucidação do problema da toxicidade ao ambiente e a saúde humana;
- a condição de ampla reciclabilidade deste elemento, onde se apresenta o procedimento e o funcionamento de uma bateria, bem como suas aplicações;
- grande mercado para este produto, dependendo do país em questão.

Apresenta o processo de reciclagem, partindo da descrição de etapas que podem ser consideradas como pré-reciclagem (a coleta das baterias como sucata, seu transporte e armazenagem), orientando quanto aos cuidados a ser implementados na realização destes procedimentos, onde a questão de vazamentos ocupa lugar de destaque. Assim, orientações como a utilização de vias mais afastadas e menos movimentadas para o transporte, o revestimento do piso e a ventilação adequados na armazenagem são considerados. Dá ênfase ao trabalhador, pelo possível contato direto com o contaminante, recomendando pelo menos a utilização de equipamentos de proteção individual.

3.3.2. Tendências para o futuro.

As atividades de monitoramento implicam em custos de material e equipamento bem como pessoal especializado, o que representa problemas orçamentários, especialmente para as empresas de pequeno e médio porte. Assim, é preciso se obter dados que levem a implantação de sistemas capazes de garantir a saúde ambiental na indústria de reciclagem, e, por isso, essas empresas deverão receber informações que hajam de forma persuasiva, amparadas por incentivos governamentais para promovê-los. Essas orientações estão implícitas no documento, elaborado pelo grupo técnico, vinculado à Convenção de Basileia.

Em última análise se compreende que o documento elaborado segue algumas das principais recomendações dos processos propostos para implantação de um Sistema de

Gestão Ambiental, conforme preconizado na Norma da ABNT ISO-14001. Para melhor compreensão desta relação, Alhadef e Fortes (2001) utilizam a exemplificação de um sistema de gestão ambiental, sintetizado em uma proposta para empresas de pequeno porte, seguindo aquela Norma, tendo por objetivo orientar os passos para a implementação de um processo contínuo de melhoramentos. A base do processo proposto está centrada na implantação de um Sistema de Gestão Ambiental - SGA, de caráter experimental, do tipo Ciclo de Deming (MOURA, 2000), precedido pelo estabelecimento da política ambiental da empresa.

Entende-se, pois, ser esta diretriz a ser adotada como política governamental, tão logo se tenham elementos definidos pelos centros de pesquisa, seguido de um programa paralelo de preparo dos Serviços de Vigilância Sanitária em todos os níveis governamentais.

3.4. Sistema de retenção de poluentes recomendado para a indústria de reciclagem de baterias chumbo-ácidas.

O delineamento de um problema de contaminação ambiental está configurado no momento atual, evidenciando a necessidade de se obter soluções e/ou recursos tecnológicos para atender a demanda a ser inserida no conceito do desenvolvimento sustentável, em conformidade com a Agenda 21, onde se entrelaçam questões de saúde humana, saúde ambiental, desenvolvimento tecnológico, políticas internas e internacionais.

As perspectivas para o problema exposto sobre contaminação ambiental devem ser vistas de forma otimista, uma vez que, constatado o problema, também se apresentam formas de solução.

A elucidação de fatos atuais aliados a constatação de uma preocupação internacional, direcionada especificamente para as indústrias de reciclagem de baterias chumbo-ácidas, como o documento anexado à Convenção da Basileia, reforçam a importância de se promover o estudo para implementação de medidas de engenharia de prevenção e proteção inseridas em sistemas de ventilação e exaustão, com foco nos sistemas de retenção de poluentes/contaminantes do ar. Para tanto, com embasamento teórico apresentado, além de orientações técnicas de especialistas da área em questão, construiu-se um primeiro passo para um conjunto de recomendações objetivando configurar um sistema de captação adequado a retenção do chumbo como contaminante ambiental.

O chumbo foi focalizado como principal elemento de potencial risco ao ambiente interno e externo às indústrias de baterias chumbo-ácidas, estando inserido num processo de reciclagem, sempre presente em procedimentos como o de fusão ou de soldagem, gerando graves riscos à saúde do homem e do meio ambiente, podendo causar danos irreversíveis. No Capítulo 4 a questão do chumbo como contaminante e, portanto, um risco reconhecido, é contextualizado, desde sua origem, enfatizando a necessidade de seu controle por um sistema de monitoramento ambiental eficiente tanto internamente quanto para o exterior.

Constatados os processos e dispositivos que existem disponíveis como opções para a realização da limpeza do ar contaminado no ambiente interno de uma indústria, antes deste ser lançado à atmosfera, algumas considerações podem ser realizadas sobre quais deles podem ser viáveis e eficientes para uma indústria de reciclagem de baterias chumbo ácidas, constituída por uma micro ou pequena empresa. Contudo, estas considerações, sob forma de recomendações, utilizaram como base os dados disponíveis, levantados ao nível do conhecimento disponível.

O importante é considerar que a captura de material particulado, fumos ou pós volantes em suspensão nos gases, como no caso em estudo, deve ser viabilizada, podendo ser realizada por meio de vários processos utilizados, independentes ou simultaneamente, levando em consideração duas premissas básicas:

- as partículas a serem retidas antes de alcançar o ar no exterior, são partículas microscópicas constituintes e resíduos de chumbo, material que é fundido em várias etapas do processo de reciclagem. Podendo chegar a ter o tamanho da próprio átomo do chumbo, isto é, poderá ser menor do que $0,01 \mu$.;
- a concentração é também muito pequena, onde pode-se ter $0,1 \text{ mg/m}^3$, que é o limite de tolerância máximo admitido para exposição de até 48 horas semanais, conforme a Norma Regulamentadora NR-15, ANEXO N°11.

Quanto aos sistemas de retenção, consideradas estas premissas, Alhadeff (2002) conclui que as bases de um sistema de retenções para estes casos deve ser do tipo precipitadores eletrostáticos por apresentar “um maior alcance em relação ao tamanho da partícula, considerado eficiente para dimensões de $0,01\mu$, podendo operar em altas temperaturas e ser aplicável a qualquer vazão de gás/vapor, somente necessitando de um controle quanto a resistividade da poeira. A eficiência é devida ao processo em que a partícula é eletrizada e a seguir capturada por um campo elétrico. Este sistema possui larga aplicação em atividades que produzam fumaças, névoas, onde existam fornos em

geral (usinas siderúrgicas, metalúrgicas, caldeiras, cimenteiras, etc), de todos os portes, assim como em locais que não possa haver qualquer tipo de contaminação.

Este sistema de captação apresenta o processo (ionização da partícula e ação de campo elétrico) que mais parece se adequar ao caso em estudo, onde o chumbo poderá estar em dimensão molecular, incluindo-se a vantagem de sua manutenção ser simples e barata, mas devendo levar em consideração a manutenção do sistema elétrico para a operação do precipitador. O equipamento apresenta dimensões variadas, conforme a demanda e/ou modelo do fabricante. Contudo é o sistema de captação e tratamento de maior custo inicial (KABEL & HEINSOHN, 1999 p. 640). Para tanto, é importante que venham a ser estudados todas as possibilidades de sua implementação nas indústrias de reciclagem de baterias chumbo ácidas, onde deverá ser especulado a minimização deste custo de várias formas: desde um estudo mais apurado das emissões, suas concentrações, e captação direta na fonte, para possibilitar a redução do volume de gás/vapor a ser tratado e, proporcionalmente, o tamanho do equipamento, assim como uma proposta de viabilidade financeira a ser subsidiada por entidades ou órgãos governamentais. As duas alternativas de recomendação podem estar juntas, uma vez que se tem demonstrado a conscientização da importância do processo de reciclagem, e do desenvolvimento sustentável, sem prejuízos ao homem e ao meio ambiente.

Consideradas as recomendações apresentadas e ressaltando a questão de uma captação direta sobre a fonte, a sugestão de um estudo detalhado em cada indústria é o procedimento correto de proteção coletiva para o trabalhador inserido no ambiente. Assim, sempre realizando amostragens para se obter as concentrações nas emissões e tamanho das partículas, além de restringir as áreas de emissões, com objetivo de reduzir o volume de ar contaminado a ser filtrado e a dimensão do equipamento de retenção a ser implementado, será possível manter o ambiente saudável.

Neste tipo de indústria também ocorre a produção de outros vapores, como por exemplo, os do ácido sulfúrico (H_2SO_4) e os do dióxido de enxofre (SO_2), que também necessitam de um processo de captação, o que permite a este trabalho contribuir para a avaliação de sistemas de retenção destes e/ou de outros mais poluentes, contaminantes presentes numa dada indústria. O caso do chumbo, devido ao seu grande risco de contaminação, foi o foco do presente trabalho diante dos objetivos fixados. Entretanto, isto não exclui a possibilidade de se prosseguir, em outro estágio, para uma análise de processos de captação comum aos poluentes presentes, ou mesmo de uma composição de sistemas de retenção em casos muito mais complexos.

CAPÍTULO 4: EFEITOS DOS CONTAMINANTES QUÍMICOS SOBRE O HOMEM COM FOCO NO CHUMBO

Os efeitos produzidos pela poluição do ar e em especial por contaminantes químicos, podem vir a se manifestar no organismo humano a curto, médio e longo prazo, dependendo de sua toxicidade e concentração. No caso dos ambientes internos, fechados, as concentrações dos contaminantes gerados no local, o tempo de exposição e mesmo o nível de tolerância de cada indivíduo em relação aos níveis médios de tolerância, irão determinar o seu grau de agressividade.

Alguns aspectos dos efeitos danosos das substâncias poluentes, encontradas na atmosfera, sobre a saúde do homem, foram relacionados no Anexo 1 (Quadro A1.3 - Poluentes mais frequentes, suas fontes e impactos) destacando algumas questões incidentes sobre populações inteiras.

As ocorrências registradas de interferência da poluição atmosférica, de origem antropogênica, têm trazido preocupações constantes aos governos dos países, especialmente os mais desenvolvidos, por sua natureza de saúde pública. No caso dos ambientes fechados, principalmente aqueles de natureza industrial, onde as atividades de produção implicam na geração de contaminantes, os efeitos sobre os trabalhadores são cumulativos, dando margem a exigências maiores, no tratamento da diluição das massas de ar.

Um ar poluído pode afetar a saúde tanto através do sistema respiratório quanto pela via digestiva pelo consumo de água e/ou alimentos ou ainda por via cutânea. Tais substâncias afetam o sistema vital através do sangue ou por meio do metabolismo do corpo humano (MORGAN & SEATON, 1984).

4.1. Efeitos fisiológicos dos contaminantes.

É preciso levar em consideração as diversas formas de estado físico original dos contaminantes dispersos no ar, para se compreender os efeitos fisiológicos causados pelos poluentes no organismo humano, em função do tipo de absorção pelo corpo humano: via respiratória, digestiva ou cutânea/mucosa.

Quanto ao seu estado físico os contaminantes podem ser:

- I. sólidos: denominados de aerossóis, divididos em: poeiras, classificadas em diversos tipos segundo o diâmetro médio do grão, em geral proveniente de processos de trabalho com minérios, madeiras, grãos, asbesto, sílicas,

substâncias e compostos químicos produzidos em indústrias como por exemplo as químio-farmacêuticas; fumos provenientes da condensação ou oxidação de substâncias sólidas à temperatura ambiente, gerados em processos como os de soldagens, fundições, extrusões, etc.

- II. líquidos: classificam-se em névoas, provenientes de processos onde ocorra ruptura mecânica de líquidos, pulverizações e sprays, como nos processos de jateamento e pintura, além das neblinas, provenientes de condensação de vapores de substâncias líquidas, à temperatura ambiente.
- III. gasosos: em que se tem gases que é a denominação de substâncias não líquidas ou sólidas em condições normais de temperatura e pressão (elementos químicos naturais como o Oxigênio, Nitrogênio, Hidrogênio etc.), com característica molecular específica; e os vapores, classificação para substâncias em fase gasosa, mas que, em condições normais de temperatura e pressão, se encontram em estado sólido ou líquido.

Quanto aos efeitos fisiológicos sobre o organismo são classificados normalmente como:

- irritantes – são os que produzem ação química ou corrosiva; são vesificantes e causam inflamações nos tecidos e vias respiratórias; provenientes de poeiras alcalinas, amoníacos, cloro, iodo, ozônio, ácido sulfúrico, gases de motores, dióxido de nitrogênio, etc.;
- asfixiantes- os que provocam asfixia por redução da concentração de oxigênio no ar ambiente, interferindo no processo vital de absorção de oxigênio no sangue e tecidos; provenientes de compostos como o monóxido de carbono, dióxido de carbono, etano, hélio, metano, sulfeto de hidrogênio, gás sulfídrico etc. Deve-se ressaltar ainda a falta de oxigenação no sangue, denominada de anóxia anoxêmica, produzida pelos chamados “venenos hemáticos” : monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, arsênio, chumbo, trióxido de nitrogênio, benzeno.
- narcóticos – aqueles capazes de produzir ação depressiva no sistema nervoso central, causando um efeito anestésico após absorvido pelo sangue; proveniente de éteres, acetona, hidrocarbonetos, etc.;
- intoxicantes sistêmicos - que são os compostos que podem causar intoxicações agudas ou crônicas; gerando lesões nos órgãos (ex.: hidrocarbonetos alogenados), no sistema formador do sangue (ex.: hidrocarbonetos aromáticos – benzeno, tolueno, naftaleno, etc.), no sistema

nervoso (ex.: álcoois, éteres, etc.); e ações intoxicantes por compostos inorgânicos (ex.: formados com fósforo, enxofre, cianuretos, etc.) ou metais tóxicos como o chumbo, o mercúrio, o cádmio, berílio, cromo, etc.

O material particulado, oriundo das poeiras, fumos, e névoas, dos quais se destacam as poeiras, produtoras de pneumoconioses (endurecimento e perda de flexibilidade do tecido pulmonar), geralmente são provenientes das sílicas e asbesto. Também denominam-se de poeiras inertes aquelas que não produzem maiores reações fisiológicas, como as do carvão; e de alergizantes bem como as que também podem atuar sobre a pele, como as provenientes de madeiras, óleos vegetais, pólenes, resinas, partículas de ácidos, entre outras.

4.2. Efeitos sobre o sistema respiratório.

Os efeitos da poluição do ar de zonas industrializadas sobre a saúde pode gerar reações que são encontradas em qualquer nível do trato respiratório.

Com relação às doenças ocupacionais pulmonares, René Mendes (1995) apresenta uma classificação baseada na reação tecidual, nos tipos de agentes envolvidos, ou no quadro clínico predominante. No Quadro 4.1 é apresentada a classificação clínica de doenças ocupacionais, com ampla visão das patologias do trato respiratório.

Quadro 4.1 - Classificação clínica das doenças ocupacionais pulmonares:.

Doenças Agudas	
Trato respiratório alto	<ul style="list-style-type: none"> • Irritação/inflamação de cavidades nasais e seios da face, faringe e laringe, por inalação de gases ou partículas irritantes e/ou tóxicos • Rinite alérgica
Trato respiratório baixo	<ul style="list-style-type: none"> • Asma ocupacional (incluindo bissinose e síndrome de disfunção reativa das vias aéreas)
Doenças do parênquima pulmonar	<ul style="list-style-type: none"> • pneumonites por hipersensibilidade • pneumonites tóxicas
Doenças pleurais	<ul style="list-style-type: none"> • Derrame pleural
Doenças Crônicas	
Trato respiratório alto	<ul style="list-style-type: none"> • Úlcera do septo nasal
Trato respiratório baixo	<ul style="list-style-type: none"> • Bronquite crônica ocupacional • Enfisema pulmonar • Limitação crônica ao fluxo aéreo
Doenças do parênquima pulmonar	<ul style="list-style-type: none"> • Silicose • Asbestose • Pneumoconioses dos trabalhadores do carvão • Outras pneumoconioses (incluindo reações granulomatosas)
Doenças pleurais	<ul style="list-style-type: none"> • Fibrose pleural (emplacas ou difusa)
Carcinomas do trato respiratório	<ul style="list-style-type: none"> • Adenocarcinomas dos seios da face • Carcinoma broncogênico • Mesotelioma

Fonte: R. Mendes (org. 1995), "Patologia do Trabalho"

As partículas mais perigosas, inaláveis e respiráveis podem apenas ser avaliadas por meio de instrumental de medição apropriado. Quanto ao seu tamanho, e possibilidade de inalação, os parâmetros são os apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Tipos de poeiras associadas ao sistema respiratório. (classificação pelo diâmetro médio em μ)

Tipos de poeira	Diâmetro médio (μ)
Sedimentável / visível	$\varnothing > 10$
Inalável	$\varnothing < 10$
Respirável	$\varnothing < 5$

Fontes: Manual de Segurança Industrial, (1999,)e A. J. Macyntire, p. 5,7 e 271)

4.3. Relações de causa e efeito no processo de trabalho.

As relações trabalhador - ambiente têm sentido particularmente significativo quando se pretende analisar as razões de um comprometimento à saúde gerado pela atividade profissional. Estas relações se tornam mais importantes a medida que o tempo de ocupação é levado em consideração no histórico de um trabalhador, sobretudo se um mesmo tipo de atividade, exercida em processos de trabalho semelhantes, é dominante na vida profissional.

Entende-se como processo de trabalho, para fins da análise clínica, o conjunto detalhado das operações desenvolvidas dentro de uma empresa, considerando desde a entrada das matérias-primas até o produto final, e sua expedição. Para tanto são necessárias informações detalhadas sobre fluxo interno e processos industriais a que são submetidas as matérias-primas; reações intermediárias que possam sofrer; produtos intermediários; riscos de acidentes; vazamentos; escapes de gases; presença de material particulado; vapores e gases no ambiente; carga horária de trabalho; turnos; ritmo das operações; produtividade; destino de despejos industriais etc.

A história clínica de um paciente compreende sua inserção nos processos de trabalho em que esteve envolvido, complementada com dados de antecedentes pessoais e familiares, com ênfase em sintomas que possam ser associados a dados da atividade laboral.

4.4. Limites de tolerância.

Viu-se que os efeitos da ação dos contaminantes sobre o organismo humano, são os mais diversos, atuando sobre ele conforme a sensibilidade individual. Por isto produz

reações individualizadas que se transformam em doenças. No caso das doenças vinculadas ao sistema respiratório, resultantes da qualidade do ar nos ambientes de trabalho, as mais comuns são as alergias, rinites, asma e bronquites, enfisemas, tuberculose pulmonar, silicose, asbestose, pneumoconioses de forma geral e o câncer pulmonar. Além destas há inúmeras outras associadas, resultantes da passagem para o sangue, por onde o contaminante químico é transportado aos diversos órgãos do corpo humano, neles se localizando. A partir daí é possível a produção da lesão, conforme o grau de toxicidade e a concentração do contaminante.

A questão da individualidade dos organismos às concentrações de contaminantes têm sido tratada de forma estatística e por isto os resultados vem sendo sistematicamente sendo revistos a medida que as séries temporais o exigem. Assim as concentrações destas substâncias no ar tem sido tratada por seus limites de tolerância (LT) observados em situações específicas e estabelecidos sob forma de normas, onde o nível limite de toxicidade de uma substância é especificado. É, portanto, o nível até onde se considera aceitável a concentração do contaminante, principalmente no que diz respeito aos locais de trabalho, pela possibilidade de condições ambientais que possam ameaçar a saúde do trabalhador.

Os limites de tolerância (LT's), associados às diversas situações, mencionados tanto nas Normas Regulamentadoras (NR) como na bibliografia clássica, estão sendo apresentados em tabelas identificadas, no Anexo 5. Elas compreendem:

- Tabela A5.1: Valores Limites Máximos para Poeiras, Fumaças e Neblinas Tóxicas
- Tabela A5.2: Órgãos Afetados, Doenças e Outros Males Causados nos Empregados, por Alguns Produtos Químicos Largamente Fabricados;
- Tabela A5.3: Concentrações Consideradas Fatais ao Homem.
- Tabela A5.4: Limites de Tolerância para Agentes Químicos. Valores teto segundo a NR – 15, Anexo 11

4.5. Os efeitos do chumbo nas fábricas de baterias do tipo chumbo-ácidas.

A questão central neste item reside na preocupação sobre quem está atuando diretamente em contato com as fontes provedoras de poluentes, considerando os inúmeros e diversificados efeitos nocivos que determinadas substâncias produzem à saúde humana, quando as concentrações atingem níveis elevados e são provenientes, principalmente, de fontes antropogênicas.

As diversas manifestações fisiológicas e também psíquicas, acarretadas por elementos do processo laboral, podem se tornar nocivas à saúde dos trabalhadores.

O ambiente onde se desenvolvem as atividades laborais, passíveis de estar expostas a riscos de contaminações por emissão de poluentes, de forma geral, está influenciado hoje pelo processo de globalização, o qual tem levado as empresas a procurarem cada vez mais desenvolver a sua produção dentro de um processo altamente competitivo e de baixo custo, como mencionado no Anexo 3. Atualmente as metas de produção dessas empresas, levam a que os trabalhadores sejam submetidos a condições de trabalho cada vez mais precárias, expondo-os a situações de trabalho insalubres e perigosas – envolvendo riscos físicos, químicos, ergonômicos e mecânicos dentre outros, decorrentes da atividade laboral.

4.5.1. O chumbo como elemento químico.

O chumbo é virtualmente onipresente no meio ambiente como resultado de sua ocorrência natural e sua utilização industrial. Ele é encontrado em pequenas quantidades na crosta terrestre. É um elemento químico do grupo dos metais não ferrosos maleável, resistente e mal condutor de eletricidade. Sua simbologia química é *Pb*, derivado do Latim *plumbum*, sendo seu número atômico 82. Tem características nitidamente metálicas, com cor azulada e brilhante, e quando em prolongada exposição ao ar, torna-se cor cinza opaco. É um metal dobrável, facilmente fundível - funde à temperatura de 327,4 °C, e ferve a 1740 °C - com densidade de 11,34 g/cm³. Com o chumbo pode-se formar numerosos sais, óxidos e compostos organometálicos. Dentre suas formas químicas destacam-se o chumbo orgânico (chumbo tetraetílico, naftenato de chumbo, esterato de chumbo) e o inorgânico (dióxido de chumbo). O chumbo é relativamente resistente aos ácidos sulfúrico e clorídrico, entretanto dissolve-se lentamente em ácido nítrico.

O chumbo por si só não se modifica, mas seus compostos se alteram por ação da luz solar, do ar, e da água. Quando lançado no ar, sob forma de partículas, fumos ou vapores, ele pode ser transportado a longas distâncias antes de assentar e se agregar às partículas do solo. A partir daí pode ocorrer também uma transposição para as águas subterrâneas, dependendo do tipo de composto de chumbo e das características do solo. Contudo, a maior parte do chumbo encontrado no solo dos centros urbanos provém de casas antigas, pintadas com tinta a base de chumbo, e de instalações hidráulicas em tubulações de chumbo. Ele possui uma vasta gama de aplicações, e é um dos metais mais utilizados no mundo.

Na atualidade, sua maior quantidade é utilizada industrialmente na fabricação de acumuladores elétricos (baterias), chegando a totalizar 2/3 do consumo total, seja na forma metálica ou de óxido de chumbo. Outras aplicações do chumbo são encontradas na fabricação de tanques de armazenamento de substâncias corrosivas, na indústria de munição, na indústria tipográfica - sob a forma de ligas para a produção dos tipos de impressão -, na indústria automotiva, - em vários tipos de reparos, principalmente, na fabricação de radiadores -, na proteção a determinados tipos de radiação e na soldagem de latas. No passado, o chumbo já foi extensivamente utilizado em caixas de água e tubulações domésticas de água, assim como suas ligas já foram amplamente utilizadas em tintas para pintura de interiores, devido as suas características de cor natural (o óxido de chumbo é vermelho). Outras ligas ainda são utilizadas na indústria de corantes e também como “primer” para a proteção de metais em geral. Deve-se ressaltar que as concentrações de chumbo no ambiente se elevaram de forma alarmante com a Revolução Industrial, principalmente como resultado de seu uso na gasolina. O chumbo pode ser absorvido pelo ser humano, sendo concentrado em geral nos ossos.

4.5.2. O chumbo no ambiente de trabalho.

Nos ambientes de trabalho em que o chumbo é manipulado, ele se evidencia sob qualquer estado físico. Além da exposição proveniente do ambiente em geral, muitas atividades conduzem à uma maior exposição, tais como: indústrias de fundição e refinamento, fábricas de baterias, lojas de reparo de radiadores, entre outras. A principal utilização do chumbo, em países em desenvolvimento, está na fabricação de baterias. (ATSDR, 1990; MATTE et al., 1989 in ARAÚJO, U.C., 1996.)

A presença do chumbo em qualquer ambiente, principalmente nos das atividades de trabalho é um dado que se deve chamar a atenção, sobretudo com possibilidade de sua transposição para outros ambientes, ampliando a preocupação quanto a potencialidade da contaminação. Cervo (2002, p.34) destaca em uma citação de Skerfving (1993) onde ele chama a atenção para os efeitos externos a um ambiente.

Deve-se lembrar que, além da contaminação no interior do meio ocupacional, as emissões industriais podem aumentar os níveis ambientais de chumbo, principalmente em áreas vizinhas a estas indústrias, pois nelas são utilizados processos e tecnologia obsoletos e, em geral, tais empresas têm instalações precárias, são ampliadas sem planejamento ou cuidados com a purificação do ar, funcionando como fontes de emissão de chumbo para o ambiente externo.

As formas que a contaminação humana pode ocorrer são por inalação, ingestão e/ou contato direto com a pele.

O maior risco de intoxicação está associado aos trabalhos onde se produzem poeiras ou vapores do metal, visto que as partículas de chumbo inaladas ou ingeridas são absorvidas pelos trabalhadores numa proporção média de 40% e 10%, respectivamente (*MARQUES, 1993 in ARAÚJO, U.C., 1996.*)

A presença de chumbo no local de trabalho não significa risco de intoxicação. Ele existirá quando da conjugação de fatores diversos, que influenciem a existência de vapores ou partículas respiráveis (menor que 5μ de diâmetro médio da partícula). Não existe uma regra simples para a categorização dos locais de trabalho. O que poderá determinar a existência e dimensão dos riscos é o processamento do chumbo em temperaturas elevadas, formando fumos, poeiras e aerossóis, em temperaturas acima de 1.000°C , e as condições do ambiente em que estiver inserido (ventilação e exaustão, limpeza, sistemas de captação e retenção, entre outros).

O risco inerente ao chumbo tem que ser continuamente monitorado e controlado. O conhecimento de seus efeitos sobre a saúde do homem se ultrapassados os limites de tolerância, contaminando-o, quer ele esteja trabalhando diretamente com o chumbo, manipulado no interior de indústrias, ou simplesmente sujeito à exposição por residir nas proximidades destas, é fundamental para aplicação de medidas protetoras.

4.5.3. Chumbo: limites de tolerância.

No Brasil, segundo as Normas Regulamentadoras da Portaria 3.214, na NR15 – Atividades e Operações Insalubres, Anexo nº 11- lista os agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho. O valor limite à exposição máxima ao chumbo ali referido não pode ultrapassar a concentração no ambiente de $0,1 \text{ mg} / \text{m}^3$ de ar, calculado pela média aritmética das concentrações das amostras. É o limite para ambientes de trabalho onde o chumbo se apresente como um aerodispersóide. A Tabela A5.4 (ver Anexo 5): Limites de Tolerância para Agentes Químicos. Valores teto segundo a NR – 15, Anexo 11, mostra os valores de diversos agentes químicos, entre os quais o do Chumbo.

Alguns dos limites estabelecidos pelas principais instituições internacionais, para exposição ocupacional (ambiente interno) são apresentados na Tabela 4.2 a seguir onde

os valores de concentração do Chumbo no Ar são colocados de forma comparativa segundo as instituições reconhecidas como representativas na área de domínio.

Tabela 4.2 - Limites de tolerância de chumbo no ar em mg/m³ por instituição

Instituição	Concentração do chumbo em mg/m ³
Occupational Safety & Health Administration - OSHA	0,2 (TLV) 0,05* (PEL)
American Conference of Governmental Industrial Hygienists - ACGIH	0,45 (STEL) 0,05* (TLV - TWA)
Normas Regulamentadoras NR 15	0,1 (LT)

Fontes: OSHA sampling/data (ver site de referência na Bibliografia)

ACGIH 2001

TWA = Time Weighted Average

SOUZA et al. p. 452 Quadro N° 1 – NR 15.

STEL = Short Time Exposure Limit

PEL = Permissible Exposure Limit

NOTAS: * chumbo inorgânico;

LT = Limite de Tolerância

TLV = Threshold Value Level

O limite para a exposição não ocupacional ao chumbo, no ambiente externo, conforme dados do EPA - United States Environmental Protection Agency, foi estabelecido como **2µg/m³** (EPA, USA). (UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM, Technical Working Group of The Basel Convention, Geneva, 2002)

O principal método analítico utilizado para se determinar as concentrações do chumbo no ar ambiente é a Espectrometria de Absorção Atômica.

4.5.4. O chumbo como contaminante da saúde.

O chumbo é utilizado de forma intensiva há longo tempo e sua história de intoxicação é extensa. Hipócrates foi o primeiro a associar os sintomas da intoxicação a seu fator causal. Mais tarde, na Idade Média, Paracelso (1493 – 1540) volta a registrar a intoxicação por chumbo quando descreve a “doença dos mineiros”. (MALTA et al, 1998)

A primeira descrição moderna de cunho científico de intoxicação por chumbo foi realizada em 1839 por Tanquerel, com base em 1.200 casos. Seu estudo foi tão completo que, desde então, pouco foi acrescentado aos sinais e sintomas clínicos da intoxicação.

Mesmo com o amplo conhecimento de causa, apresentação clínica e da prevenção da intoxicação por chumbo, esta patologia ainda é comum em todo o mundo, principalmente nos países em desenvolvimento. Os casos atuais de intoxicação são, em

geral, mais brandos do que os de há 50 anos. No entanto, as estatísticas demonstram apenas uma pequena parte do problema, e geralmente não consideram a intoxicação subclínica.

A intoxicação por chumbo é uma doença crônica, às vezes com episódios sintomáticos agudos que levam ao efeito crônico, irreversível. Como é uma substância tóxica, persistente e acumulativa que põe em risco a saúde, se deve ter um rigoroso cuidado de prevenção, em casa e fora dela, com ênfase na higiene pessoal básica e familiar. Quando absorvido, em função de sua concentração e sensibilidade individual, o chumbo pode afetar quase todos os órgãos e sistemas no corpo humano, sendo o mais sensível, o sistema nervoso central. O chumbo também danifica os rins e o sistema reprodutor. Os efeitos sobre o ser humano são os mesmos para qualquer forma de absorção. Frequentemente a intoxicação pelo chumbo não é diagnosticada no começo porque os sinais iniciais e os sintomas não são específicos e a exposição não é suspeitada, sendo esta uma das maiores causas de contaminação na população em geral.

4.5.4.1. As formas de absorção.

A absorção do chumbo pelo corpo humano, tem como principais vias o trato gastrointestinal e o sistema respiratório. A primeira varia com a idade. Os adultos absorvem aproximadamente de 10 a 15% da quantidade de chumbo ingerida, podendo chegar a 50% em mulheres grávidas e crianças.(MENDES, 2003 org.)

A absorção por via respiratória vai depender do diâmetro das partículas, sendo maior quando seu tamanho for menor que 1 μ . Pode ocorrer também a absorção por via cutânea. Este é o caso da exposição ao chumbo tetraetila, o que segundo alguns autores depende do estado do metal. A absorção só é facilitada quando se encontra na forma lipossolúvel.

O chumbo inorgânico, após a absorção, é conduzido pelo sangue, e distribuído nos tecidos moles, principalmente nos rins, medula óssea, fígado e cérebro. No fígado, parte é excretada na bile e a outra parte vai penetrar na circulação do sangue. Após algum tempo dentro do organismo humano, ele se redistribui e se deposita nos tecidos mineralizados - ossos e dentes (cerca de 95% da carga corporal total). São pequenas as quantidades que vão se acumular na substância cinzenta do cérebro e nos gânglios da base. Por se ligar aos eritrócitos, facilitando a sua distribuição pelos tecidos moles, atravessa membranas. Quando no sangue está associado aos eritrócitos (99%), também

podendo aparecer no plasma (1%) quando o chumbo está presente em altas concentrações. Sua excreção do organismo humano é realizada através de diversas vias, mas principalmente pela excreção renal e gastrointestinal. Outras vias de eliminação são o suor, a saliva, os cabelos, as unhas, o leite materno, a descamação epitelial e os dentes. A eliminação no organismo de adultos é extremamente lenta nos ossos, tendo atingido a meia vida estimada em 25 anos; de 40 dias nos tecidos moles e 25 dias no sangue. (MENDES, R. 2003).

4.5.4.2. Manifestações clínicas e efeitos adversos.

Os sintomas mais comuns incluem cólicas abdominais, constipação, cefaléia e irritabilidade. Intoxicação grave pode causar coma e convulsões. Intoxicação crônica pode causar distúrbios de aprendizagem (em crianças) e neuromotoras. (TIERNEY et al, 1998) Quando ocorre intoxicação aguda em crianças, os sintomas decorrentes são anorexia, vômitos, convulsão, dano cerebral permanente e lesão renal reversível. No caso de intoxicação crônica, a criança tem perda de peso, anemia e deficiência no sistema nervoso, de uma forma geral afeta o crescimento físico e mental.

No adulto, as manifestações provenientes de intoxicações agudas estão associadas à grave desconforto gastrointestinal, progredindo até anormalidades intensas do sistema nervoso central. Na manifestação crônica, é comum um sinal neurológico característico, denominado “queda do punho”, onde ocorre um enfraquecimento indolor dos músculos extensores da mão. Também são manifestações crônicas distúrbios de memória, de atenção, de aprendizado, de hiperirritabilidade e hiperatividade. Após exposições prolongadas ao chumbo, em altos níveis, o indivíduo pode desenvolver um quadro clínico denominado de “linha de Burton”, caracterizado por uma linha escura que se apresenta no limite entre a gengiva e os dentes, a qual é associada à deposição de pó de chumbo e outras poeiras na gengiva resultante de hábitos precários de higiene. (MALTA et al, 1998)

Um resumo dos sinais mais importantes que já foram encontrados sobre os efeitos do chumbo no organismo humano, é o que se segue no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Sinais vitais dos efeitos do chumbo no organismo humano segundo o grau de comprometimento.

Intoxicação Crônica	Intoxicação Aguda	Efeitos Raros
• Hipertensão arterial	• Hipertensão arterial	• Íleo paralítico
• Perda auditiva	• Disritmias	• Obstrução pilórica
• Linhas de chumbo na garganta	• Encefalopatias	
	• Dor de cabeça	
• Sabor metálico	• Deficiência da inteligência	
	• Neuropatia periférica	
	• Falta de equilíbrio (com os olhos fechados)	

Fonte: Malta, et al, 1998.

O diagnóstico é baseado na medida da concentração de chumbo no sangue. Níveis no sangue total menor do que 10 µg/dl são usualmente considerados normais. Níveis entre 10 e 25 µg/dl são associados ao comprometimento do desenvolvimento neurocomportamental em crianças. Níveis de 25 a 50 µg/dl podem estar associados à cefaléia. Níveis de 50 a 70 µg/dl estão associados com toxicidade moderada e maiores do que 70 µg/dl estão freqüentemente associados com intoxicação grave. (TIERNEY et al, 1998).

O diagnóstico em geral baseia-se na história clínica e evidência de exposição. Contudo, os sinais e sintomas clínicos apresentados pelo indivíduo está associado ao diagnóstico. A confirmação do diagnóstico, entretanto, deve ser realizada através de exames regulares do tipo: dosagem de chumbo no sangue (Pb-S); dosagem de chumbo urinário; dosagem de ácido delta-aminolevulínico na urina (ALA-U); dosagem de coproporfínas na urina; atividade da enzima delta-aminolevulínico desidratase eritrocitária; plumbúria pós-queilação; avaliação da função renal; hemograma e hematoscopia, e eletrocardiograma.

Os efeitos de uma forma em geral são: hematológicos, neurológicos, renais, gastrointestinais, cardiovasculares, entre outros.

Quanto ao tratamento, o principal procedimento para a intoxicação pelo chumbo é o afastamento imediato do paciente da fonte de exposição. Entretanto, o tratamento sintomático também é igualmente importante, podendo ser necessário o uso de antiarrítmicos, hipotensores, analgésicos, etc. Mas o tratamento específico da intoxicação consiste no uso de quelantes, sendo os mais comumente usados o sal cálcio

dissódico do ácido etilenodiaminotetracético (CaNa_2EDTA), o dimercaprol (BAL) e a D-penicilamina. (KLAASSEN, 1991; RIGOTTO, 1992 in MENDES, 1995)

4.6. Indicadores biológicos dos efeitos do chumbo sobre os trabalhadores para controle ambiental.

A combinação do controle ambiental com o controle biológico constitui uma forma de associação necessária ao controle das exposições dos trabalhadores nos ambientes de produção. Isto significa em última análise se proceder a um monitoramento planejado do local onde houver geração de contaminantes, de modo que ambiente e usuários estejam sendo acompanhados de forma contínua. Isto leva a que se determine os valores de concentração de contaminantes C_i gerados no ambiente, os valores de referência VR e os índices biológicos máximos permitidos aos usuários, respectivos.

A Norma NR-07 define o valor de referência VR e o índice biológico máximo permitido como sendo:

- VR \Rightarrow “valor possível de ser encontrado em populações não-expostas ocupacionalmente”;
- IBMP \Rightarrow “valor máximo do indicador biológico para o qual se supõe que a maioria das pessoas ocupacionalmente expostas não corre o risco de dano à saúde.” (SOUZA et al, 1998, p. 191)

Na avaliação das condições ambientais de uma área de produção é preciso considerar questões fundamentais, determinantes das relações ambiente - usuário, do tipo:

- relação - dose interna - efeito , isto é, monitoramento, e os limites respectivos;
- limite biológico recomendado por razão de saúde: nível não nocivo de substâncias químicas ou de seus produtos de bio-transformação em material biológico, no qual não se observe risco significativo ou efeitos adversos à saúde;
- indicadores biológicos definidos na NR-07, adotados para controle biológico de exposição ocupacional

R. Mattos declara que a “intoxicação pelo chumbo é uma doença intimamente associada ao trabalho e, portanto, a fixação de critérios de diagnóstico para este caso se

torna mais complexo por se subordinar à discussão do estabelecimento dos limites de tolerância biológicos como confirmação.” (2001, p.65). Os indicadores definidos na NR-07 Quadro I, para o controle biológico da exposição ocupacional ao chumbo, são: P_b-S e ZPP, no sangue, e ALA-U, na urina.

Em termos comparativos vê-se que os índices de P_b-S têm valores diversificados em termos internacionais, como visto na Tabela 4.3 a seguir, onde os níveis de ação apresentam também diferenças pois se colocam em uma faixa desde sem indicação (NE) a valores variados até 50 µg/dl , com limites biológicos seguindo a mesma linha, ampliada até valores de 70 µg/dl.

Tabela 4.3 - Limites biológicos de exposição ao chumbo p_b-s em µg/dl adotados no brasil, em comparação com alguns outros países

País	Sexo			VR		Nível de Ação	Limite Biológico
	Homem	Mulher	NE	1989 – 1991	1993 - 1995		
Alemanha	X	X		17	9	50	70
				12	7	25	35
Brasil			X	40	40	NE	60
CCE			X	4 a 27,6	-	NE	NE
Dinamarca			X	9	6	25	50
Itália	X	X		31	15	35	70
				22	9	35	40
USA (ACGIH)			X	11	7	NE	30

Fonte: R. Mattos (2001, p. 67)

NOTA: NE = não especificado.

O chumbo em sangue P_b-S tem sido o indicador mais utilizado para avaliação da carga corpórea ao chumbo. Entretanto, os indicadores biológicos ALA-U e ZPP têm também, sido utilizados como prática complementar à monitorização para controle ambiental. Nesta relação não estão incluídos o ALA - D e o P_b-U, outros indicadores pesquisados com a finalidade de avaliação do chumbo. Desses apenas o ALA - D tem merecido referência mais constante diante da instabilidade de valores gerados pelo P_b-U, sobretudo em casos de baixa concentração de chumbo. Por outro lado, ele tem sido

“considerado um excelente indicador para avaliar a fração potencialmente tóxica da carga corpórea total” (MATTOS, R., 2001, p. 73).

O ácido delta aminolevulínico desidratase – ALA-D, é uma enzima inibida pelo chumbo e tem demonstrado ser um indicador sensível e, por isso, utilizado como ferramenta importante no diagnóstico do chumbo. Contudo, a inibição total da enzima a níveis entre 40 e 60 $\mu\text{g/dl}$, não o classifica como indicador adequado às exposições ocupacionais (SKERVING, 1993).

O ácido delta aminolevulínico urinário (ALA-U) é um indicador que vem sendo utilizado mais recentemente e de resultados satisfatórios em termos de monitorização biológica do chumbo.

A protoporfirina (ZPP) é outro indicador utilizado como biomarcador da exposição ocupacional ao chumbo com base na propriedade física de sua fluorescência que aparece nos eritrócitos nos casos de intoxicação crônica ao chumbo. Além disso, sua correlação com o $P_b\text{-S}$, embora não linear durante a exposição, mantém os níveis de tendências dominantes. Após o final da exposição um novo estado de equilíbrio é estabelecido e, a partir deste ponto, uma correlação linear entre $P_b\text{-S}$ e ZPP é observada.

Existem outros indicadores de dose interna e de efeito, mencionados na literatura porém sem apresentar representatividade generalizada, com base às situações de exposição, tais como: corprotoporfinas (CP-U), chumbo nos dentes ($P_b\text{-D}$), chumbo no cabelo ($P_b\text{-C}$) e concentração de chumbo nas fezes ($P_b\text{-F}$).

R. Mattos (2001), em estudos recentes no Instituto Oswaldo Cruz – IOC, defende a troca do ALA-D para indicador de exposição ao chumbo, em substituição a todas as outras formas de enzimas, por ser de efeito mais sensível e específico que os demais. Propõe ainda sua utilização nos exames ocupacionais de admissão trabalhista, em conjunto com o $P_b\text{-S}$. Chama a atenção, contudo, para a manutenção do indicador de efeito $P_b\text{-S}$ mas recomenda a inclusão dos indicadores de efeito $P_b\text{-U}$, ALA-U e ZPP nos programas de monitorização por avaliarem adequadamente a exposição, serem menos invasivos e utilizarem matriz biológica de fácil coleta. Propõe, ainda:

- 1) adoção do valor **27,6 $\mu\text{g/dl}$ de $P_b\text{-S}$** , para nível de ação, ou seja, ponto de implantação de medidas de segurança ambiental;
- 2) atualização do valor de referência de normalidade para **20 $\mu\text{g/dl}$** . Observe-se que isto representa reduzir em 50% o nível de referência adotado hoje no Brasil (40 $\mu\text{g/dl}$) recomendado nas norma NR-07, Quadro 1 (SOUZA, 1998 p. 183), exigindo maior controle ambiental.

CAPÍTULO 5: PESQUISA DE NOVOS MATERIAIS PARA USO NOS DUTOS DOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO / EXAUSTÃO DAS EMPRESAS DE PEQUENO PORTE DO TIPO FÁBRICAS DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS

A pesquisa em torno dos sistemas de ventilação/exaustão, vinculadas à linha de pesquisa dos Métodos de Engenharia Aplicados em Melhoria da Qualidade do Ar em Ambientes de Trabalho, vem sendo desenvolvida no CESTEH/ENSP/FIOCRUZ, desde 1998.

A partir de 1999, deu-se início a pesquisa de novos materiais dos dutos dos sistemas de ventilação/exaustão, aplicáveis às empresas de pequeno e médio portes, como base do sistema de renovação de ar nos ambientes de trabalho, resultantes do processo laboral. Pretendeu-se buscar materiais alternativos, capazes de conciliar aspectos como simplicidade, eficiência e baixos custos de instalação e operacionais. Três aspectos guiaram a pesquisa: o comprometimento à saúde dos empregados envolvidos nas atividades das fabricas; o desconhecimento dos empresários do segmento fabril quanto à natureza ambiental do processo de trabalho e a incapacidade do Estado, em seus diversos níveis, de servir como mediador, provendo assistência adequada de suporte industrial.

O planejamento de execução da pesquisa incluiu como fase precedente um plano de visitas a algumas das fábricas e reformadoras de baterias do tipo chumbo-ácidas, localizadas no município do Rio de Janeiro, onde foram medidos alguns parâmetros ambientais, tais como calor, concentração de poluentes, ruído etc. Em decorrência foi constatada a necessidade prioritária de se prover tais indústrias de soluções específicas para a melhoria na qualidade do ar, em função dos problemas identificados. Em particular, os valores encontrados de concentração de aerossóis dispersos no ar e vapores resultantes das atividades de reaproveitamento do chumbo, como parte do processo de trabalho, evidenciaram a necessidade de intervenção no ambiente.

Constatados os problemas e suas naturezas, cabe à engenharia uma contribuição efetiva para melhorar esta situação, através de seus métodos e técnicas dentro de um conceito de visão holística dos ambientes de trabalho e desta forma buscar a melhoria da saúde ambiental e principalmente de proteção ao trabalhador. Tais medidas visam adequar o ambiente de trabalho às condições satisfatórias de uso, mantendo os níveis internos de qualidade do ar pelo menos em seus valores mínimos mas capazes de assegurar condições à preservação da saúde dos trabalhadores. A referência básica para

estes limites são os índices de tolerância estabelecidos nas normas existentes e disponíveis para os ambientes industriais. Entretanto, para estabelecer uma meta realista de controle ambiental e segurança do processo de trabalho adotado, dever-se-á buscar:

- 1) níveis máximos de 27,6 µg/dl de P_b-S para os índices biológicos dos trabalhadores, adotando-se para valor de referência de normalidade 20 µg/dl de P_b-S, como mencionado no Capítulo 4;
- 2) concentrações máximas de chumbo no ar da ordem de 0,1 mg/m³ (LT recomendado, NR-15, Anexo 11, Quadro N° 1).

A busca por soluções foi a ênfase deste período da pesquisa. A principal solução a ser adotada, analisando-se os estudos anteriores, é a utilização de mecanismos de purificação de ar, materializados por sistemas de ventilação e exaustão. A partir desta diretriz a pesquisa voltou-se para a área da Engenharia de Controle de Poluição em Interiores, objetivando auxiliar na busca de soluções para os ambientes industriais, com foco nas fábricas de pequeno e médio porte. Isto se justifica, pois, tomado o caso das empresas fabricantes de baterias do tipo chumbo-ácidas, elas enfrentam grandes dificuldades com as emissões de vapores tóxicos para o ambiente interno, com repercussão para o ambiente externo, tendo problemas para saná-las devido à falta de conhecimento técnico, de suporte institucional, de recursos financeiros e de fiscalização governamental, como mencionado acima. Estas empresas localizam-se em áreas de alto índice demográfico, gerando riscos aos trabalhadores e às populações vizinhas.

Considerando as questões levantadas foram feitas pesquisas para a obtenção de materiais para a utilização em sistemas de ventilação/exaustão, com foco nos meios condutores do ar- dutos, plenuns, etc. - , tomando como base o sistema referido no item 2.3 do Capítulo 2, diante da possibilidade de redução nos custos iniciais de investimento dos empresários do setor. Identificados os materiais disponíveis no mercado foram selecionados os mais apropriados para utilização nos sistemas de ventilação, levantadas suas propriedades, testadas previamente em modelo matemático, para definição da perda de carga unitária, de modo a medir e avaliar sua eficiência sistêmica.

5.1 Objetivos.

O principal objetivo desta etapa foi a pesquisa de materiais com possibilidade de utilização em sistemas de ventilação/exaustão que atendessem pelo menos aos seguintes requisitos:

- parâmetros aerodinâmicos equivalentes aos dos materiais utilizados tradicionalmente, para que seja mantida a eficiência;

- custo reduzido em comparação com os materiais clássicos.

Um objetivo paralelo, todavia importante, foi a busca por Centros de Pesquisa que desenvolvessem ou dessem suporte às empresas que pesquisam materiais, com as características próprias para utilização nos sistemas de ventilação/exaustão, e sua posterior catalogação, para avaliação de tendências quanto a novos materiais e suas possibilidades de uso futuro.

5.2 Ventilação e exaustão: fundamentos teóricos.

No Anexo 2 está sendo apresentada a conceituação básica do escoamento dos fluidos compressíveis e incompressíveis, particularizado para o escoamento do ar, visando sua aplicação aos sistemas de ventilação/exaustão. Desta forma apresentar-se-á neste item alguns aspectos gerais que sirvam de fundamento aos objetivos da pesquisa de materiais, consolidando as metas fixadas.

Basicamente viu-se que existem dois tipos de sistemas de ventilação: a Ventilação Geral e a Ventilação Local.

Ventilação Geral: consiste na criação de correntes de ar de grande massa, através de ambientes confinados, visando a melhoria nas condições de trabalho, mediante controle da temperatura, da distribuição e purificação do ar e, em alguns casos, da umidade. Pode ser dividida em:

- Ventilação geral para manutenção do conforto e eficiência do ser humano: recria, pois as condições do ar antes da intervenção do agente humano, ou seja, tenta eliminar o calor e as condições desfavoráveis ao trabalho. É, também, chamada de *Ventilação geral de ambientes normais*;
- Ventilação geral visando à saúde e à segurança do ser humano: é a responsável pelo controle de agentes nocivos às pessoas, tais como gases, vapores e partículas, ou seja, deve ser utilizado em ambientes industriais em que ocorram emissões destes agentes. É, também, conhecida por *Ventilação Geral Diluidora* ou *Ventilação por Diluição*. Pode ser realizada através de:
 - Insuflação e exaustão naturais;
 - Insuflação mecânica e exaustão natural;
 - Insuflação natural e exaustão mecânica;
 - Insuflação e exaustão mecânica.

Ventilação Local: deve ser usada sempre que houver emissão de partículas, que por sua alta toxicidade e periculosidade, pela sua concentração e o ritmo de produção não podem, e não devem, ser eliminadas, apenas, por um sistema de Ventilação Geral, sob pena de aqueles que trabalharem perto da fonte sofrerem graves conseqüências.

5.3 Testes experimentais.

Na experiência planejada tomou-se por base a Equação da Continuidade que rege o escoamento de um fluido, neste caso sob forma adequada aos escoamentos de fluidos incompressíveis, ou seja:

$$Q = \int v \, dA = \int v \, dA \cos \theta = v \int dA = vA \quad (5.1)$$

onde: Q é a vazão;

v é a velocidade do fluido;

A é a área da seção transversal de escoamento e dA é o segmento representativo do elemento de área;

θ é o ângulo entre o vetor velocidade e o plano de contenção do elemento de área.

Para a aplicação deste modelo deve-se fazer algumas hipóteses simplificadoras:

- ângulo formado pelos vetores velocidade é zero;
- módulo da velocidade é constante;
- a massa específica do fluido ρ se mantém constante ao longo de todo o escoamento.

A partir desta base, tem-se que $\cos \theta = 1$; v, como é constante, permite que se façam algumas transformações na equação (5.1), tirando-a da integral. A velocidade terá módulo igual a média das velocidades medidas nos diversos pontos da seção transversal, constituindo o critério adotado na prática para as medições de velocidades em um ponto de captação.

5.4 Procedimento.

A pesquisa dividiu-se nesta fase em duas etapas: uma de mercado e outra experimental, para avaliação dos materiais novos. Na primeira, procedeu-se a busca por materiais e seus parâmetros definidores. Para tanto foram realizadas buscas de

instituições de pesquisa voltadas para novos materiais aplicáveis a condução de fluidos, para uso nos sistemas de ventilação/exaustão. Foram adotadas três vertentes de trabalho sendo uma através da navegação em páginas da Internet, no plano nacional e internacional; na outra buscou-se contatos com Centros de Pesquisa que trabalham com desenvolvimento de novos materiais e a terceira, a identificação das empresas que comercializam os materiais desenvolvidos e já em uso no Brasil, visando a obtenção de valores de venda para composição dos orçamentos, visando a avaliação de sua adequabilidade ao porte das pequenas e médias empresas.

A pesquisa foi conduzida pelo emprego das palavras-chave: *centros de pesquisa, engenharia de materiais, polímeros, plásticos, metais e polietileno*. Ainda nesta etapa, em complemento às atividades de pesquisa foram feitas visitas a duas empresas particulares: uma do ramo de ventilação e exaustão; a outra, uma empresa fabricante de tubos e dutos de plásticos para uso geral. Em ambos os casos foram feitos esclarecimentos que as informassem quanto aos objetivos da pesquisa, suas etapas e o caráter prático da mesma, mostrando as possíveis aplicações e o papel do segmento particular na contribuição à melhoria da qualidade do ar. Nesta fase procedeu-se ao uso de um aplicativo, desenvolvido para avaliação da perda de carga contínua nos dutos aplicáveis aos sistemas de ventilação e exaustão. Ele foi elaborado com base na fórmula de Colebrook (1938-1939), de modo a calcular de forma precisa o valor da perda de carga nas tubulações, a partir dos valores do Número de Reynolds (NR), do coeficiente de atrito (f) e da rugosidade (e) do material empregado nos dutos. (FORTES, HERMIDA al., 2001). No Anexo 6 estão sendo mostrados os recursos do aplicativo e uma demonstração exemplificativa.

A segunda etapa, de natureza experimental, consistiu em se realizar testes experimentais de fases do processo de ventilação/exaustão e elaborar um manual de procedimentos a serem seguidos. Estes testes visaram oferecer termos comparativos para verificação da eficiência de peças específicas e do material em diferentes partes do sistema, buscando fazer comparações com os materiais atualmente empregados.

Foi utilizado o sistema disponível no laboratório de ventilação/exaustão, implantado no CESTE/ FIOCRUZ, com suporte da JICA, através de convênio em vigor. O sistema compreende um conjunto do tipo *push-pull*, controlado por um centro de operações, capaz de produzir condições próximas às existentes nos ambientes industriais e portanto simular a realidade. É dotado de aplicativos (*softwares*) e equipamentos de medição (anemômetros, manômetros, tubos de Pitot etc.) capazes de informar e registrar os parâmetros de avaliação necessários aos experimentos.

As Figuras 5.1 e 5.2 mostram fotografias do laboratório em vista geral. A Figura 5.2 mostra a instalação para medições de velocidades à entrada de um captor para determinação do coeficiente de perda de energia.



Figura 5.1 – Vista geral do laboratório de ventilação/exaustão implantado no CESTE/UFPA

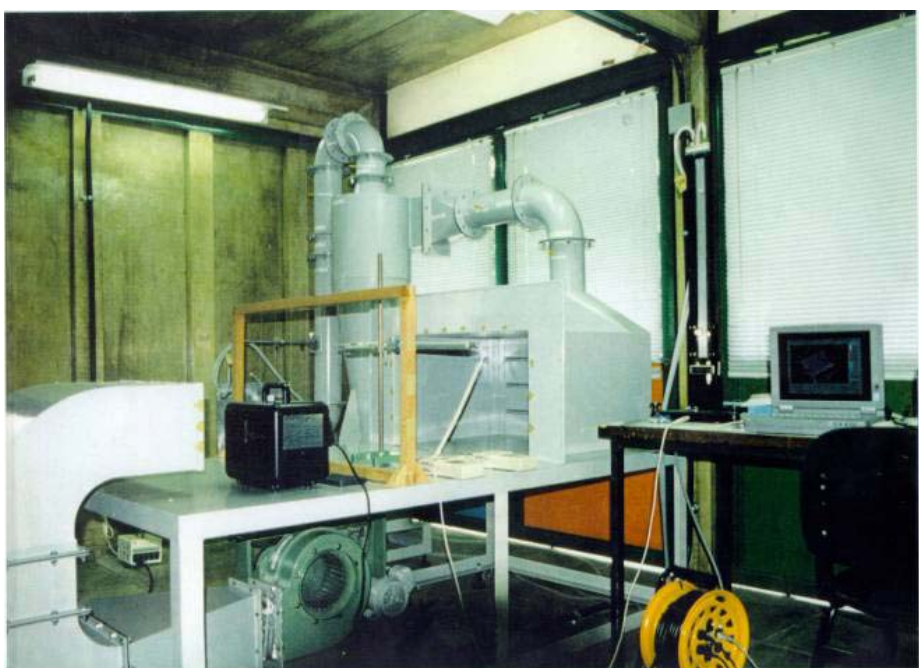


Figura 5.2 – Instalação para medições de velocidade à entrada do captor para avaliação das perdas de energia.

Para o desenvolvimento das experiências colocou-se à entrada do captor e à saída do duto de ventilação, sistemas de referência locais do tipo x-y, materializados por meio de fios de *nylon* dispostos a intervalos regulares, com os fios colocados nas

posições horizontal e vertical, formando retângulos, em igual número nos dois sentidos, de modo que o total de medições seja no mínimo de 16 pontos, como recomendado pela AGCIH (1995, p. 9.9).

As medições de valores foram feitas através de um aparelho medidor de velocidades – anemômetro, identificado como *anemomaster*, capaz de informar também, a cada medição, os valores de temperatura e umidade ambientes (Especificações: velocidade: a 900 pés/min \pm 2% pés/seg; temperatura: -10 a 60° C \pm $0,5^{\circ}$ C; umidade relativa: 0 a 80% \pm 2%, de 80 a 98% \pm 3%). O aparelho consiste em um visor digital e a ele é acoplado um sensor pré calibrado para as medições pontuais de velocidades. O sensor foi colocado de modo a ficar no centro dos retângulos, formados pela malha de referência montada pelos fios; o cabo transmissor e o suporte são dispostos de forma que não haja interferência significativa nos valores medidos nas posições de medição, resultando de tentativas de leituras diversas. A Figura 5.3 mostra o medidor colocado e o sistema de suporte. Este aparelho é conectado a um computador portátil, através de um cabo próprio, e os dados coletados são inseridos em um programa chamado também *Anemomaster*.

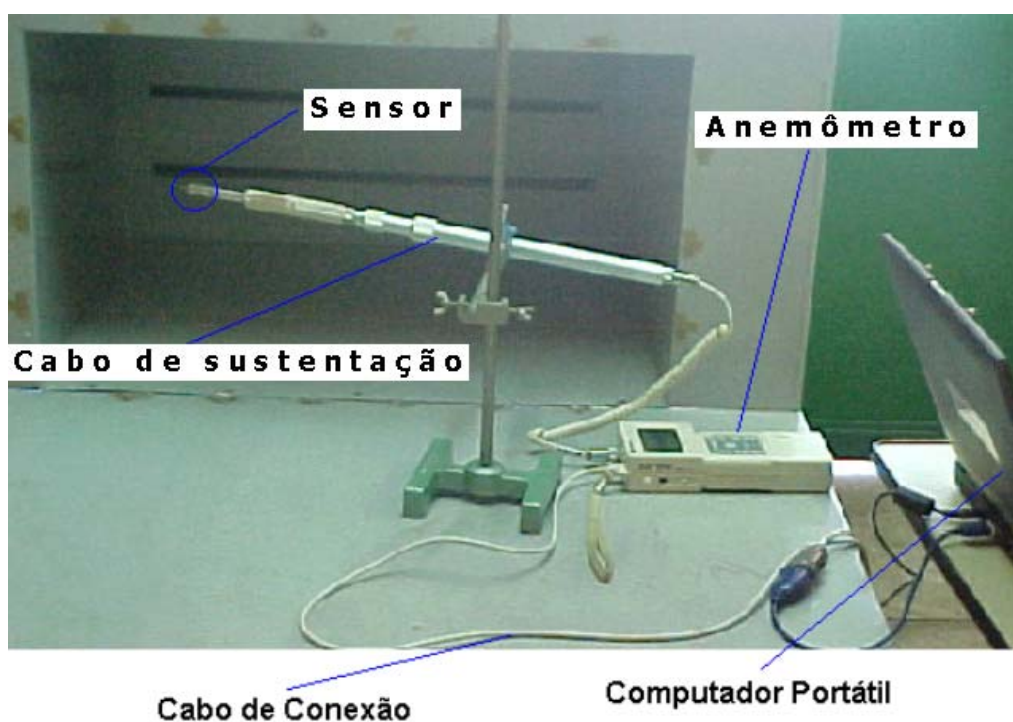


Figura 5.3 Vista do Anemomaster instalado para medições de velocidade nos captadores em laboratório.



Figura 5.4 – Vista ampliada do sensor para medição de velocidade, temperatura e umidade relativa do ar.

Para cada ponto deve-se ter uma planilha auxiliar; elas devem ser salvas com nomes sugestivos para que não se cometa um erro grosseiro ao colocar dados de maneira equivocada. Os valores armazenados nestas planilhas são colocados, através do processo copiar-colar, em uma planilha especial chamada de Booth em que nela serão feitos os cálculos e o gráfico. É importante saber o nome das tabelas onde serão armazenados os dados, pois cada situação requer uma tabela diferente. Neste caso particular o objetivo estava centrado na medição da perda de energia à entrada do captor.

5.5 Resultados.

5.5.1. Lista de Centros de Pesquisa.

A seguir é mostrada a lista contendo os Centros de Pesquisa em que foi tentado contato para a procura por novos materiais. Para este contato elaborou-se um texto padrão, para ser enviado por *e-mail* a cada um deles.

A lista foi organizada por estados. A Tabela 5.1 apresenta uma síntese da distribuição dos centros de pesquisa, por região geográfica.

- Rio de Janeiro:

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, vinculado ao Ministério de Ciência e Tecnologia.

E-mail de contato: webmaster@cetem.gov.br

Endereço eletrônico: www.cetem.gov.br

IMA - Instituto de Macromoléculas Professora Eloísa Mano

E-mail de contato: posgrad@ima.ufrj.br

Endereço eletrônico: www.ima.ufrj.br

METALMAT - Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFRJ.

E-mail para: metalmat@metalmat.ufrj.br

Endereço eletrônico: www.metalmat.ufrj.br

CADMPG - Programa de Pós-graduação em engenharia Metalúrgica, da Pontifícia Universidade Católica.

E-mail de contato: cadmpg-dcmm@dcmm.puc-rio.br

Endereço eletrônico: www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/prog.et.html

- São Paulo:

CCDM – Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais da Universidade Federal de São Carlos.

E-mail de contato: ccdm@ccdm.ufscar.br

Endereço eletrônico: www.ccdm.ufscar.br

FEQ – UNICAMP - Departamento de Tecnologia de Materiais da Faculdade de Engenharia Química da Unicamp.

E-mail de contato: dtp@feq.unicamp.br

Endereço eletrônico: www.feq.unicamp.br/~dtp/dtp.html

FEM – UNICAMP - Departamento de Engenharia dos Materiais da Unicamp.

E-mail de contato: daniel@fem.unicamp.br

Endereço eletrônico: www.fem.unicamp/~demahp/dema.html

DEMa - Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos.

Endereço eletrônico: www.dema.ufscar.br/index.htm

- Paraná:

DEMA- UEPG - Departamento de Engenharia dos Materiais da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

E-mail de contato: dema@uepg.br

Endereço eletrônico: www.uepg.br/departm/dem/index.html

- Santa Catarina:

PGMAT - Programa de pós-graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais.

E-mail de contato: pgmat@pg.materiais.ufsc.br

pgmat.emc.ufsc.br

POS - UDESC – JOINVILLE – Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade do Estado de Santa Catarina.

E-mail de contato: pos@joinville.udesc.br

Endereço eletrônico: www.joinville.udesc.br/pos_graduacao/index2.htm

- Paraíba:

DEMA – UFPB - Departamento de Engenharia dos Materiais da Universidade Federal da Paraíba.

E-mail de contato: dema@dema.ufpb.br

Endereço eletrônico: www.dema.ufpb.br

Tabela 5.1 - Resumo de localização dos centros de pesquisa contactados por região e por estado, identificados por suas siglas.

Região Sudeste		Região Sul		Região Nordeste
Rio de Janeiro	São Paulo	Paraná	Santa Catarina	Paraíba
CETEM	CCDM	DEMA-UEPG	PGMAT	DEMA-UFPB
IMA-UFRJ	FEQ-UNICAMP		POS-JOINVILLE	
METAL-MAT	FEM-UNICAMP			
CADMPG	DEMa			

5.5.2. Materiais encontrados.

Os materiais encontrados estão mencionados a seguir utilizando-se como divisão básica duas categorias mais significativas, para efeito dos propósitos da pesquisa.

Tabela 5.2 - Materiais pesquisados para sistemas de ventilação/exaustão

Materiais Encontrados	
Polímeros	Metais
PVC (poli(cloreto de vinila)) rígido	Latão
PEAD(polietileno de alta densidade)	Ligas de Chumbo
PU (poliuretano)	Aço-carbono
PET (polietileno tereftalato)	Alumínio
PP (polipropileno)	Cobre
PC (policarbonato)	Folha-de-flandres
Poliéster rígido	
PPO (polipropileno-eter blenda de poliestireno)	
PS (poliestireno)	
SAN (poli(estireno acrilonitrila))	
ABS - alto impacto (Poli (estireno-butadieno-acrilonitrila))	
ABS - médio impacto (Poli (estireno-butadieno-acrilonitrila))	

A seguir está incluída a Tabela 5.3 que apresenta os resultados do levantamento realizado, apresentando as propriedades físicas, térmicas e mecânicas dos materiais

pesquisados. Quanto às propriedades químicas, elas deverão se avaliadas especificamente em função da aplicação pretendida. No caso específico da aplicação às fabricas de baterias do tipo chumbo-ácidas os materiais de contato serão particulados e vapores de chumbo, além dos vapores resultantes do preparo da solução de ácido sulfurico que permanece no ar durante todo o processo de fabricação das baterias.

5.5.3. Resultados do teste experimental básico.

Com os dados obtidos a partir do teste foi possível a elaboração de um gráfico mostrando a distribuição espacial da velocidade de captura à entrada do captor.

Este gráfico será mostrado na Figura 5.5 a seguir.

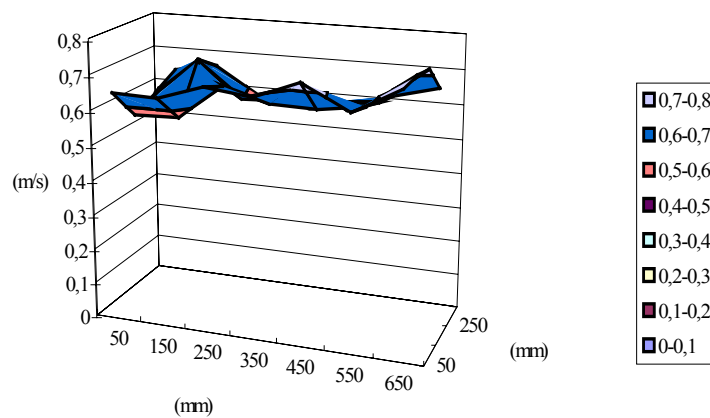


Figura 5.5 - Gráfico de distribuição das velocidades de captura à entrada do captor.

A distribuição de velocidades mostra clara concentração de velocidades no terço da largura do captor. Isto induz a avaliação da eficiência na capacidade de captura e deslocamento das partícula sólidas e massas gasosas geradas pelo poluente no local de trabalho.

Tabela 5.3 - Matriz de levantamento dos materiais pesquisados com os parâmetros respectivos (1/3).

Metais	Propriedades Mecânicas										
	Ductilidade (%)	Coefficient e de atrito	Peso Especifico ⁽¹⁾ (N/m³)	Rugosidade (mm)	Dureza	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à tração (MPa)	Resistência ao impacto ⁽²⁾	Módulo de cisalhamento (GPa)	Coefficiente de Poisson	Módulo de elasticidade (GPa)
Polímeros											
PVC rígido	0,1 - 3		13.145,40 - 14.911,20	0,06	D65 - D85 (Shore)	32 - 80	27 - 70	50 - 200	0,7 - 1,1	0,37 - 0,43	2,5 - 3,8
PP	1 - 2	0,1 - 0,3	8.829,00 - 8.927,10		80 - 100 (MPa)	40 - 45	25 - 40	50 - 80	0,5 - 0,6	0,4 - 0,45	1 - 1,6
PET	0,65 - 3	0,2 - 0,4	12.949,20 - 13.537,80		140 - 210 (MPa)	65 - 90	50 - 80	15 - 35	0,83 - 1,1	0,38 - 0,43	2,2 - 3,5
PU	3,8 - 7,2		10.016,01 - 12.262,50		A20-A25 (Shore)	50 - 100	25 - 51		0,0007 - 0,008	0,49 - 0,498	0,002 - 0,03
PEAD	1,3 - 1,5		9.231,21 - 9.466,65		D60 - D 70 (Shore)	30 - 40	30 - 40	Veja na nota abaixo ⁽³⁾	0,3 - 0,46	0,4 - 0,42	0,8 - 1,6
PC	1 - 1,3	0,2 - 0,3	11.772 - 11.968,20		150 - 180 (MPa)	100-120	56-68	400 - 700	0,95 - 1,05	0,39 - 0,44	2 - 2,9
POLIESTER RÍGIDO	0,04 - 0,06	0,3 - 0,5	11.183,40 - 14.322,60		60 - 140 (MPa)	45 - 100	40 - 60	45 - 70	0,9 - 1,6	0,4 - 0,45	2,5 - 4,4
PPO	0,5 - 0,7	0,33 - 0,36	10.398,60 - 10.594,80		120 - 180 (MPa)	90 - 105	45 - 75	120 - 200	0,7 - 0,9	0,35 - 0,4	0,33 - 0,36
PS	0,015 - 0,02	0,25 - 0,3	10.202,40 - 10.398,60		90 - 120 (MPa)	40 - 45	30 - 40	20 - 25	1 - 1,2	0,4 - 0,43	2,9 - 3,3
SAN	0,022 - 0,05	0,25 - 0,3	10.398,60 - 10.594,80		160 - 200 (MPa)	80 - 85	65 - 85	20 - 22	1,2 - 1,4	0,37 - 0,4	3,2 - 3,6
ABS (Alto Impacto)	0,06 - 0,09	0,47 - 0,52	10.006,20 - 10.791,00		70 - 140 (MPa)	60 - 100	36 - 48	200 - 400	0,7 - 0,95	0,38 - 0,42	1,8 - 2,7
ABS (Médio Impacto)	0,07 - 0,12	0,48 - 0,52	10.202,40 - 10.398,60		100 - 150 (MPa)	55 - 60	45 - 48	70 - 80	0,85 - 0,95	0,38 - 0,42	2,5 - 2,9
Metais											
LATÃO	0,05 - 0,55	0,33 - 0,36	76.518,00 - 86.328,00			70 - 500	150 - 850		33 - 46	0,34 - 0,35	90 - 120
Ligas de Chumbo	0,2 - 0,8		104.967,00 - 111.343,50		16 - 150	5,5 - 50	14 - 60		4,5 - 6	0,44 - 0,45	16,1 - 18
Aço-carbono	0,05 - 0,5		76.518,00 - 77.204,70		780 - 3,90E+3	190 - 1,30E+3	500 - 1,88E+3		75 - 82	0,28 - 0,295	196 - 211,4
Alumínio	0,3		26.487,00	0,06	120 (MPa)	40	200		26,2 - 26,4	0,34	68,9 - 69,6
Cobre	0,23 - 0,25		87.701,40 - 87.750,45		430 - 460 (MPa)	28 - 40	145 - 160		45,1 - 47,4	0,34 - 0,35	122 - 128
Folha-de-flandres				De 0,000254 a 0,001524	Entre 49 e 77 (HR 30T) ⁽⁴⁾						

(1) Supondo a aceleração da gravidade $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

(2) J/m, Notação Izod

(3) Res. ao Impacto: 150 - 200 (J/m, notação Izod), para PEAD de alta massa molar, 025 - 080 (J/m), para PEAD de baixa massa molar,

(4) Os valores dependem da Temperatura e da norma de referência.

Tabela 5.3 - Matriz de levantamento dos materiais pesquisados com os parâmetros respectivos (2/3).

Materiais	Propriedades Térmicas				
	Calor Específico	Dilatação Térmica	Condutividade Térmica	Temperatura máxima de serviço	Temperatura mínima de serviço
Polímeros					
PVC	1.000 - 1.100 (J/kg.K)	60 - 95 (10^{-6} /K)	0,13 - 0,25 (W/m.K)	348 - 365 (K)	240 - 245 (K)
PP	1.920 - 2.100 (J/kg.K)	80 - 150 (10^{-6} /K)	0,16 - 0,24 (W/m.K)	370 - 380 (K)	150 - 200 (K)
PET	1,40 - 1,60 (10^3 J/kg.K)	50 - 80 (10^{-6} /K)	0,15 - 0,34 (W/m.K)	388 - 430 (K)	230 - 235 (K)
PU	1,65 - 1,70 (10^3 J/kg.K)	150 - 165 (10^{-6} /K)	0,28 - 0,3 (W/m.K)	340 - 360 (K)	200 - 250 (K)
PEAD	2.200 (J/Kg)	100 - 120 (10^{-6} /K)	0,45 - 0,52 (W/m.K)	340 - 370 (K)	210 - 220 (K)
PC	1,20 - 1,30 (J/kg.K)	40 - 75 (10^{-6} /K)	0,14 - 0,22 (W/m.K)	385 - 390 (K)	140 - 150 (K)
POLIESTER RÍGIDO	1.200 - 1.280 (J/kg.K)	80 - 150 (10^{-6} /K)	0,15 - 0,6 (W/m.K)	390 - 410 (K)	190 - 200 (K)
PPO	1.600 - 2.000 (J/kg.K)	60 - 70 (10^{-6} /K)	0,16 - 0,22 (W/m.K)	360 - 390 (K)	230 - 235 (K)
PS	1.200 - 1.440 (J/kg.K)	60 - 100 (10^{-6} /K)	0,12 - 0,17 (W/m.K)	355 - 368 (K)	200 - 220 (K)
SAN	1.300 - 1.500 (J/kg.K)	50 - 80 (10^{-6} /K)	0,13 - 0,17 (W/m.K)	360 - 365 (K)	200 - 220 (K)
ABS (Alto Impacto)	1.500 - 1.530 (J/kg.K)	70 - 95 (10^{-6} /K)	0,14 - 0,22 (W/m.K)	340 - 350 (K)	150 - 200 (K)
ABS (Médio Impacto)	1.500 - 1.510 (J/kg.K)	80 - 85 (10^{-6} /K)	0,14 - 0,2 (W/m.K)	358 - 370 (K)	150 - 200 (K)
Metais					
LATÃO	372 - 383 (J/kg.K)	16,5 - 20,7 (10^{-6} /K)	110 - 220 (W/m.K)	370 - 480 (K)	1 - 100 (K)
Ligas de Chumbo	159 - 170 (J/kg.K)	28 - 29,3 (10^{-6} /K)	28 - 35,3 (W/m.K)	340 - 373 (K)	1 - 2 (K)
Aço-carbono	418 - 455 (J/kg.K)	12 - 15 (10^{-6} /K)	20 - 71 (W/m.K)	550 - 700 (K)	1 - 250 (K)
Alumínio	900,4 - 909,4 (J/kg.K)	24 - 24,2 (10^{-6} /K)	222 - 224,2 (W/m.K)	370 - 420 (K)	1 - 2 (K)
Cobre	383 - 387 (J/kg.K)	16,8 - 16,9 (10^{-6} /K)	390 - 398 (W/m.K)	350 - 360 (K)	1 - 2 (K)

Tabela 5.3 - Matriz de levantamento dos materiais pesquisados com os parâmetros respectivos (1/3).

Materiais	Propriedades Físicas		
	Absorção de água	Massa Específica	Flamabilidade
Polímeros			
PVC	0,05 (% , espessura 1/8 polegada/24h)	1.340 – 1.520 (kg/m ³)	Regular
PP	0,02 - 0,03 (%)	900 - 910 (kg/m ³)	Regular
PET	0,1 - 0,15 (%)	1.320 – 1.380 (kg/m ³)	Regular
PU	0,55 - 0,77 (% , 24h)	1.020 – 1.250 (kg/m ³)	Muito ruim
PEAD	<0,01(% , espessura 1/8 polegada/24h)	941 – 965 (kg/m ³)	Muito ruim
PC	0,65 0,7%	1.200 – 1.220 (kg/m ³)	Regular
POLIESTER RÍGIDO	0,25 - 0,3 (%)	1.140 – 1.460 (kg/m ³)	Regular
PPO	0,05 - 0,25 (%)	1.060 – 1.080 (kg/m ³)	Péssima
PS	0,05 - 0,07 (%)	1.040 – 1.060 (kg/m ³)	Regular
SAN	0,24 - 0,26 (%)	1.060 – 1.080 (kg/m ³)	Regular
ABS (Alto impacto)	0,3 - 0,32 (%)	1.020 – 1.100 (kg/m ³)	Regular
ABS (Médio Impacto)	0,2 - 0,3 (%)	1.040 – 1.060 (kg/m ³)	Regular
Metais			
LATÃO		7.800 – 8.800 (kg/m ³)	excelente
Ligas de chumbo		10.700 – 11.350 (kg/m ³)	excelente
Aço-carbono		7.800 – 7.870 (kg/m ³)	excelente
Alumínio		2.700 (kg/m ³)	excelente
Cobre		8.940 - 8.945 (kg/m ³)	excelente

5.6 Comentários.

Levantadas as propriedades dos materiais ao longo da pesquisa foi possível selecionar alguns materiais para uso em sistemas de ventilação/exaustão, e que já vêm sendo aplicados com certo sucesso nessas instalações, tais como:

- **PVC**, é um material clássico de aplicação em engenharia, sobretudo nos sistemas de água e esgoto;
- **polipropileno**, material também em uso, tendo, inclusive, sido recomendado por uma das empresas visitadas, como parte da pesquisa, com o argumento de que é um material de grande resistência e de custo razoavelmente reduzido, quando comparado com outros materiais;
- **polietileno**, que, juntamente com o polipropileno, vem substituindo o PVC, na Europa e EUA mas de comercialização ainda reduzida no Brasil para as finalidades do objeto da pesquisa, tornando-se caro diante da aplicabilidade limitada. O PET, entre os polietilenos, é um material que vem sendo muito utilizado no mercado brasileiro para uso como recipientes líquidos, e cujas

tecnologias de reciclagem estão bastante difundidas no Brasil, embora haja ainda necessidade de mais estudos para sabermos, sua aplicabilidade ao caso dos sistemas de ventilação/exaustão.

Os metais constituem materiais passíveis de serem aplicados no projeto, porém o seu custo e manutenção fazem dele um produto de uso restrito às empresas com maiores orçamentos ou condições especiais de trabalho, diante dos custos iniciais de investimento, apesar do baixo custo de manutenção. É claro que a duração destes materiais é longa, embora exigindo manutenção sistemática.

Uma outra questão surgida durante a pesquisa, foi, também, a preocupação com o fato de se ter que fazer substituição do PVC por material plástico biodegradável, atualmente em uso para envasamento de produtos líquidos, dentro de um conceito de gestão de resíduos, levando a tempos de residência menores. A maior parte dos plásticos em uso no presente, originários do petróleo, tem apresentado dificuldades quanto à disposição final, resultando em problemas sanitários municipais, nas metrópoles modernas. Contudo, os plásticos biodegradáveis ainda são mais caros que os não biodegradáveis e, portanto, ainda não constituem solução para os problemas de indústrias de pequeno e médio porte. Este deverá ser outro ponto de continuidade das pesquisas .

Outro aspecto a considerar no uso do material plástico diz respeito a eletricidade estática, gerada pelo contato com o ar em escoamento. Este ponto requer alguns cuidados adicionais existentes nos sistemas em uso para outras finalidades que é o assentamento em uma base condutora de eletricidade, como por exemplo um fio metálico, interligado ao sistema terra do local de trabalho. Este tipo de instalação é obrigatório nas instalações elétricas industriais de qualquer porte.

A disponibilidade comercial ampla em nível nacional, facilidade de trabalho para instalação e manutenção, inclusive de mão de obra, e o custo razoavelmente acessível tanto na fase de instalação quanto operacional e de manutenção, fazem do pvc um material conveniente no momento para uso nas empresas de pequeno e médio portes.

Deve-se, contudo dar prosseguimento à pesquisa, no sentido de buscar outros materiais, como por exemplo o PET, cujas pesquisas de aplicabilidade não convencional estão em desenvolvimento, que venham a constituir um material de referência para os sistemas de ventilação/exaustão, aplicáveis às empresas de pequeno e médio portes. Neste caso serão necessários testes em laboratório de ventilação/exaustão, seguidos de simulações que assegurem sua aplicabilidade a diferentes segmentos. Estes estudos e

simulações estão previstos para o laboratório do CESTE/ FIOCRUZ e serão feitos voltados para medir a eficiência de sistemas semelhantes ao proposto, incluindo os meios para purificação do ar, com dispositivos adequados ao porte das empresas. Deverão ser utilizados mesmo outros materiais para uma comparação entre as diversas alternativas e posterior passagem para a etapa de testes simulados em laboratório, para só então proceder a testes em locais de trabalho, como o das fábricas de bateria chumbo-ácidas, objeto do presente estudo.

CAPÍTULO 6: SISTEMA PADRÃO DE VENTILAÇÃO GERAL DILUIDORA PARA MICRO, PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS DE FABRICAÇÃO DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS

A conjugação dos fatores intervenientes na questão do saneamento ambiental, resultante da qualidade do ar ambiente, comprometida pelo processo de produção, pode ser circunscrita, inicialmente e com destaque, a três: o processo de produção, a disponibilidade econômico-financeira do empresário investidor e o nível de conhecimento da área técnica responsável, em geral o próprio empresário investidor.

A experiência recente com as empresas fabricantes de baterias do tipo chumbo-ácidas (ARAÚJO et al., 1999; QUITÉRIO et al., 2000), motivo dos estudos e pesquisas desenvolvidos neste trabalho, como visto anteriormente, mostrou a contaminação do ambiente interno das indústrias, com repercussões sobre o ambiente externo próximo. Isto dá origem a difusão da poluição do ar, com o comprometimento da saúde de terceiros, em geral residentes próximos às empresas, o que dá maior extensão ao problema. Inicialmente o problema se restringe à indústria, porém o efeito difusor confere natureza de saúde pública, com notação de comprometimento ambiental, levando ao envolvimento dos órgãos governamentais, em diversos níveis.

A amostra de empresas utilizada nas análises postas em prática é pequena (ARAÚJO et al., 1999), porém destaca um quadro significativo de tendência comportamental de um segmento do mercado das indústrias de pequeno porte, levando a se buscar soluções que revertam a tendência de degradação ambiental encontrada, principalmente nas áreas urbanas mistas.

Considerando tais argumentos, neste capítulo é apresentada uma proposta de solução padronizada para os ambientes industriais do tipo fábricas de baterias chumbo-ácidas que permita um resultado interno satisfatório quanto à preservação da saúde do trabalhador. Ao mesmo tempo espera-se ser possível gerar índices de concentração de poluentes dos ambientes externos, por repasse dos resíduos, a níveis abaixo daqueles previstos nas normas vigentes, garantindo de forma consciente, condições também satisfatórias para as áreas vizinhas.

Claro está que a solução proposta tem limitação de sua aplicabilidade às fábricas e reformadoras de baterias chumbo-ácidas que poderá ser estendida a outros segmentos industriais de mesmos porte e condições, à medida que seu uso venha a ser.

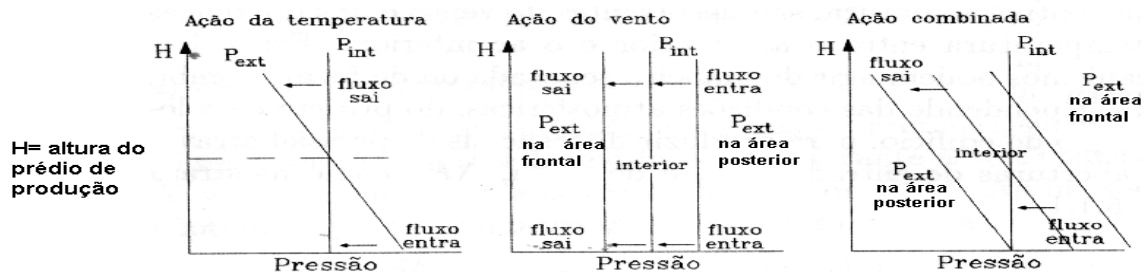
A abordagem que se adotou para o problema proposto define duas situações de configuração para implantação do sistema de ventilação geral diluidora: uma, onde se admite a possibilidade de planejar o ambiente para uma indústria que ainda não de encontra em funcionamento; outra, para um ambiente já instalado, operando e submetido a condições ambientais comprometidas, constatadas por medições prévias quer através de testes laboratoriais de amostras do ar ambiente quer através de medições dos índices de poluente no sangue e urina dos trabalhadores ou mesmo ambos.

Por força de argumentação prática adotar-se-á a primeira situação visto que as distorções resultantes do não uso das recomendações implicarão em agravos a serem examinados em cada caso especificamente.

6.1. Disposição do prédio de produção no lote de implantação.

Entende-se como prédio de produção o edifício onde estão sendo feitas as atividades produtivas que demandam a geração de gases, vapores e aerodispersóides (poeiras, névoas, fumos e fumaças), capazes de alterar a concentração do agente químico, em dosagem que o caracterize como um contaminante (alterações da composição conhecida do ar úmido – ver Anexo 1, item A1.1, Tabela A1.1).

A literatura clássica nacional e estrangeira (ACGIH, Macintyre, Burgess, Nefussi, Samet & Spengler, Buonicore e outros) chama a atenção para a disposição do prédio de produção de modo que os dois principais fatores de influência, ou seja, vento e temperatura, atuem de forma favorável ao máximo aproveitamento do deslocamento do ar no interior do prédio. A Figura 6.1 a seguir mostra a conjugação dos fatores pressão e temperatura em ação interna e externa, em função da altura do prédio.



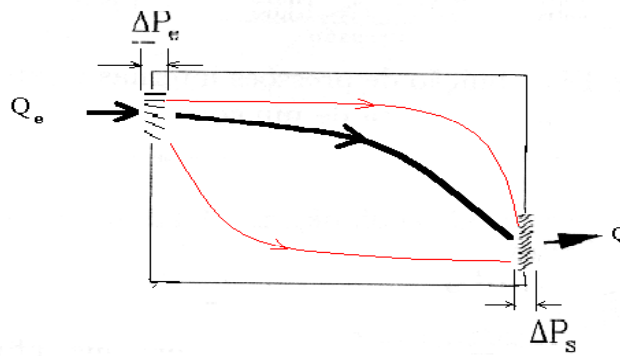
Fonte: Adaptado de MESQUITA et ali, 1977 p.122.

Figura 6.1- Ações da pressão e temperatura em função da altura de um prédio.

Deve-se dispor o prédio de modo que sua localização tenha a face frontal (fachada) situada na direção do vento dominante, de modo a atingir as áreas de entrada de ar promovendo a circulação interna e assim, atingindo todos os ambientes, e saindo em aberturas dispostas na parte posterior do prédio (a isto dá-se o nome de ventilação cruzada). Em geral recomenda-se que a área de saída tenha a mesma área daquela de entrada para maior eficiência, com pressão externa negativa, proporcionando distribuição ampla de correntes e movimentando quantidades de ar adequadas às trocas de ar do ambiente interno. Mesquita *et ali* (1977) chamam a atenção para as inter-relações entre as temperaturas interna e externa do prédio, gerando pressão interna negativa (temperatura interna maior que a externa) levando a um fluxo de ar ascendente, das partes inferiores para as superiores à pressão positiva, em relação ao ambiente externo e por isso saindo do prédio. Estas situações foram mostradas na Figura 6.1, onde detalhou-se as ocorrências, independentes de pressão e temperatura, e suas conjugações. Na Figura 6.2, são mostradas as ocorrências de circulação interna no prédio em consequência dos fluxos de entrada e saída, como resultado da conjugação das pressões e temperaturas, com os consequentes diferenciais de pressão, sobre as paredes frontal e posterior do prédio. As edificações com coberturas abertas ao exterior para saída do ar aquecido, especialmente dos tipos “ched” ou lanternins, criam condições favoráveis para o efeito de convecção das massas de ar internas aquecidas.

A observação destes fatores levaram Mesquita *et ali* (1977) a sintetizar as recomendações gerais a serem seguidas quando da localização do prédio de produção em quatro regras básicas, transcritas a seguir.

- a) Edifícios e equipamentos de ventilação não devem ser orientados para uma particular direção do vento, mas, sim devem ser projetados para ventilação efetiva com todas as direções de vento.
- b) Aberturas de entrada não devem ser obstruídas por edifícios, árvores etc.
- c) Uma vazão maior por área total de abertura é obtida em se usando áreas iguais de aberturas de entrada e de saída.
- d) Deve haver uma distância vertical tão grande quanto possível entre as aberturas de entrada e de saída, de modo que a diferença de temperatura possa produzir uma força adequada.



Fonte: Adaptado de CLEZAR & NOGUEIRA, 1999 p.99.

Figura 6.2 – Massas de ar à entrada e saída do edifício ressaltando os diferenciais de pressão.

Observa-se que tais recomendações se referem a situações diversas onde o cenário externo é composto, com várias interferências, exigindo inclusive o uso de equipamento para prover as quantidades de ar necessárias ao ambiente interno, de forma a assegurar condições de trabalho em ambiente saudável.

As legislações municipais de áreas com taxas elevadas de ocupação do solo para fins residenciais, comerciais e industriais e suas combinações, prevêem artigos disciplinadores, com exigências mínimas a serem atendidas pelos responsáveis técnicos das edificações, com responsabilidade solidária, do proprietário da obra. A título de exemplo pode-se citar a **LEI N° 11.228/92** de 04 de junho de 1992, do Município de São Paulo, que outorga o Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo, onde, em seu Capítulo 10, seções 2 a 9, estabelece as diretrizes para iluminação e ventilação das edificações (texto completo: site da Prefeitura do Município de São Paulo: http://www.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/habitacao/legislacao/codigo_de_obras)

6.2. A Questão do arranjo físico da área de produção.

O projeto do arranjo físico das áreas de produção dizem respeito à Engenharia de Produção, incluindo procedimentos e recomendações que são aplicáveis aos ambientes industriais. Este não é o objetivo do presente trabalho mas focalizar o setor das pequenas e médias empresas observando aspectos que se tornaram comuns nas empresas visitadas, contribuindo para o aumento dos riscos ambientais.

É preciso ainda enfatizar a questão já destacada de falta de preparo dos empresários cujos conhecimentos foram resultado de experiência própria ou mesmo de pessoas próximas, associados ao bom senso, que nem sempre levam ao caminho certo. Ainda nesta linha de argumentação deve-se considerar a ação do governo que ao impor sistemas de controle capazes de levar os empresários a um nível de conhecimento mais

elevado, quando por exemplo cria programas do tipo PCMSO (Programa de Controle Médico de Saúde Ambiental, NR-7 das Normas Regulamentadoras, Lei 6514 de 22/12/1977) e PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, NR-9 das referidas Normas Regulamentadoras) não realiza um plano de divulgação eficaz a esse empresariado, capaz de orienta-lo quanto às relações trabalhador – ambiente, antes da aplicação das ações fiscalizadoras.

O conhecimento de conceitos básicos transmitidos aos administradores das empresas pequenas e médias, em programas intensivos e extensivos permitiriam colocar em prática medidas saneadoras quanto aos riscos ambientais enfrentados pelos trabalhadores dessas empresas.

Nos dois sub-itens que se seguem se utilizará como orientação a exploração de fatores básicos, influentes na eficiência final dos processos produtivos das pequenas e médias empresas aqui estudadas.

6.2.1. Disposição de bancadas de trabalho, máquinas e equipamentos.

A execução de um trabalho segue uma seqüência de atividades que se completam até a obtenção do produto final. Esta é uma premissa básica, amparada no conceito de linha de produção, desenvolvido no período *taylorista-fordista*, exaustivamente explorado na literatura conhecida. Estes conceitos foram modificados a partir da década de 70 quando foram introduzidas alterações, pautadas em técnicas de massificação da produção, onde fatores como distribuição da produção por segmentação e armazenagem, levaram as grandes indústrias a aumentar sua capacidade produtiva, tendo como resultado produtos a preços cada vez menores, com o aumento na margem de lucro ou manutenção da margem existente com preços mais baixos, e, portanto, muito competitivos, principalmente a nível internacional, considerando inclusive os custos de frete e comercialização. Além disto a evolução tecnológica contribuiu de forma significativa facultando a dependência cada vez menor da mão de obra, trocada por automação intensiva e terceirização (HARVEY , 1994).

As pequenas e médias empresas aproveitaram apenas alguns aspectos deste novo modelo produtivo, como por exemplo o estabelecimento adequado das relações estoque demanda. Elas seguem ainda a concepção das empresas *taylorista-fordista*, embora se valendo de alguns recursos tecnológicos atuais (MATTOS & FORTES, 2001). Assim, questões básicas, como disposição de bancadas de trabalho e a localização de máquinas e equipamentos, passam a ser questões que chamam a atenção no processo produtivo,

pela interferência provocada na organização do trabalho, gerando perdas de tempo e exigência de aplicação de mão de obra adicional (transporte de matéria prima por exemplo). Como consequência há o aumento do consumo de energia, elevação dos riscos ambientais etc. resultando em desgaste da produção e elevação dos custos respectivos. Em alguns casos a organização do processo de produção está muito próximo do tipo artesanal (MATTOS & FORTES, 2001).

Admitida a condição específica de um ambiente planejado, para essas empresas, vê-se a importância da questão focalizada neste item, uma vez que a disposição das bancadas de trabalho, obedecendo ao fluxo do processo produtivo, mais próximas das atividades, com aeração e iluminação, segundo os índices mínimos padronizados, trarão benefícios ao trabalhador e à produção. Outro aspecto, diz respeito a colocação de máquinas e equipamentos na área de produção, devendo ser restrita aos efetivamente necessários às atividades do processo de fabricação, deslocando para áreas externas aqueles que não contribuam diretamente no processo produtivo, como ventiladores e exaustores industriais. Além disto, o arranjo interno deve ser pensado sob outros ângulos, como a questão de máquinas geradoras de calor distanciadas entre si, para que não haja acumulação de efeitos térmicos.

6.2.2. Disposição de áreas complementares e setores de apoio.

Entende-se como áreas complementares e de apoio, aquelas não ligadas diretamente à produção, como almoxarifado, onde são armazenados os insumos básicos à fabricação. Estes devem ser planejados de forma que a disposição dos itens os tornem acessíveis e sigam as regras de segurança correspondentes. Os trajetos entre o local de armazenagem e uso na produção devem ser os menores possíveis, sem pontos de atrito desnecessários.

A área de estocagem dos produtos acabados deve estar em locais de fácil acesso para transporte, sendo provida de meios adequados de armazenagem em segurança.

Quanto aos setores de apoio, como a área de preparo da solução de ácido sulfúrico para enchimento das baterias, no caso das fábricas de baterias, deve estar confinado a local apropriado, com retirada da solução diretamente para o enchimento da bateria, imediatamente antes da fase de carga eletrolítica dos elementos. Isto restringe a atividade de carga a um setor da fábrica, contribuindo para a melhoria ambiental.

Finalmente, as áreas de administração, comercialização e *marketing*, situadas em geral num mesmo local, devem ser destacadas da área de produção.

As demais áreas de apoio, como instalações sanitárias, refeitório, vestiário etc. devem também estar destacadas do ambiente de trabalho porém mantendo a proximidade adequada, visando o conforto dos trabalhadores.

6.3. Proposta de um sistema padrão de ventilação geral diluidora.

A presente pesquisa buscou desenvolver um sistema de ventilação/exaustão, capaz de criar condições de trabalho aceitáveis, sob o ponto de vista da qualidade do ar, no interior de pequenas indústrias, com foco nas fábricas de baterias do tipo chumbo-ácidas, a custos razoáveis, abrindo possibilidade ao investimento dos empresários.

A conjugação dos diversos aspectos abordados nos itens anteriores leva a uma atitude preparatória à abordagem, com foco no ar interior dessas fábricas, quando enquadradas como pequena ou média empresas. Isto significa em última análise admitir como cenário de estudo condições de trabalho para um arranjo interno onde as disposições sigam aproximadamente aquelas premissa incluídas no item 6.2 e seus sub-itens. Dessa forma ir-se-á centralizar o foco de estudos na questão da qualidade do ar destas indústrias, admitido este problema como sendo o único responsável por risco ambiental no local de trabalho.

6.3.1. Concepção.

O sistema proposto tem amparo no conceito apresentado no item 2.2.1 onde se atesta que o ambiente interno de uma área de produção do tipo de transformação, recebe um contaminante em concentração acima dos valores conhecidos de LT's, segundo suas características específicas, como definido na NR-15 das Normas Regulamentadoras (Lei 6514 de 22/12/1977 e suas alterações)

A concentração máxima de geração do contaminante em diferentes pontos de trabalho, irá determinar sua concentração no ambiente. Esta concentração se refletirá de forma cumulativa àquela já existente no ar introduzido no local de produção. Neste caso, dependendo dos valores de concentração gerados no processo, pode-se introduzir ar externo, de modo que a concentração do poluente no ambiente, fique abaixo dos valores limites de tolerância. Este processo se incluí no conceito da Ventilação Geral Diluidora-VGD, referido no Anexo 2 item A2.2.1.

O conceito da VGD é discutido na literatura especializada (ACGIH, CLEZAR & NOGUEIRA, MACINTYRE, ALDEN & KANE, IWASAKI e outros) apontando restrições a sua aplicação de forma generalizada uma vez que o uso da Ventilação Local

Exaustora – VLE, a substituiria com vantagens. Apesar disto, a própria literatura aponta a possibilidade de sua aplicação em casos específicos, onde as fontes de geração de contaminantes sejam dispersas, com pontos máximos de ocorrência aleatória e variada, inclusive no tipo de contaminante (ACGIH, 1995).

Os ambientes das fábricas de baterias do tipo chumbo-ácidas, observados nas pequenas empresas visitadas, apresentam um quadro com as seguintes características: fontes de contaminantes dispersas no local de produção; concentrações variáveis segundo a demanda; outros contaminantes do tipo vapores e aerodispersóides (principalmente poeiras e fumos) gerados no processo de produção.

As fábricas que operam com recuperação de chumbo para reaproveitamento ficam ainda sujeitas aos vapores gerados no processo de fusão do chumbo. Em geral é adotado o processo de fusão por aquecimento a gás GLP o que o torna mais apropriado, em termos de menor contribuição para as concentrações de chumbo no ar. Em algumas fábricas onde é adotado o processo de aquecimento por oxi-acetileno, a temperaturas superiores a 1000° C para fusão rápida, há elevação das concentrações de chumbo no ar, com picos de ocorrência muito elevados.

Fazendo-se a comparação do quadro observado nas fábricas de baterias chumbo-ácidas vê-se que estas características estão muito próximas àquelas descritas acima para a VGD e portanto passível de sua aplicação dentro de limites razoáveis.

Para completar o quadro definido como objetivo da pesquisa é preciso acrescentar uma avaliação de custo compatível com os recursos disponíveis do empresariado do setor. Este ponto será tratado especificamente mais adiante nos itens 6.3.5.1 e 6.3.5.2, atestando sob forma econômica a exequibilidade do sistema proposto.

6.3.2. Sistema proposto.

A composição do sistema proposto usa como material básico o PVC, por conciliar características como: robustez adequada aos propósitos do projeto; ter rugosidade compatível com as exigências de perdas mínimas de energia ao longo de todo o sistema; ser de fácil manuseio para preparo e implantação tanto das peças quanto da tubulação de transporte, de modo a exigir mão de obra com nível de preparo sem exigências especiais. Além destes pontos o PVC para instalações deste tipo é encontrado sem dificuldade nos centros urbanos de porte médio e mesmo em algumas áreas rurais.

As restrições aplicáveis ao uso deste material têm se limitado à possibilidade de ocorrência de temperaturas elevadas do ar circulante, que não é o caso das indústrias de baterias em foco; possibilidades de circulação de substâncias ácidas capazes de reagir com o PVC e ocorrência de geração de cargas elétricas estáticas, contornável com a instalação de um fio coletor-condutor aterrado, ao longo das peças e tubulações. As características comparadas do PVC estão mostradas na Tabela 5.3 Matriz de levantamento dos materiais pesquisados com os parâmetros respectivos.

A escolha do PVC para uso no sistema proposto levou ainda em conta a facilidade de uso por mão de obra não especializada tanto para montagem das peças quanto para sua implantação, além de ser material de fácil obtenção no mercado brasileiro, na maioria das áreas urbanas e algumas áreas rurais, como dito acima.

Um esquema simplificado do sistema proposto está mostrado na Figura 6.3, a seguir e o desenho de detalhe, é objeto da Figura 6.4. Ali estão mostrados os dispositivos insufladores de ar, instalados próximo ao teto, também montados em PVC, e os captores, com forma própria e entrada de captação de ar do tipo “slot”, instalados a 0,90 m do piso. Os ventiladores foram localizados fora da área de trabalho de modo a não transmitir ruídos ou vibrações indesejáveis.

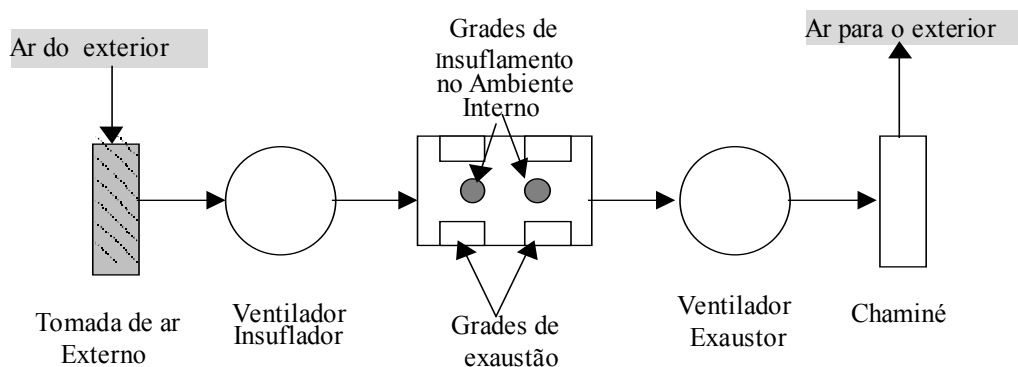


Figura 6.3 Esquema do sistema proposto para implantação de Ventilação Geral Diluidora em fábricas de baterias do tipo chumbo-ácidas.

O sistema foi montado no Laboratório do CESTE, representando um volume aproximado de 40 m³ que servirá como referência para implantações em outros locais, pelo critério de equivalência volumétrica por captor. Do mesmo modo os insufladores terão correspondência seguindo o mesmo critério.

O sistema não incluiu um dispositivo de limpeza do ar antes de lança-lo no ambiente externo. O dispositivo apropriado, do tipo eletrostático, deverá seguir as recomendações resultantes dos estudos desenvolvidos por Alhadeff (2002), considerando as dimensões médias das partículas de chumbo no ar. Este tipo de dispositivo é, entretanto, o que parece apresentar o maior custo de investimento inicial e de manutenção, em instalações do tipo proposto, se considerarmos o estudo comparativo feito por Heinsohn & Kabel (1999).

6.3.3. Implantação em laboratório.

A comprovação de operacionalidade do sistema proposto implicou na sua implantação em laboratório, pela instalação do sistema insuflador e exaustor, segundo o projeto do sistema de ventilação geral diluidora.

Foram utilizados na montagem os ventiladores disponíveis no Laboratório de Ventilação e Exaustão do CESTEHE, complementando-se, onde necessário, com as peças apropriadas às funções objeto.

A instalação foi feita em PVC tanto para as tubulações de transporte quanto para as tomadas de insuflamento e exaustoras. A tubulação foi preparada e montada, de modo a se ter o sistema composto e concluído para os testes.

Em seu conjunto os testes abrangeram duas fases distintas: uma em que as peças foram testadas de forma independente, medindo-se as velocidades de captura, no caso do sistema exaustor, e as velocidades de insuflamento, no caso do sistema insuflador. A composição das energias em jogo no escoamento, levou à definição da perda de energia em cada peça, para avaliação da perda de energia do conjunto.

Alguns problemas mecânicos tiveram que ser resolvidos para o aproveitamento máximo das instalações disponíveis no Laboratório. As soluções para algumas questões simples, como juntas flexíveis para absorção das vibrações dos motores, foram obtidas com a participação de outros colaboradores, interessados nos resultados finais da pesquisa.

Os equipamentos de medição estão relacionados a seguir e se constituíram basicamente no acervo doado pela *Japan International Cooperation Agency- JICA* e sob responsabilidade do CESTEHE. Alguns equipamento eletrônico (sensores) de medição de pressões muito baixas quer nos condutos quer nas peças principais (insuflador e captor) foram cedidos pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Todos os equipamentos foram testados previamente em sistemas conhecidos para avaliação de

precisão ou por comparação com outros equipamentos similares e por avaliações teóricas, quando possível.

O sistema de controle disponível no Laboratório permite variações manuais do fluxo de ar, levando a testes em diferentes situações de renovação de ar no ambiente. Os controles intermediários, ao longo do sistema, foram feitos em pontos previamente escolhidos, utilizando tomadas de pressão estática, medidas em manômetros de coluna, onde se utilizou água destilada como líquido comparativo para medição das pressões em milímetros de coluna d'água. Os tubos de Pitot e os medidores de velocidade do ar às saídas dos insufladores e entrada dos captores permitiram a determinação das pressões dinâmicas em pontos pré selecionados.

O procedimento de medição da circulação da massa de ar, proporcionada pelas tomadas de insuflamento e exaustão, foi determinado por associação a metodologia japonesa, recomendada para coleta de concentrações de poluentes, uma vez que os procedimentos necessários não estão previstos nas normas brasileiras.

A Figura 6.5 mostra o arranjo dos pontos de medição de velocidades aos quais foi aplicada a seleção dos pontos de medição por critério randômico representativos das velocidades médias no ambiente. A Figura 6.6 mostra parte do sistema instalado. As figuras de 6.7 a 6.9 mostram-se o deslocamento da massa de ar por meio dos captores.

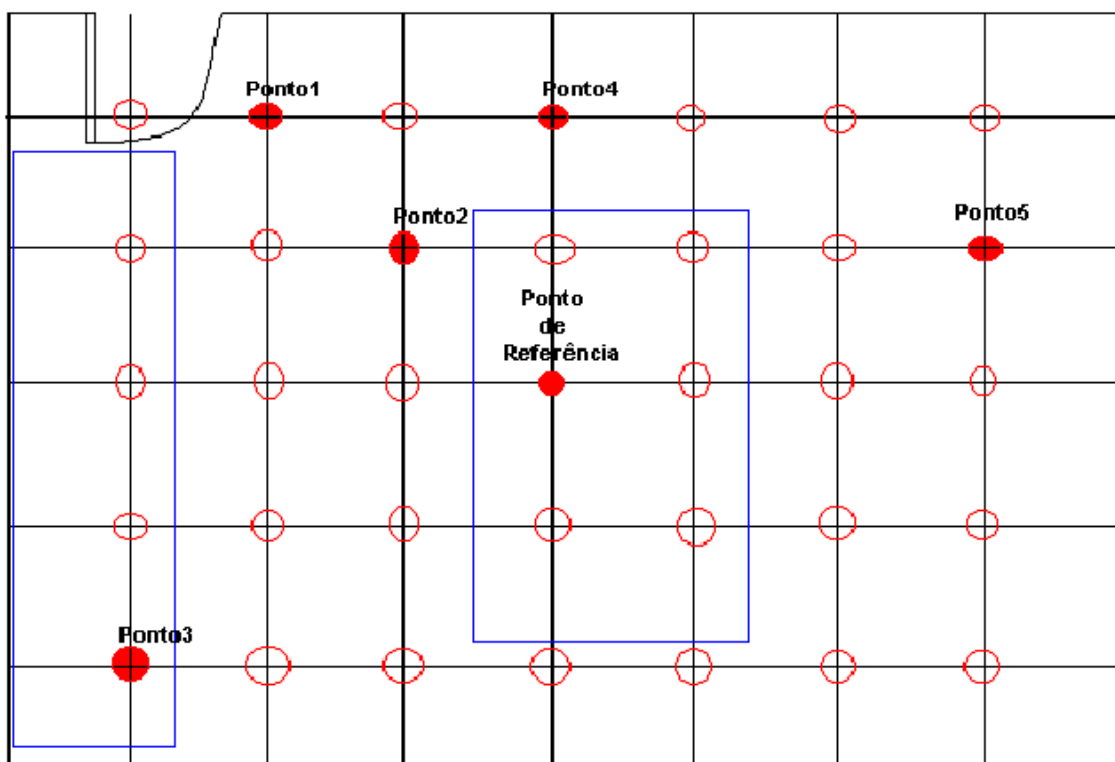


Figura 6.5 – Layout de disposição dos pontos de medições de velocidades.



Figura 6.6 – Visão geral do sistema.



Figura 6.8 – Captor alternativo em operação.



Figura 6.7 – Captor alternativo em operação.



Figura 6.9 – Captor do tipo fenda (slot)

As tabelas 6.1 e 6.2 mostram as velocidade medidas nos pontos selecionados, mostrados em vermelho na Figura 6.5. Na figura 6.10 tem-se um gráfico comparativo entre os valores das respectivas tabelas.

Tabela 6.1 - Circulação do ar com exaustão e insuflamento

Pontos	Ponto1	Ponto2	Ponto3	Ponto4	Ponto5	Referência	Média
medição1	0,06	0,13	0,32	0,2	0,15	0,18	
medição2	0,06	0,15	0,28	0,21	0,14	0,18	
medição3	0,06	0,16	0,28	0,2	0,14	0,17	
Velocidade	0,06	0,15	0,29	0,20	0,14	0,18	0,17

Tabela 6.2 - Circulação do ar sem o sistema de ventilação/exaustão

	Ponto1	Ponto2	Ponto3	Ponto4	Ponto5	Referência	Média
medição1	0,01	0,06	0,04	0,04	0,04	0,02	
medição2	0,01	0,05	0,02	0,04	0,04	0,03	
medição3	0,02	0,03	0,01	0,06	0,03	0,03	
média	0,01	0,05	0,02	0,05	0,04	0,03	0,03

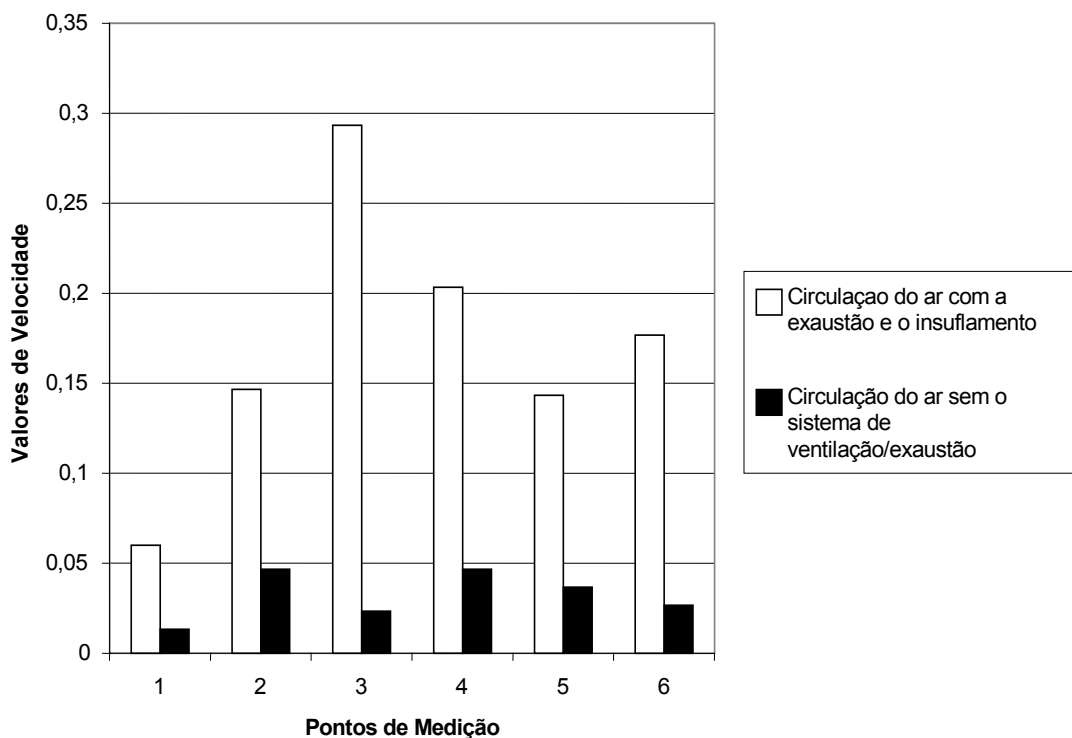


Figura 6.10 – Comparação das velocidades nas situações com e sem sistema de ventilação geral diluidora.

6.3.4. Resultados.

Os resultados obtidos mostraram:

- ampla circulação da massa de ar no ambiente, promovendo o deslocamento do ar no sentido do teto para as tomadas de exaustão, proporcionando assim proteção para o sistema respiratório dos trabalhadores envolvidos em atividades na bancada central, instalada no local de trabalho;
- a eficiência do processo de circulação de ar cresce a medida que o eixo de trabalho se desloca para uma paralela a direção de colocação das tomadas de exaustão, desta forma, aumentando a capacidade de absorção de poluentes gerados, incluindo partículas de diâmetros maiores, em proporção direta com a aproximação da área de influência das tomadas exaustoras;
- a implantação do sistema proposto, instalado no laboratório, permite exploração das possibilidades de disposição dos locais de trabalho no ambiente de produção, facilitando, pelas medições de velocidades dos fluxos de ar no ambiente, a identificação das disposições de eficiência máxima;

- a renovação do ar no ambiente de trabalho pode ser analisada em laboratório, pela facilidade do sistema de controle dos fluxos de insuflamento e exaustão, combinados de diferentes modos, buscando a associação mais apropriada para o tipo de aplicação do ambiente. A fixação do valor máximo de renovação do volume de ar no caso do laboratório, exige a potência máxima dos ventiladores o que irá interferir em parâmetros de natureza do conforto ambiental e portanto será um ponto a ser examinado com a continuidade da pesquisa;
- a necessidade de compatibilização do arranjo físico do local de trabalho de modo que os locais de produção estejam dentro do eixo de circulação de maior fluxo, aumentando a eficiência na proteção ao trabalhador;

Entretanto, é preciso enfatizar a necessidade de implantação do sistema proposto em fábricas de baterias do tipo chumbo-ácidas, objeto dos estudos, para levantamento de parâmetros que possam servir de guias aos novos projetos de empresas desse segmento.

Os resultados obtidos apontam na direção dos objetivos fixados, enfatizando alguns pontos ressaltados quando da definição do problema apresentada no Capítulo 1.

A eficiência é satisfatória mostrando circulação da massa de ar no ambiente de trabalho de modo a manter o sistema respiratório do trabalhador protegido pela circulação de ar e sua renovação constante, produzindo abaixamento das concentrações dos poluentes no ar a níveis abaixo dos valores gerados no processo de produção.

6.3.5. Custos.

Os custos foram divididos em duas partes para efeito de avaliação quanto ao possível investimento a ser feito pelo empresário:

- custos absolutos ;
- custos relativos a receita bruta mensal e anual.

Estes custos incidem nas etapas de implantação e operação e manutenção.

6.3.5.1.Custos absolutos.

Os custos absolutos correspondem aos valores efetivos em moeda corrente resultante da aplicação do critério apresentado no item 2.3.2, referente a metodologia recomendada pela EPA dos Estados Unidos da América, resultante do somatório dos valores parciais referidos nos Quadros 2.2 e 2.3, para gerar os valores referentes ao Custo Inicial Total (CIT) e Custo Total Anual de operação e manutenção (CTA). A Tabela 6.3 a seguir mostra os valores parciais e total referente ao custo total de investimento inicial (CIT).

Tabela 6.3 Composição do custo total de investimento em Reais (R\$)

Composição do Custo Inicial Total (CIT)	Valor (R\$)
1. Custo direto inicial	
1.1 Equipamentos	
Sistema de ventilação e equipamento auxiliar	3600
Instrumentação de controle	360
Taxas de comercialização	108
Frete	180
1.2 Preliminares, materiais e serviços	
Preparação do local	250
Fundações e fixação	120
Dutos e peças especiais	170
Pintura	44
Custo total inicial direto	TID=4832
2. Custo inicial de instalação	
Acompanhamento e fiscalização	432
Instaladora	432
Mobilização	87
Testes preliminares	44
Imprevistos	126
Custo total inicial de instalação	TII=1121
Custo inicial total	TID + TII = 5953

Fonte: Adaptada de KABEL & HEINSOHN, 1999, p. 629.

A Tabela 6.4 a seguir mostra o custo total anual (CTA) de operação e manutenção.

Tabela 6.4 Custo total anual de operação e manutenção em Reais (R\$)

Custos Totais Anual de Operação e Manutenção (CTA)	Valor (R\$)
1. Custo anual direto	
Operação e Manutenção regular	
Mão de obra (120h/ano, R\$6/h)	720
Materiais (aplicação específica)	300
Substituições	
Mão de obra (80h/ano, R\$2/h)	160
Peças e materiais	200
Infra-estrutura	
Eletricidade (R\$0,40/kW h, 1912h/ano)	2151
Limpeza e disposição de resíduos	
Mão de obra (208h/ano, R\$2/h)	516
Taxas de disposição de resíduos	100
Custo total anual direto	TAD=4147
2. Custo anual indireto	
Taxas de administração (60% O&M)	838
Administração (2% CIT)	113
Seguro (1% CIT)	60
Taxa municipal de ocupação (1% CIT)	60
Amortização do valor investido (CA)	120
Custo total anual indireto	TAI=1191
3. Venda de material inservível	MI=150
Custo total anual de operação e manutenção	TAD + TAI – MI=5338

Fonte: Adaptada de KABEL & HEINSOHN, 1999, p. 629.

O custo total do sistema de ventilação geral diluidora proposto para proporcionar condições de trabalho satisfatórias para uma fábrica de baterias do tipo chumbo-ácidas, com volume interno de 40 m³ é de R\$11291,00 (onze mil e duzentos e noventa um reais). Isto representa um custo de R\$ 282,28/ m³ de volume interno para os sistemas simples onde não se considere necessário o investimento na instalação de limpadores do ar para lançamento na atmosfera.

6.3.5.2.Custos relativos ao patrimônio, receita bruta mensal e receita bruta anual.

Os custos comparados relativos a receita bruta mensal e receita bruta anual (Lei Federal Nº 9.841 DE 05.10.99) apresentaram relações pequenas, considerados como valor de receita bruta anual o valor limite atualizado, indicado pela lei que define as empresas de pequeno porte, ou seja, R\$ 244.000,00 para as micro empresas e de R\$ 1.200.000,00 para as empresas de pequeno porte. Os valores mensais de comparação foram considerados dividindo-se os valores de receita bruta por doze (12) para definição do valor de receita bruta média mensal. Isto leva os valores de custo obtidos a percentuais da ordem de 60 e 12% da receita bruta mensal máxima, referidas aos valores da lei de pequenas empresas, para os casos de micro e pequenas empresas.

6.4. Limitações operacionais e recomendações

O sistema proposto foi concebido considerando as seguintes premissas básicas:

1. quanto ao ar ambiente usado no sistema

- ele é sabidamente composto por gases, vapor d'água e poeiras e será tratado como um fluido homogêneo e, como todo gás, compressível e, portanto sujeito às leis da física, aplicáveis às situações de trabalho projetadas, ficando submetido às alterações decorrentes de modificações de pressão e temperatura;
- a maioria das condições de trabalho dos sistemas de ventilação e exaustão mostra que a pressão absoluta se mantém razoavelmente constante em cada ponto, com oscilações muito pequenas, permitindo se considerar o fluido nestas condições como **incompressível**, o que implica em massa específica ρ constante, para toda a massa fluida em escoamento, em um sistema que não sofra alterações em relação ao meio exterior, isto é, entrada ou saída de fluido, entre duas seções quaisquer do sistema;
- as variações de temperatura são ainda menos sensíveis às alterações, levando a se considerar sua influência desprezível, corroborando a simplificação adotada de constância da massa específica e, portanto, de incompressibilidade do ar, no cálculo do escoamento fluido nestes sistemas, “com uso das expressões clássicas de perda de energia por

atrito, potência, volume do ar, e outros fatores de projeto” (ALDEN & KANE, 1982).

As faixas usuais de trabalho dos sistemas de ventilação / exaustão se situam a baixo de 1270 mm de mercúrio de pressão barométrica, equivalente a 50 polegadas de mercúrio (ALDEN & KANE, 1982). Ultrapassado este limite as alterações sobre a massa fluida passam a ser significativas, impossibilitando assumir a simplificação adotada. Além disto, as temperaturas de trabalho desses sistemas também se mantêm dentro de variações razoáveis, sendo menos sensíveis às suas influências que as pressões.

2. quanto à área de produção

- ambiente compatível com o porte das pequenas e médias empresas, com pequeno número de empregados, confinado em área fechada senão pelas aberturas de circulação à ventilação.

Para condições semelhantes poder-se-á pensar em aplicar a concepção proposta, admitindo-se sua extensão até o limite permitido pelas normas (Limite de Tolerância) da relação da concentração de geração de chumbo por volume unitário. Tais condições deverão ser verificadas na prática para levantamento de dados que facultem sua aplicação direta às fábricas /reformadoras de baterias chumbo-ácidas.

CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES

1. A realidade em que se encontra a sociedade dos países em desenvolvimento inclui a receptividade conivente do cidadão, do trabalhador e das autoridades no *estatus quo* de degradação das condições ambientais internas das indústrias de pequeno porte. A mudança que se impõe só ocorrerá por iniciativa conjunta da sociedade despertada para a visão ambientalista em seu próprio benefício. Isto representa a atuação do próprio homem, utilizando-se dentre outras de medidas adequadas de engenharia, visando reverter o processo por ele gerado, e ao qual está em confronto, agindo diretamente sobre a saúde ambiental.
2. As vantagens da reciclagem do chumbo, onde há a preocupação da extensão do tempo de vida de recursos naturais, associado ao princípio de conservação de energia, tem contribuído para redução de custos uma vez que o processo de extração natural impõe custos muito altos.
3. A existência e dimensão dos riscos está no processamento do chumbo principalmente quando em temperaturas elevadas, formando fumos, poeiras e aerossóis, e as condições do ambiente em que se processa, como por exemplo, as condições de ventilação e exaustão, de limpeza do ambiente, do uso de equipamentos de proteção individual, de sistemas de captação e retenção
4. É preciso se obter dados que levem a implantação de sistemas de gestão integrada que incluam as questões segurança, qualidade e meio ambiente, capazes de garantir a saúde do trabalhador e a melhoria das condições de trabalho nas indústrias de pequeno porte, inclusive as de reciclagem, e preservar o meio ambiente. Estas empresas deverão receber informações que ajam de forma persuasiva, amparadas por incentivos governamentais. Estas orientações estão implícitas no documento específico para o setor de baterias chumbo-ácidas, vinculado à Convenção de Basiléia, elaborado pelo grupo técnico responsável.
5. O conhecimento de conceitos básicos transmitidos aos administradores das empresas pequenas e médias, em programas intensivos e extensivos de treinamento, permitiriam colocar em prática medidas saneadoras

quanto aos riscos ambientais enfrentados pelos trabalhadores dessas empresas.

6. O sistema proposto sugere a aplicação de métodos conhecidos de engenharia na construção de um ambiente que reúna capacidade produtiva e condições saudáveis. Neste caso prevalece o princípio de aplicação de medidas preventivas, reduzindo a possibilidade de ocorrência de doenças, geradas no processo produtivo que se impõe. Nele a questão do material dos dutos ocupa posição de destaque, diante das necessidades de combinações de fatores técnicos e econômico-financeiros, capazes de atender ao segmento de porte das empresas no mercado.
7. A disponibilidade comercial ampla em nível nacional, facilidade de trabalho para instalação e manutenção, inclusive de mão de obra, e o custo razoavelmente acessível tanto na fase de instalação quanto operacional e de manutenção, fazem do PVC um material conveniente, no momento, para uso nas empresas de pequeno e médio portes.
8. O prosseguimento da pesquisa de outros materiais (como por exemplo o PET, cujas pesquisas de aplicabilidade não convencional estão em desenvolvimento em várias instituições) se impõe pela busca de novos materiais, para os sistemas de ventilação/exaustão, aplicáveis às empresas de pequeno e médio portes. Neste caso serão necessários testes com novas alternativas, em laboratório de ventilação/exaustão, seguidos de simulações que assegurem sua aplicabilidade a diferentes segmentos. Alguns destes estudos e simulações poderão ser previstos para o laboratório do CESTEH/FIOCRUZ e deverão ser feitos voltados para medir a eficiência de sistemas semelhantes ao proposto, incluindo os meios para limpeza do ar, com dispositivos adequados ao porte das pequenas empresas. Deverão ser utilizados outros materiais para uma comparação entre as diversas alternativas e posterior passagem para a etapa de testes simulados em laboratório, para só então proceder a testes em locais de trabalho, como o as fábricas de bateria chumbo-ácidas, objeto do presente estudo.
9. No que diz respeito a limpeza do ar, o dispositivo selecionado do tipo precipitador eletrostático (processo de ionização de partículas por ação de campo elétrico), mostrou-se como o mais adequado ao caso em

estudo, devido a dimensão molecular do chumbo. O preço deste equipamento é elevado, quando comparado a outros sistemas alternativos, embora sua manutenção seja simples e de baixo custo. O equipamento apresenta dimensões variadas, conforme a demanda e/ou modelo do fabricante. É importante que venham a ser estudadas todas as possibilidades de sua implementação nas indústrias de reciclagem de baterias chumbo-ácidas, onde deverá ser especulada a minimização deste custo de várias formas: desde um estudo mais apurado das emissões, suas concentrações, e captação direta na fonte, para possibilitar a redução do volume de gás/vapor a ser tratado e, proporcionalmente, o tamanho do equipamento, assim como uma proposta de viabilidade econômico-financeira, a ser subsidiada por entidades ou agências de fomento ou órgãos governamentais de incentivo à pesquisa. As duas alternativas de recomendação podem estar juntas, uma vez que se tem demonstrado a conscientização da importância do processo de reciclagem, e do desenvolvimento sustentável, sem prejuízos ao homem e ao meio ambiente.

10. A eficiência do sistema proposto é satisfatória, mostrando circulação da massa de ar no ambiente de trabalho, de modo a manter o sistema respiratório do trabalhador, protegido pela circulação de ar. Sua renovação constante, reduzindo as concentrações dos poluentes no ar, a níveis abaixo dos limites indicados nas NR's e na literatura científica, estabelece uma relação desejável para sistemas desse tipo.

Todos estes pontos mostram que as questões do saneamento ambiental e a influência da arquitetura nos ambientes industriais precisam ser observadas em conjunto quando se associa o homem à produção. A necessidade de os arranjos internos dos ambientes industriais considerarem:

- as necessidades operacionais dos propósitos fixados quando da elaboração do projeto;
- os objetivos propostos para o ambiente e concilia-los com as normas, regulamentações e exigências normalmente vinculadas a área de produção;
- a dependência entre as ações colocadas em prática no ambiente e as interações entre homem, máquina e ambiente, interno e externo.

Que visam a integração plena entre os agentes para a máxima eficiência na produção. Observa-se que apesar de ter sido reforçado o caráter multi-disciplinar da Arquitetura, dos ambientes industriais, tais concepções demandam tempo para reconhecimento, assimilação e colocação em prática tanto pelos projetistas quanto pela fiscalização, por ser, em realidade, uma modificação de paradigma.

As exigências atuais quanto a concepção de projeto dos edifícios industriais, particularmente os das indústrias de pequeno e médio porte, têm mostrado que os ensinamentos não estão sendo colocados em prática. Além disso, as demandas de intervenção nas empresas só tem ocorrido por forte pressão da opinião pública, através da mídia, a partir de denúncias locais.

Alguns dos projetos industriais de implantação mais recente apresentam modificações significativas nas concepções de projeto, incluindo visão ambientalista tanto na arquitetura externa quanto interna. Isto tem ocorrido principalmente em resultado:

- 1) da preocupação com o homem trabalhador;
- 2) pela divulgação sistemática da preocupação com o meio ambiente de forma quase generalizada, sobretudo na mídia e na educação de base, como política de governo;
- 3) por uma mudança gradual da mentalidade ambientalista, sobretudo das empresas nacionais com vocação exportadora;
- 4) do fenômeno da globalização, no caso de plantas importadas, como consequência da disseminação da mentalidade aplicada pelas grandes empresas, no cuidado que têm com a própria imagem, principalmente por suas possíveis repercussões, quando da ocorrência de eventos gerados em outros países.

Os estudos voltados para a melhoria da qualidade do ar mostram que as pequenas e médias empresas fazem parte de um segmento de alta absorção de mão de obra e por isso devem ser objeto de políticas e estratégias que assegurem condições sanitárias e ambientais de qualidade satisfatória tanto para o trabalhador quanto para o homem comum das vizinhanças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABHO. Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. Disponível em: <<http://www.abho.com.br>>
- ACGIH. American Conference of Governmental and Industrial Hygienists. Disponível em: <<http://www.acgih.gov>>
- ACGIH - AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. COMMITTEE ON INDUSTRIAL VENTILATION, Industrial Ventilation – A Manual of Recommended Practice. Lansing, Michigan, 48902, U.S.A :Edwards Brothers incorporated. 1974.
- AINLEY, J. R. “Environmental regulations: their impact on the battery and lead industries”, in Journal of Power Sources, 53, p.309-314, 1995.
- ALDEN, J. L.; KANE, J. M.; Design of industrial ventilation systems, 5 th edition, New York – NY, Industrial Press Inc., 1981. ISBN 0-8311-1138-0.
- ALHADEFF, C. M., Sistemas de retenção de contaminantes atmosféricos - o caso das pequenas e médias indústrias de baterias chumbo-ácidas. 2002. Dissertação (Engenharia Ambiental) Faculdade de Engenharia - Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, 2002.
- ALHADEFF, C. M.; FORTES, J. D. N., “As Relações de Poder do Estado e o Trabalhador, com Foco nas Atividades Produtivas das Empresas Privadas de Pequeno e Médio Porte, sob a Ótica da Saúde e do Ambiente: Estudo de Caso”, trabalho final de disciplina realizada no CESTEJ / ENSP / FIOCRUZ - Área de Saúde, Trabalho e Ambiente, R.J., 2000.
- ALHADEFF, C. M.; FORTES, J. D. N., “Estudo de Caso do Processo de Implantação de SGA em Pequenas Empresas”, trabalho final de disciplina realizada no DESMA / FEUERJ / UERJ – Área de Gestão Ambiental, R.J., 2001.
- ALHADEFF, C. M.; FORTES, J. D. N., “Métodos de Amostragem e Análise de Poluentes Gasosos”, trabalho final de disciplina realizada no DESMA / FEUERJ / UERJ – Área de Controle de Poluição, R.J., 2001.
- ARAUJO, U. C., “ Avaliação da Exposição ao Chumbo em Ambientes de Trabalho: Aplicação de Parâmetros Ambientais e Biológicos” – Dissertação apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz – Área de toxicologia ocupacional, 1996.
- ARAUJO, U.; PIVETTA, F.; MOREIRA, J., Avaliação da Exposição Ocupacional ao Chumbo: Proposta de Uma Estratégia de Monitoramento para Prevenção dos Efeitos Clínicos e Subclínicos. In Cadernos de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 15 (1): 123-131, jan. - mar, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001 . Sistemas de gestão ambiental – Especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6401 .Instalações centrais de ar – condicionado para conforto – Parâmetros básicos de Projeto. Rio de Janeiro, 1978.
- BASEL CONVENTION. Convenção da Basileia. Disponível em:

<<http://www.basel.int/>> e

<<http://www.basel.int/mettings/TWG/TWG20/Predocs/twg20-pre.htm>>

BECKER, D. F.(Org.) Desenvolvimento Sustentável-2ª ed – Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 1999.238P. ISBN 85-85869-39-9

BLAIR, T.L. “Lead oxide technology – Past, present, and future” in Journal of Power Sources, 73, p.47-55, 1998.

BROWN, T. L. et al., “Química: Ciência Central”, LTC editora, Rio de Janeiro, 7ª edição, 1997, 702 pp.

BRANCO, S. ; MURGEL, E., Poluição do Ar. São Paulo, Editora Moderna, 1995.

BRASIL. Normas Regulamentadoras (NR) aprovadas pela portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978 – 43ª ed.. Lex – Coleção de Manuais de Legislação: Atlas, São Paulo, v. 16, 1999. Segurança e Medicina do Trabalho. ISBN 85-224-2307-5.

BUONICORE, A . J.; DAVIS, W. T.; AIR & WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION; Air Pollution Engineering Manual, New York –NY: Van Nostrand Reinhold – International Thomson Publishing, Inc., 1992. ISBN 0-442-00843-0.

BURGESS, W. A .; ELLENBECKER, M. J.; TREITMAN, R. D.; Ventilation for control of the work environment, New York . Chichester . Brisbane . Toronto . Singapore, A Wiley-Interscience publication – John Wiley & Sons, Inc., 1989. ISBN 0-471-89219-X.

CAMPANILI, M. “Justiça fecha Empresa em Bauru por Contaminação Ambiental”. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 10 abr. 2002. Disponível em:

<<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/abr/10/97.htm>>

CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY, Manual de aire acondicionado, Barcelona: MARCOMBO, S. A . de Boixareu Editores. 1970.

CARVALHO, Ronaldo & CARVALHO, Renata “Distribuição de ar – novas perspectivas: Insuflação com dutos ou pelo entrepiso”, in Climatização, 2, 15, p. 32-36, RPA, São Paulo, 2001.

CERVO, B. C., “A Contribuição das Indústrias Fabricantes de Sistemas de Ventilação e Exaustão para a Melhoria da Qualidade do Ar em Pequenas e Médias Empresas do Ramo Metal-Mecânico no Município do Rio de Janeiro” – Projeto Final de Graduação, DESMA / FEUERJ / UERJ, R.J., 2002.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em:

<<http://www.cetesb.sp.gov.br>>

CURSO DE ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO: FUNDACENTRO, São Paulo, v. 6, 1981.

CRQ4. Conselho Regional de Química 4ª Região. Disponível em:

<<http://www.crq4.org.br>>

EPA. United States Environmental Protection Agency. Disponível em:

<<http://www.epa.gov>>

FEEMA -Fundação estadual de engenharia do meio ambiente. Manual do meio ambiente; métodos. Rio de Janeiro, Dicom, 1983.

FLEURY, A . C. C.; VARGAS, N. (Org); Organização do trabalho: uma abordagem interdisciplinar; sete estudos sobre a realidade brasileira, 1ª ed., São Paulo – SP, Editora ATLAS, 1983.

FOLHA DE SÃO PAULO, “Número de mortos volta a crescer em 95”, p. 9, São Paulo - SP, 16/06/96.

FOUCAULT, M., *Microfísica do poder*, 3ª ed., Rio de Janeiro: Edições Graal, 1982.

FREITAS, C. M., PORTO, M. F. S. & MACHADO, J. M. H. “Acidentes Industriais Ampliados: desafios e perspectivas para o controle e prevenção”, FIOCRUZ, Rio de Janeiro-RJ, 2000.

FREITAS, N. B. B.; ARCURI, A. S. A., “Valor de Referência Tecnológico (VRT) – A Nova Abordagem do Controle da Concentração de Benzeno nos Ambientes de Trabalho”, ENSP / FIOCRUZ, USP, FUNDACENTRO, 2000.

FURTADO, C.; *O capitalismo global*, 4ª ed., São Paulo – SP: Editora Paz e Terra S.A., 1998. ISBN 85-219-3010-3.

FRIGÉRIO, E., *Arquitetura Industrial / Usuário*, dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo – SP, 1986.

GOMES, J. C. “A Ponta do Iceberg”: A crise da contaminação química do solo paulista está apenas começando”. *O Estado de S. Paulo*, São Paulo, 24 mai. 2002. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/mai/24/178.htm>>

HODGKINS DG, HINKAMP DL; ROBINS TG; SCHORK MA; KREBS WH.; “Influence of high past lead-in-air exposures on the lead-in-blood levels of lead-acid battery workers with continuing exposure” in *Journal of Occupational Medicine*; 33 (7). 797-803, 1991.

_____; ROBBINS, TG.; HINKAMP, DL.; SCHORK, A.; LEVINE, SP.; KREBS, WH.; “The effect of airborne lead particle size on worker blood-lead levels: An empirical study of battery workers” in *Journal of Occupational Medicine*; 33 (12). 1265-1273, 1991.

IIDA, I. “Pequena e Média Empresa no Japão”, CNPq/brasiliense, 1984.

IWASAKI, T. “Introduction to Industrial Health Engineering”, apostila preparada para orientação dos técnicos do CESTEJ, Rio de Janeiro, 1998.

IWASAKI, T. “Design of Duct System”, apostila preparada para orientação dos técnicos do CESTEJ, Rio de Janeiro, 1998.

IWASAKI, T. “Melhoramentos dos ambientes de trabalho através do sistema de exaustão local nas operações que envolvem aerossóis”, Instituto Nacional de Medicina Industrial, Nagao, 1997.

IWASAKI, T. & OJIMA, J. “Design of a Circular Slot Hood for a Local Exhaust System and its Application to a Mixing Process for Fine Particles and Organic Solvents”, in *Industrial Health*, 35, p. 135-142, Nagao, 1997.

IWASAKI, T. & OJIMA, J. “Friction Loss in Straight Pipes of Unplasticized Polyvinyl Chloride”, in *Industrial Health*, 34, p. 245-256, Nagao, 1996.

IWASAKI, T. & OJIMA, J. “Pressure Loss in Elbow Pipes of Unplasticized Polyvinyl Chloride”, in *Industrial Health*, 34, p. 389-401, Nagao, 1996.

JA-LIANG LIN, DAN-TZU LIN-TAN, KUANG-HUNG HSU, CHUN-CHEN YU, “Environmental Lead Exposure and Progression of Chronic Renal Diseases in Patients without Diabetes” in *N Engl J Med*; 348:1810-1812, May 1, 2003.

JAPAN ASSOCIATION FOR WORKING ENVIRONMENT MEASUREMENT, “Working Environment Measurement System In Japan”, segunda edição, Tokio, 1991.

- JOHN, L. “Reciclagem de Baterias tem Novas Diretrizes Internacionais”. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 28 mai. 2002. Disponível em:
<<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/mai/28/187.htm>>
- KABEL, R. L.; HEINSOHN, R. J. “Sources and Control of Air Pollution”, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1999, 696 pp.
- KANAWATY, G. (Org). OIT – Condiciones y medio ambiente de trabajo. Genebra: Oficina internacional del Trabajo, 4ª ed., 1996.
- LAURELL, A.C. & NORIEGA, M. “Processo de Produção e Saúde: Trabalho e Desgaste Operário. São Paulo: Hucitec, 1989. pp.99-1404.
- LAZZARATO, M. & NEGRI, A. “Trabalho imaterial – formas de vida e produção de subjetividade”, DP&A, Rio de Janeiro, 2001.
- MACHADO, C.J.S., (2001). Um quadro sinóptico do processo de formação do arcabouço jurídico institucional ambiental brasileiro. Revista Internacional de Estudos Políticos, Rio de Janeiro, v. 3, n.1., p. , jan/abr 2001.
- MACINTYRE, A. J. Ventilação industrial e controle da poluição.- 2ª ed.-Rio de Janeiro: LTC Editora, 1990. 430 p.
- MALTA, C. G. T.; TRIGO, L. A . S. C.; CUNHA, L. S., “Chumbo”, Trab. Pós-Grad. Med. do Trabalho, Esc. Medicina, F. T. E. Souza Marquez. Área de Toxicologia. R.J., 1998. Disponível em:
<<http://www.geocities.com/HotSprings/Resort/4486/chumbo/chumbo1.htm>>
- MANAHAN, S. E. “Environmental Chemistry”, Lewis Publ., 7 th edn, Flórida, USA, 2000, 898 pp.
- MATTOS, U.A.O. “Segurança em projetos de edificios têxteis”, tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo – SP, 1988.
- MATTOS, U. A . O .; FORTES, J. D. N. , “Um perfil das micro-empresas do tipo metal-mecânico do município do Rio de Janeiro”, DESMA / FEUERJ, 2001.
- MAYER, M.G. & WILSON, D.N. “Health and safety – the downward trend in lead levels” in Journal of Power Sources, 73, p.17-22, 1998.
- MENDES, R. & DIAS, E.C., 1991. “Da Medicina do Trabalho à Saúde do Trabalhador”. Revista de Saúde Pública, 25 (5) : p.341 –349, 1991.
- MENDES, R. (Org.). Patologia do Trabalho – Rio de janeiro: Editora Atheneu, 1995.
- MENOCCHI, S. “Funcionários em Jacareí podem estar Contaminados por Chumbo”. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 20 dez. 2001. Disponível em:
<<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2001/dez/20/288.htm>>
- MESQUITA, A. L. S.; GUIMARÃES, P.A .; NEFUSSI , N. Engenharia de Ventilação Industrial – 1ª ed. – São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 1977.
- MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. MRE. Disponível em:
<<http://www.mre.gov.br/acs/diplomacia/portg//temas/ma001.htm>>
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, MMA. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br>>
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO , MtbE. Disponível em:
<<http://www.mtbe.gov.br>>

MOURA, L. A. A. Qualidade e gestão ambiental: sugestão para implantação das Normas ISO14000 nas empresas.- 2ª ed. – São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2000. 256 p.: 14 x 21 cm. ISBN 85-7453-120-0.

NICOLÓSI, M. “Sistemas de ventilação e exaustão garantem qualidade do ar em ambientes industriais”, in Climatização, 2, 15, p. 14-22, RPA, São Paulo, 2001.

NORIEGA, M., 1993, Organización Laboral, Exigencias y Enfermedad, in “Investigación sobre la Salude de los Trabajadores”, OPS, Série Paltex, Washington-EEUU, 1993.

OLIVEIRA, M.H.B. e VASCONCELLOS, L.C.F.,1992: “Política de Saúde do Trabalhador no Brasil: Muitas Questões Sem Resposta”, Caderno de Saúde Pública, 8(2): 150-156, abr/jun, Rio de Janeiro-RJ, 1992

OSHA. Occupational Safety & Health Administration. Disponível em: <<http://www.osha.gov>>

PACHECO Jr, W.; PEREIRA Fº, H. V.; PEREIRA, V. L. D. V., Gestão de segurança e higiene do trabalho: contexto estratégico, análise ambiental, controle e avaliação das estratégias – São Paulo: Atlas, 2000. 136 p. ISBN 85-224-2436-5.

PEAVY, H. S.; ROWE, D. R.; TCHOBANOGLOUS; Environmental engineering, International Edition, Singapore, McGraw-Hill Book Co.,1985. ISBN 0-07-100231-6.

QUITÉRIO, S. L.; MARTINHON, P. T.; ARAÚJO, U. C.; MATTOS, R.; MOREIRA, M. F. R.; SANTOS, L. S. C. ; SILVA, C. R. S.; VAITSMAN, D. S., “ Monitoramento e Determinação da Concentração de Chumbo Particulado em Áreas Circunvizinhas a Reformadoras de Baterias”, IQ / UFRJ, Lab. De Toxicologia CESTEJ / ENSP / FIOCRUZ, R.J., 2000.

RAND, D.A.J. “The lead / acid battery – a key technology for global energy manegement” in Journal of Power Sources, 64, p.157-174, 1997.

SALIBA, T. M.; CORRÊA, M. A . C.; Insalubridade e periculosidade: aspectos técnicos e práticos, 4ª ed. atual., São Paulo – SP, LTr editora Ltda, 1998. ISBN 85-7322-535-1.

SAMET, J. M. and SPENGLER, J. D.; Indoor Air Pollution: A health perspective - Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 1991. ISBN 0-8018-4124-0. – ISBN 0-8018-4125-9 (pbk).

SANTOS, A. S. R. Desenvolvimento Sustentável: considerações. Meio Ambiente Industrial, São Paulo, v.29, nº 28, p 82-84, jan/fev 2001.

SAYAD, J. “ Panorama da economia brasileira Contemporânea”, 2001, Internet, Disponível em:<<http://www.brasil.gov.br>>.

SELEVAN, S. G., RICE, D. C., HOGAN, K.A., EULING, S. Y., PFAHLES-HUTCHENS, A., BETHEL, J., “Blood Lead Concentration and Delayed Puberty in Girls” in New England Journal of Medicine, Massachusetts Medical Society, 2003.

SELL, N. J., Industrial Pollution Control: Issues and Techniques, 2ª ed., New York, U.S. A.: John Wiley & Sons, Inc. 1992. ISBN 0-471-28419-X.

SENNETT, R “A Corrosão do Caráter”, Ed. Record, Rio de Janeiro-RJ, 1999.

SETTA, J. “Bases para Elaboração de Manuais de Planejamento Estratégico para Micro e Pequenas Empresas”, dissertação de mestrado apresentada à COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro-RJ, 1999.

SHUBO, A . M. R.; PORTELA, L. F.; GÓMEZ, M. B.; TABALIPA, M., Análise e diagnóstico das condições de trabalho em indústrias de baterias chumbo-ácidas, trabalho apresentado no encerramento de Curso de Especialização de Saúde do Trabalhador, CESTEJ / ENSP / FIOCRUZ, R.J., 2001.

SILVA FILHO, E.V. “Geoquímica da Deposição Atmosférica no Litoral do Estado do Rio de Janeiro”, tese de doutorado, apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense, área de Geoquímica Ambiental, UFF, Niteroi, 1997.

SKERFVING, S., Inorganic Lead. In: Criteria Documents from the Nordic Expert Group, pp 125 - 238. Sweden : Ed. Brita Beije och Per Lundberg. 1993.

SOUZA, C. R. C., ARAÚJO, G. M. & BENITO, J. Normas Regulamentadoras Comentadas – Legislação e Segurança do Trabalho, 1ª edição, Rio de Janeiro, 1998.

STONE, H. “Effects of Amendments to the Basel Convention on battery recycling” in Journal of Power Sources, 78, p.251-255, 1999.

TEIXEIRA , P. (Org), Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar, 1ª ed – Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1996. 362 p. ISBN 85-85676-29-29.

TIERNEY Jr., L. M.; McPHEE, S. J.; PAPADAKIS, M. A .; Diagnóstico e tratamento: um livro médico LANGE, São Paulo – SP, atheneu Editora, 1998.

TORREIRA, R. P., Manual de Segurança Industrial, MCT Produções Gráficas, Brasil, 1999.

UERJ. Universidade do Estado do Rio de Janeiro Disponível em: <<http://www.uerj.br>>.

VOGEL, A. I. et al. “Análise Química Quantitativa” LTC editora, Rio de Janeiro, 5ª edição, 1992, 712 pp.

WAISSMANN, W.; “A Cultura de Limites e a Desconstrução Médica das Relações entre Saúde e Trabalho”, tese de doutoramento apresentada ao CESTEJ/ENSP/FIOCRUZ, Rio de Janeiro- RJ, 2000.

WORLD HEALTH ORGANIZATION SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND HEALTHY ENVIRONMENTS, Hazard Prevention and Control in the Work Environment: Airborne Dust, Protection of Human Environment, Occupational and Environmental Health Series, Geneva, 1999.

ANEXO 1 – POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A.1.1 Caracterização histórica do período recente.

Uma constatação do mundo contemporâneo é a preocupação do homem com o meio ambiente como resultado da incapacidade de sua recomposição diante da velocidade com que o homem dele se utiliza.

A luta do homem com o meio ambiente se desenvolve hoje segundo duas linhas:

- denúncia, compreendendo os problemas mais sérios que ameaçam o planeta como: o efeito estufa, a depleção da camada de ozônio, o acúmulo de lixo tóxico, a perda da biodiversidade e esgotamento de recursos não renováveis, além de outros devido a aplicação de tecnologias inadequadas, má administração de recursos naturais, crescimento populacional ou combinação de vários fatores causando poluição do ar, desertificação, enchentes, chuva ácida, erosão, esgotamento de recursos hídricos, contaminação radioativa etc.
- acusação, compreendendo a identificação e divulgação dos principais responsáveis pelos danos ecológicos ao planeta.

Vê-se que a aplicação de um modelo racionalizado em que se aumente a eficiência do processo produtivo pelo aumento da produção, com menor consumo de recursos, leva à tendência a recuperação gradativa dos recursos naturais se os níveis de produção forem estabilizados. Entretanto, a luz dos acontecimentos atuais, pode-se dizer que este tipo de racionalidade se baseia no momento em duas premissas básicas:

- fantástico crescimento do rendimento econômico das matérias primas básicas;

crescimento acelerado da produtividade do trabalho.

A aplicação deste tipo de racionalidade leva ao uso de menor quantidade de recursos naturais, culturais e humanos. Isto conduz a um número menor de trabalhadores, em termos relativos, provocando um desemprego crescente em todas as suas formas.

Contextualizando este processo no de formação econômica do mundo moderno, tomando por base o processo histórico pode-se observar três faces que interagem entre si:

- a intensificação do esforço acumulativo mediante a elevação da poupança de certas coletividades;
- a ampliação do horizonte de possibilidades técnicas;
- aumento da parcela da população com acesso a novos padrões de consumo (FURTADO,1998)

Nas áreas onde as atividades econômicas geram mudanças estruturais, com concentrações de renda e exclusão social, manifestadas em todos países, são criadas conseqüências adversas, em que o crescimento econômico tem em contrapartida o surgimento de nova forma de organização social e distribuição de renda, gerando ameaças, desafios e incertezas às sociedades atuais, com forte reflexo no futuro.

Desta forma, buscou-se estabelecer um processo revolucionário efetivo, baseado na implantação de métodos de produção racionalizadores de tempo, espaço e materiais, ou seja, eliminar do processo produtivo todos os desperdícios, todas as irracionalidades levando a terceira revolução industrial.

Esta fase de transformação teve um desenvolvimento histórico, identificado em etapas características da História Moderna, se constituindo em uma verdadeira revolução sistêmica centrada na concepção ecológica, a saber:

- abolição do padrão ouro para o dólar;
- relatório Meadows do Clube de Roma;
- 1ª grande conferência sobre a questão ambiental (Estocolmo,1972);
- Declaração de Cocac e Relatório Dag-HammarsKjöld: conceito de ecodesenvolvimento;
- Relatório Brundland, propõe: “Desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades...”(BRUNDLAND, 1991,p.46 apud BECKER,1999,p.56);
- ECO 92
- RIO MAIS DEZ.

A lógica do mundo, contudo está ainda centrada na irracionalidade pois que a tendência continua sendo estimular o enriquecimento dos ricos e o empobrecimento dos mais pobres, seguindo a lógica do pensamento neoliberal.

A.1.2 Desenvolvimento e sustentabilidade.

“O desenvolvimento humano restringiu-se ao desenvolvimento econômico, perdendo as demais dimensões da vida e da espécie humana” (BECKER, 1999 p.60).

A saída procurada nestes tempos novos está na busca a um desenvolvimento que, além de econômico seja sustentável, participativo e distributivo. Esta saída leva a uma nova realidade do sistema capitalista por trazer racionalidade e esperança de um novo padrão de desenvolvimento. É possível pensar em um processo de desenvolvimento em que os valores e recursos específicos de uma região sejam preservados e ainda assim participe do desenvolvimento mundial.

Sem dúvida esta é uma nova fase de expansionismo do sistema capitalista. Nela estão incluídos os seus pressupostos básicos, entre os quais: divisão do trabalho e propriedade privada.

Dentro deste conceito a sustentabilidade deve ser compreendida como as múltiplas alternativas que cada localidade, região ou nação tem, pelas suas diferenças culturais, ambientais e valores (éticos e morais) de se inserir no processo geral de desenvolvimento, isto é, a habilidade de uma região entender-se capaz de constituir seu próprio padrão de desenvolvimento.

A.1.3 O problema da poluição atmosférica.

A poluição enquanto gerada por fonte antropogênica, leva-nos a ressaltar as indústrias como um dos principais responsáveis pelas emissões que necessitam um controle preventivo ou corretivo, para não serem inseridas no grupo a ser denunciado como responsável pela degradação do meio ambiente.

O setor industrial brasileiro é responsável por 20% da produção nacional (SAYAD, 2001), compreendendo as indústrias pesadas que representam cerca de 80% da produção industrial, e o conjunto restante, constituído por um grupo de empresas pequenas, diversificadas, onde se incluem as micro empresas e empresas de pequeno porte (MATTOS & FORTES, 2001). Estas pequenas empresas são as que enfrentam os maiores problemas e dificuldades quando se trata da questão ambiental. Elas reúnem os mesmos problemas das grandes empresas sem ter os recursos, meios físicos, treinamento e suporte institucional, à altura de suas necessidades. Quando são vistas sob o ângulo do trabalhador, configura-se um cenário desolador, inserido numa condição bastante desprovida de benefícios e proteção a sua saúde.

As empresas, inseridas no processo de globalização, desenvolvem sua produção dentro de um processo altamente competitivo e de baixo custo para poder alcançar suas metas, também alcançando situações de exposição a riscos, tanto para o trabalhador como para o meio ambiente. Constatado o problema que ocorre principalmente no setor industrial, nele o segmento das indústrias de pequeno porte que realizam diversas atividades, estão sujeitas aos grandes riscos, embora aparentem ser pequenas fontes de poluentes.

A.1.4 Qualidade do ar e suas alterações.

Os valores médios reconhecidos como de composição do ar incluem situações ambientais específicas, diante das características dos gases, como elementos predominantes. Assim, a Tabela A1.1 apresentada a seguir mostra a composição do ar nas condições seco e úmido, em duas situações características dos ambientes, consideradas como normais.

Tabela A1.1 - Características do ar seco e úmido em condições normais (isentos de poluição)

Substâncias	Ar externo seco (puro)	Ar úmido (ambiente interno)	
	% em volume	Condição 1 ⁽¹⁾	Condição 2 ⁽²⁾
		% em volume	% em volume
Nitrogênio, gases raros, hidrogênio	79,00	78,00	75,00
Oxigênio	20,97	20,69	16,00
CO ₂	0,03	0,06	4,00
Vapor d'água	-	1,25	5,00

Fonte: MACYNTIRE, 1990

Notas: (1) Só pessoas a temperatura 21° C e umidade relativa do ar 50%;
(2) Ar expirado pelo homem a temperatura de 36° C e umidade relativa de 100%

Da Tabela A1.1 se depreende a complexidade das condições de análise do ar atmosférico uma vez que diversos parâmetros são capazes de influir em sua condição saudável quando visto sob o ponto de vista da interferência sobre o ambiente.

Diante disto foram adotados padrões para avaliação dessa condição de ambiente saudável para o ecossistema, centrado principalmente no homem.

O CONAMA, em sua Resolução nº 3 de 28/06/90, definiu como Padrões Nacionais de Qualidade do Ar, aquele que atendesse as condições limites indicadas na Tabela A1.2.

Tabela A1.2 - Padrões nacionais de qualidade do ar atmosférico

Poluentes	Tempo de amostragem	Padrão primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Métodos de medição
Partículas totais em suspensão	24 horas ⁽¹⁾ MGA ⁽²⁾	240 80	150 60	Amostrador de grandes volumes
Partículas inaláveis	24 horas ⁽¹⁾ MAA ⁽³⁾	150 50	150 50	Separação inercial/filtração
Fumaça	24 horas ⁽¹⁾ MAA ⁽³⁾	150 60	100 40	Reflectância
Dióxido de enxofre	24 horas ⁽¹⁾ MAA ⁽³⁾	365 80	100 40	Pararosanilina
Monóxido de Carbono	1 hora ⁽¹⁾ 8 horas ⁽¹⁾	40.000 (35 ppm) 10.000 (9 ppm)	40.000 (35 ppm) 10.000 (9 ppm)	Infravermelho não dispersivo
Ozônio	1 hora ⁽¹⁾	160	160	Quimioluminescência
Dióxido de Nitrogênio	1 hora ⁽¹⁾ MAA ⁽³⁾	320 100	190 100	Quimioluminescência

Fonte: CONAMA, Resolução nº 3 de 28/06/90.

NOTAS:

- (1) Não deve ser excedido mais que uma vez por ano;
- (2) Média geométrica anual;
- (3) Média aritmética anual.

Estes padrões de qualidade do ar seguem alguns padrões internacionais (*US EPA*), que fornecem os níveis de qualidade do ar designados, com uma margem de segurança suficiente para proteção à saúde pública – listados na tabela como Padrão Primário. Nesta tabela especifica-se um Padrão Secundário, que estabelece os níveis de qualidade de ar julgados necessários para o bem estar público, a partir de qualquer conhecimento ou antecipação de efeitos adversos que um poluente possa produzir.

Considerando, entretanto, as especificidades de certos ambientes, têm sido adotados padrões diferenciados para algumas áreas, muitas vezes com amparo em legislações estaduais, com base em critérios específicos de preservação ambiental.

No caso particular do Estado do Rio de Janeiro, o órgão controlador do comportamento ambiental, FEEMA, em resposta à política do governo do estado com relação ao Meio Ambiente, tem como Padrões de Qualidade do Ar os mostrados na Tabela A1.3 a seguir, onde se observam algumas alterações em relação aos Padrões Nacionais.

Tabela A1.3 - Padrões qualidade do ar – estado do Rio de Janeiro

Poluentes	Tempo de amostragem	Padrão (mg/cm ²)	Padrão (µg/m ³)	Método de ensaio
a) Dióxido de enxofre	24 horas ⁽¹⁾ MAA ³	-	365 (0,14 ppm) 80 (0,03 ppm)	Pararosanilina
b) Partículas em suspensão	24 horas ⁽¹⁾ MGA ⁽²⁾	-	240 80	MF 606 Amostrador de grandes volumes (HiVol)
c) Monóxido de Carbono	1 hora ⁽¹⁾ 8 horas ⁽¹⁾	-	40.000 (35 ppm) 10.000 (9 ppm)	MF607 Espectrofotometria não-dispersiva de Infravermelho
d)Oxidantes fotoquímicos	1 hora ⁽¹⁾	-	160 (0,08 ppm)	MF608 Luminescência química (corrigida para interferência devida a óxidos de nitrogênio e óxidos de enxofre)
e) Partículas sedimentáveis	30 dias	1 (área industrial) 0,5 (demais áreas)		MF 609 Jarro de Deposição de Poeira.

Fonte: FEEMA – Deliberação CECA nº 021 de 15/03/1978 – Publicada no DOERJ de 18/04/1978

NOTAS:

- 1) Não deve ser excedido mais que uma vez por ano;
- 2) Média geométrica anual;
- 3) Média aritmética anual.

A.1.5 Poluição atmosférica: conceituação.

A concepção de poluição toma sentido amplo, de abrangência ilimitada, quando se trata de preservar o meio ambiente em que se vive, sem, contudo, perder a idéia de usufruto continuado. Além disto se incorpora a noção de uso compartilhado, o que impõe uma forma de pensar e agir onde as ações têm que ser avaliadas por seus efeitos em termos de espaço e tempo. Tais noções não devem ser limitativas ao

desenvolvimento humano mas essencialmente orientadoras e reguladoras, no sentido de conseguir eficiência no processo adotado e eficácia dos resultados, para todo o sistema ambiental, de forma a assegurar sua natureza saudável. Na abordagem que se fará a seguir, centrada na questão do ar na atmosfera, tais diretrizes deverão ser observadas, particularizando-as para um segmento cujos reflexos têm sido sentido em todo o mundo mas com benefícios compartilhados por muitos poucos.

A.1.6 Poluição atmosférica: aplicação:

O homem vive um momento de tomada de posição diante dos agravos constantes a sua integridade das mais diferentes formas. No que diz respeito às agressões à atmosfera, sobretudo nos limites da biosfera, as ações e efeitos têm sido diversificados, criando condições cada vez mais impróprias ao ecossistema, refletindo-se nas variadas formas de vida.

A atmosfera terrestre compreende um complexo de substâncias em equilíbrio, onde solo, água e ar têm suas parcelas de contribuição. O rompimento desse equilíbrio gera condições transitórias ou permanentes capazes de serem absorvidas pelo ecossistema ou, quando não, impõem condições de vida com reflexos permanentes, distorcendo as características do hábitat natural. Tais evidências levam a condição de poluição ambiental quando os efeitos são perceptíveis e mesmo mensuráveis no ambiente quer pelas ações sobre o homem, a flora e a fauna quer sobre a água, o solo e os materiais.

É sob este enfoque que se conceitua qualquer gás ou particulado, como um poluente aéreo quando encontrado em altas concentrações, assim sendo nocivo à vida e/ou às propriedades, originado de fontes naturais, antropogênicas, ou de ambas.

Um dos grandes desafios da ciência moderna é estabelecer os limites das alterações possíveis de serem suportadas pelos seres vivos, constituindo a chamada teoria dos limites (WAISSMANN, W., 2000). Entretanto, correntes mais conservadoras têm se mostrado tendentes à adotar a concepção de tolerância zero como meta adequada ao desenvolvimento atual, diante da evolução tecnológica observada, e da mentalidade que se vem implantando no mundo.

Mas até que ponto as alterações realmente podem ser suportadas, e como se ter certeza dos limites estabelecidos? Em princípio deve-se considerar a urgência da questão, onde os efeitos do contínuo comprometimento do ar atmosférico não pode aguardar espaços de tempo significativos. Contudo todos os esforços, ações no sentido

de controle, redução ou eliminação de condições impróprias ao ecossistema, são relevantes, incluindo-se a conscientização como base para uma evolução. A não conformidade destas condições pode ter um custo enorme, que poderá ser expresso em termos de conseqüências biológicas diretas ou em impactos econômicos.

Em meio aos desafios à ciência moderna para a manutenção de um equilíbrio, paralelamente se tem desencadeado ações diversificadas, dentre as quais surgem acordos entre as partes interessadas, em que as nações buscam entendimento e posturas internacionais, para com o meio ambiente. Os acordos internacionais mais recentes e abrangentes, além de polêmicos, foram:

- o “Protocolo de Montreal” (16/9/1987), cuja principal finalidade é o controle sobre as substâncias que destroem a Camada de Ozônio.
- o “Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima” (1988), estabelecido conjuntamente pela Organização Meteorológica Mundial e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.
- a “Convenção –Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima” (09/05/1992), adotada em Nova York – E.U.A.
- o “Protocolo de Kioto” (11/12/1997), cuja principal característica é firmar compromissos com estabelecimento de metas de limitação e redução de emissões de gases de efeito estufa, não controlados pelo Protocolo de Montreal. Igualmente estimulando o desenvolvimento de formas novas e renováveis de energia, paralelo a limitação/redução de emissões do gás metano.

A.1.7 Características ambientais da atmosfera e suas conseqüências sobre o meio ambiente.

O comportamento da atmosfera no mundo tem assumido importância crescente em relação direta com a evolução do homem e suas necessidades, envolvendo o uso dos bens disponíveis na natureza.

É reconhecido de modo generalizado que a atmosfera representa um dos mais importantes caminhos para a circulação e transformação geoquímica de elementos maiores e traços (SILVA FILHO, 1997). A vinculação dos elementos geoquímicos encontrados na atmosfera às fontes geradoras naturais e antropogênicas, têm sido objeto de estudos científicos, os mais diversos, elevando o nível de conhecimento, para uso e

benefício do próprio homem e suas relações com o ambiente. No Quadro A1.1 são mostradas as fontes de aerossóis e gases atmosféricos inorgânicos.

A ocorrência de desequilíbrios transitórios gerados no ecossistema são compreendidos como situações naturais atípicas, capazes de gerar efeitos devastadores mas assimiláveis pelo sistema ao longo do tempo (FREITAS, PORTO & MACHADO, 2000). Entretanto, o que se tem observado é um processo contínuo de alteração crescente das camadas de ar próximas à superfície da Terra, geradas pelo próprio homem, induzindo as condições de vida geradoras de agravos sistemáticos à saúde ambiental.

Quadro A1.1 – Principais fontes de aerossóis e gases atmosféricos inorgânicos

CATEGORIA		ORIGEM	COMPOSIÇÃO
Partículas de Sal Marinho		-Natural	-Água do mar evaporada; -Água do mar evaporada, com alterações;
Partículas de Solo		-Natural; -Vulcânica.	-Grandes quantidades de Al, Si e Ti.
Partículas e/ou gases gerados por atividade biológica		Natural	
Partículas de origem antropogênica	Associadas à fuligem	Queima de biomassa.	-Carbono; -Elementos maiores e traços.
	Geradas por combustão a alta temperatura	-Emissões industriais; -Queima de combustíveis	-Compostos de enxofre e nitrogênio; -Metais pesados.

Fonte: Silva Filho, p. 17, 1997.

Na Tabela A1.4 são mostrados valores estimados de emissão de metais para a atmosfera, geradas por fontes naturais e antropogênicas onde se vê que alguns dos elementos apresentam quantidades elevadas e nocivas ao ecossistema

Tabela A1.4 - Emissões estimadas de metais para a atmosfera, geradas por fontes naturais e antropogênicas (x 1000 ton/ano)

Elemento	Antropogênico	Total Antropogênico + natural
As	18	31
Ca	1400	45000
Cd	7,6	8,9
Cr	30	74
Cu	35	63
Hg	3,6	6,1
Mg	280	1,3 x 10 ⁵
Mn	38	355
Mo	3,3	6,3
Ni	56	86
Pb	332	344
S (gás)	93000	178000
Sb	3,5	5,9
Se	6,3	16
Sr	70	810
V	86	114
Zn	132	177

Fonte: Silva Filho, p. 18, 1997

Percebe-se, pois, uma participação de ações antropogênicas, com efeito cumulativo, cujas conseqüências são imprevisíveis. No Quadro A1.2, a seguir, são mostradas as principais fontes de poluição e os principais poluentes perceptíveis pelas medições realizadas.

Quadro A1.2 – Principais fontes de poluição e poluentes encontrados na atmosfera

	Fontes	Poluentes
Estacionárias	Combustão	Material particulado Dióxido de enxofre e trióxido de enxofre Monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de Nitrogênio
	Processo industrial	Material particulado (fumos, poeiras, névoas) Gases: SO ₂ , SO ₃ , HCl, mercaptanas, HF, H ₂
	Queima de resíduos sólidos	Material particulado Gases: SO ₂ , SO ₃ , HCl, Nox
	Outros	Material particulado, hidrocarbonetos.
Móveis	Veículos a álcool, gasolina/Diesel, aviões, motocicleta, barcos, trem etc.	Material particulado, monóxido de carbono, óxidos de enxofre, óxido de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos, ácidos orgânicos
Naturais	Reações Químicas na Atmosfera (Ex.: hidrocarbonetos + óxido de nitrogênio – luz solar)	Material particulado, poeiras, gases, SO ₂ , H ₂ S, CO, NO, NO ₂ , hidrocarbonetos. Poluentes Secundários – O ₃ , aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos, orgânicos, aerossol fotoquímico etc.

Fonte: CETESB in DERÍSIO, J. C. , 1992.

No Quadro A1.3 estão sendo apresentados alguns poluentes gasosos mais freqüentes, resultantes da evolução das sociedades, sobretudo após a fase de industrialização, associados às respectivas fontes de geração.

Quadro A1.3 – Poluentes atmosféricos mais frequentes, suas fontes e impactos.

Poluente	Principais Fontes	Impactos no ambiente
Monóxido de Carbono (CO)	- Escape dos veículos motorizados (queima incompleta de combustíveis); - Processos industriais (chaminés de indústrias).	- Destruição da hemoglobina no sangue (cianose).
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	- Centrais Termelétricas a petróleo ou carvão; - Fábricas de ácido sulfúrico; - Queima de gasolina; - Processos anaeróbios (esgotos); - Queima de óleo combustível; - Vulcões (fontes de enxofre).	- Chuva ácida (danos à vegetação, desagregação do solo, estruturas e de lençol freático); - bronquiobstrução; - pleurisia (efeito de sinergia quando associado a materiais particulados em concentrações elevadas).
Partículas em suspensão (material particulado)	- Escape dos veículos Motorizados; - Processos industriais (queima de carvão); - Queima de lixo ao ar livre; - Estocagem de materiais em áreas abertas (pilhas, silos); - Moinhos; - Transportes (esteiras, caminhões etc.); - Centrais Termoelétricas; - Reação dos gases poluentes na atmosfera; - Ação dos ventos; - Degradação dos solos.	Problemas respiratórios: - fibrose (óxido de ferro); - deposição de particulados sob vegetação; - pleurisia - efeito de sinergia quando associado a SO ₂
Chumbo (Pb)	- Centrais Termoelétricas - Fábricas de baterias	- Doença degenerativa (Saturnismo)
Óxidos de Nitrogênio (NO, NO ₂)	- Escape dos veículos motorizados; - Processos de combustão com o ar; - Reações fotoquímicas; - Queima de gasolina; - Centrais Termoelétricas; - Fábricas de fertilizantes, de explosivos ou de ácido nítrico.	lençol freático.
Ozônio (O ₃)	- Formados na atmosfera devido a reação de Óxidos de Nitrogênio, Hidrocarbonos e luz solar (reações fotoquímicas).	- Danos às plantas/ vegetações; - Efeito Estufa: destruição da camada de ozônio.
Compostos orgânicos: Etano, Etileno, Propano, Butano, Acetileno, Pentano, Aromáticos.	- Escape dos veículos motorizados; - Evaporação de solventes; - Processos industriais; - Lixos sólidos; - Utilização de combustíveis (combustão)	- Leucopenia (destruição de Glóbulos brancos); - Efeito Estufa: destruição da camada de ozônio (cloro flúor carbono-CFCs). - Reagem com Óxidos de Nitrogênio e com a luz solar para formar oxidantes fotoquímicos.
Dióxido de Carbono CO ₂	- Todas as combustões	- Efeito Estufa (CO ₂ retém o calor).
Cinzas	- Usinas termoelétricas; - Queima de lenha e carvão (gera óxidos de metais pesados).	- Redução da fauna e flora dos rios.
Alumínio	- Indústria de minério de alumínio (bauxita – contém fluoreto).	- Danos a patrimônios históricos, depósito de ácido fluorídrico em pastos (amolece ossos do gado);

Fonte: ALHADEFF & FORTES, 2001

ANEXO 2 - ESCOAMENTO DOS FLUIDOS: BASES CONCEITUAIS.

Os fluidos têm comportamento estudado através dos tempos, tendo sido caracterizado em uma disciplina, chamada Mecânica dos Fluidos e mais recentemente Fenômeno dos Transportes, que reúne o conjunto de leis da Física a ele aplicáveis, sob a diretriz fundamental de sua concepção como sujeito às leis de Newton quanto ao comportamento das forças cizalhantes que atuam sobre as moléculas do fluido quando em movimento. Na maioria dos casos de escoamento dos fluidos estudados nas aplicações práticas em Engenharia, as tensões cizalhantes têm comportamento linear em relação as variações da velocidade com a altura (dimensão vertical) da massa fluida. Isto lhes confere a condição de fluidos newtonianos, onde se incluem a água, o ar e outros gases (MESQUITA et ali, 1977). Considerada esta condição fundamental é preciso recorrer a classificação geral dos fluidos, como compressíveis e não compressíveis, em consequência do grau de liberdade de suas moléculas.

A questão principal na abordagem a ser feita na ventilação industrial está centrada no escoamento do ar, composto por gases, vapor d'água e aerossóis que seguem as leis dos gases, isto é fluidos compressíveis. Em alguns casos específicos tal comportamento poderá ser associado ao de um fluido incompressível, com evidentes simplificações no trato teórico-prático. A seguir serão feitas considerações fundamentais sobre princípios, parâmetros e respectivas grandezas, utilizados nas análise feitas ao longo do texto.

A.2.1 Princípios, parâmetros e grandezas fundamentais.

O desenvolvimento teórico que norteia o processo de ventilação está baseado em um conjunto de princípios da Física, donde decorrem parâmetros, regidos por um sistema de grandezas, aos quais se fará referência e por isto estão sendo revistos a seguir.

Esforços sobre fluidos

Os esforços considerados atuantes sobre os corpos são: tração, compressão e cisalhamento. No caso dos corpos fluidos gasosos os esforços a serem considerados são os de compressão e de cisalhamento devido a própria natureza do fluido.

Viscosidade dos fluidos

A existência das forças cisalhantes entre as moléculas dos fluidos levam ao desenvolvimento de um gradiente de velocidade na direção vertical quando o fluido sai de sua posição de equilíbrio ou repouso, por ação de uma força tangencial externa, reagindo com maior ou menor intensidade em função do fluido considerado. A resposta ao esforço aplicado é um fator de proporcionalidade inerente ao fluido. Tal fator é identificado como coeficiente de viscosidade e próprio a cada fluido.

Os esforços cisalhantes são sensíveis às variações de pressão e temperatura do fluido, resultando em alterações de seu comportamento quando os fluidos estão em movimento. Assim, no caso dos gases, devido a movimentação molecular, o aumento da temperatura provoca a elevação da viscosidade. Quanto à influência da pressão vê-se que a viscosidade também aumenta com sua elevação porém a taxas bem menores que no caso da temperatura (ALDEN & KANE, 1982).

Pressão dos fluidos

A propriedade dos fluidos exercerem esforços de compressão sobre as paredes do recipiente que o contém leva ao desenvolvimento de tensões proporcionais aos esforços de compressão que atuam sobre cada ponto da superfície de contato. No caso dos fluidos gasosos, o grau de liberdade das moléculas determinam que ele ocupe todo o espaço disponível, estabelecendo uma relação inversa entre o grau de compressão e o volume ocupado pelo gás. Desta forma as tensões resultantes sobre cada ponto de contato com o recipiente, terão a mesma intensidade, direção perpendicular e sentido definido. Destes esforços resultam as chamadas pressões estáticas, características de ação dos gases sobre os corpos em contato.

Escoamento dos fluidos

Regime de Escoamento

Duas situações fundamentais determinam o comportamento dos fluidos quando em movimento: escoamento laminar e escoamento turbulento, caracterizados como decorrência da viscosidade do fluido μ , da velocidade de deslocamento v , de uma dimensão linear L e de sua massa específica ρ , relacionados entre si sob a forma de um número adimensional chamado Número de Reynolds (REYNOLDS, 1883 in ALDEN & KANE, 1982), representado por NR . Ele decorre da relação entre as forças de inércia e as forças resultantes das tensões cisalhantes, desenvolvidas na massa fluida, devido à viscosidade.

$$NR = \frac{vL\rho}{\mu} \quad (\text{A2.1})$$

Entre as situações de escoamento de fluido laminar ($NR \leq 2000$) e turbulento pleno ($NR \geq 4000$) ocorre uma faixa de transição, de grande instabilidade, e por isso desprezada pelos engenheiros em seus projetos. A situação mais comum do escoamento, adotada nos projetos de engenharia, compreende o escoamento turbulento, significando um Número de Reynolds maior que 10000. Esta classificação de regime dos escoamentos fluidos se aplica a líquidos e gases, mantidas as condições normais de pressão e temperatura. No caso particular dos gases e em especial o ar, os estudos e aplicações nos sistemas de ventilação industrial, a faixa mais freqüente de uso do Número de Reynolds se situa entre 10^5 e 10^6 .

Velocidade Média nas Seções de Escoamento

O escoamento dos fluidos apresenta variação de velocidade em cada ponto na massa fluida, independente do regime, como resultado das forças cizalhantes desenvolvidas entre moléculas e suas ações sobre as superfícies de contato. Disto resulta a necessidade prática de se utilizar uma velocidade média, representativa das velocidades pontuais, principalmente quando da ocorrência do fluxo em condutores do tipo dutos. Neste caso, o perfil representativo das variações de velocidade nos dois regimes diferem quanto a forma, sendo parabólico para o laminar enquanto é parabólico achatado, no regime turbulento. As relações de dependência entre as velocidades em função do regime é dada por:

$$\text{Regime laminar:} \quad v_{\max} = 1,2 v_{\text{med}} \quad (\text{A2.2})$$

$$\text{Regime turbulento:} \quad \frac{v_{\text{med}}}{v_{\max}} = f \left(NR, \frac{e}{d} \right) \quad (\text{A2.3})$$

onde f é o coeficiente de atrito de contato do fluido com as paredes do duto condutor e e a rugosidade média das paredes do duto.

Continuidade do Escoamento

A massa m de fluido em escoamento permanece constante em seu trajeto, durante um intervalo de tempo, desde que não haja variação de massa, por acréscimo ou

perda, entre duas seções quaisquer de referência, naquele período. Isto implica no princípio de conservação das massas, válido para todos os fluidos, expressa por

$$m = \text{constante} \quad (\text{A2.4})$$

Considerando o tempo em que se processa o escoamento entre as duas seções, pode-se dizer tratar de uma vazão em massa, como se refere Mesquita (1977), levando à expressão da equação da continuidade válida para qualquer fluido

$$M = \rho \times A \times v \quad (\text{A2.5})$$

onde M é a vazão em massa, ρ a massa específica, A a área da seção transversal de escoamento e v a velocidade média na seção. No caso dos fluidos incompressíveis, onde a massa específica não é função da pressão, pode-se escrever a expressão sob a forma

$$A \times v = \text{constante} = Q \quad (\text{A2.6})$$

onde Q é a vazão em volume que passa pela seção de referência.

Energia do Escoamento

Considerado um fluido em escoamento entre duas seções de referência, entre as quais não ocorra variação energética por ação externa, isto é, acréscimo ou perda de energia, pode-se dizer que a energia total do escoamento E em cada seção é constante, ou seja

$$E = \text{constante} \quad (\text{A2.7})$$

Entre as duas seções referidas ocorrerão perdas, decorrentes do próprio escoamento, como resultado das forças de tensão desenvolvidas pelo fluido, devido a viscosidade da massa em escoamento e ao atrito com as superfícies de contato. Bernouilli decompôs esta energia total em três parcelas devido a sua posição z (energia potencial), a pressão interna do fluido $\frac{p}{\gamma}$ (energia piezométrica) e a velocidade $\frac{v^2}{2g}$ (energia cinética ou taquicarga) que somadas expressam a energia total do escoamento em uma seção qualquer. Observe-se que estas parcelas são dimensionalmente

equivalentes a um comprimento, expresso em termos de carga, por alguns autores. Dessa forma o escoamento entre duas seções pode ser expresso pela seguinte expressão

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta_p \quad (\text{A2.8})$$

onde z é a posição do eixo da seção, p é a pressão interna, γ é o peso específico do fluido e dado por $\gamma = \rho \times g$, sendo g a constante devido a aceleração da gravidade e Δ_p a perda de energia entre as seções de referência, devido aos dutos, por atrito com as paredes de contato, ou por modificações diversas tais como mudança de direção, modificação de forma da seção, entradas e saídas etc. .

Sistema de Unidades

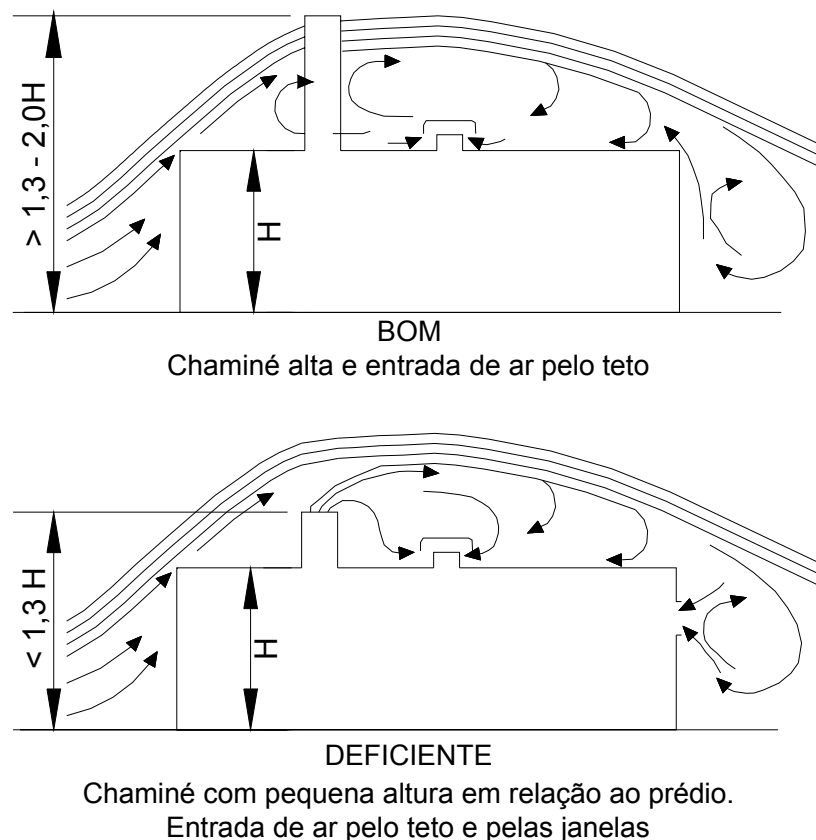
O sistema de unidades adotado neste trabalho será o Sistema Internacional de Unidades (SI) por ser o prevaente nos meios técnico-científicos internacionais e de larga disseminação no Brasil. Entretanto, como a área de ventilação industrial brasileira tem sido muito influenciada pela técnica americana, serão feitas referências ao Sistema Inglês de Unidades em situações especiais.

A.2.2 Ventilação geral.

A ventilação consiste no deslocamento de massas de ar, por efeito de variação de pressão e/ou temperatura entre dois pontos. Ela age sobre os indivíduos proporcionando sensações agradáveis ou desagradáveis em função das intensidades dos parâmetros pressão e temperatura, em relação ao sistema térmico do homem, podendo gerar rupturas irreversíveis em situações extremas. As variações de umidade também atuam sobre o sistema térmico humano porém limitando-se a questões de conforto. O conjunto de ações envolvendo as ciências naturais, o homem e o ambiente, permite identificar a ventilação, como um sistema aberto, segundo os pressupostos da teoria geral dos sistemas (VON BERTALANFFY, 1973).

A ventilação natural, compreendida como a entrada e saída de ar nos ambientes fechados, através das aberturas existentes, resulta das variações de pressão e temperatura observadas na natureza. Tais movimentações determinam direções regulares, com intensidades variáveis que devem ser compatíveis com a disposição das aberturas dos prédios construídos pelo homem. Tais construções passam a ser interferências ao deslocamento dessas massas de ar, determinando perturbações no

mínimo inconvenientes. A arquitetura tem levado em consideração tais efeitos, tendo por diretriz a integração do prédio com o ambiente. Assim, a situação do prédio no local de implantação e as situações das aberturas para circulação do ar, são fatores determinante do comportamento ambiental da edificação. A Figura A2.1 caracteriza os efeitos das correntes de deslocamento de ar em contato com uma construção do tipo industrial, mostrando as conseqüências de dimensionamento impróprio da chaminé, com resultados sobre a realimentação interna do prédio, com os produtos residuais gerados para o exterior.



Fonte:MACYNTIRE,1990 p.38

Figura A2.1 – Efeitos da chaminé sobre o vento exterior gerando realimentação para o próprio ambiente.

No interior do prédio a ventilação passa a ser o resultado das aberturas de entrada e saída, conjugadas às condições internas de pressão e temperatura em cada ambiente, determinadoras das movimentações de ar. Desta forma os ambientes internos das edificações deverão ter um sistema de ventilação cuja eficiência dependerá do arranjo interno, disposição de equipamentos, móveis e utensílios e das atividades internas, conjugados aos parâmetros determinantes da circulação do ar (MATTOS, 1988). É preciso que a ventilação atinja todas as áreas do ambiente evitando-se a

formação de correntes de retorno, concentradas em locais fora das áreas de circulação das massas de ar. Tais situações impedem a ação renovadora do ar ambiente, favorecendo o aumento das concentrações de contaminantes, onde forem realizados processos produtivos, com geração de substâncias modificadoras da composição do ar insuflado. A Figura A2.2 caracteriza tais situações, em um corte transversal de uma fábrica, com iluminação e ventilação por exaustão natural no teto, do tipo lanternins. As correntes de retorno, desenvolvidas em áreas sem renovação de ar, elevam cumulativamente as concentrações dos contaminantes, persistindo durante todo o período de tempo que durar a atividade geradora. Tais concentrações podem atingir níveis capazes de comprometer a saúde dos trabalhadores em atividade no local.

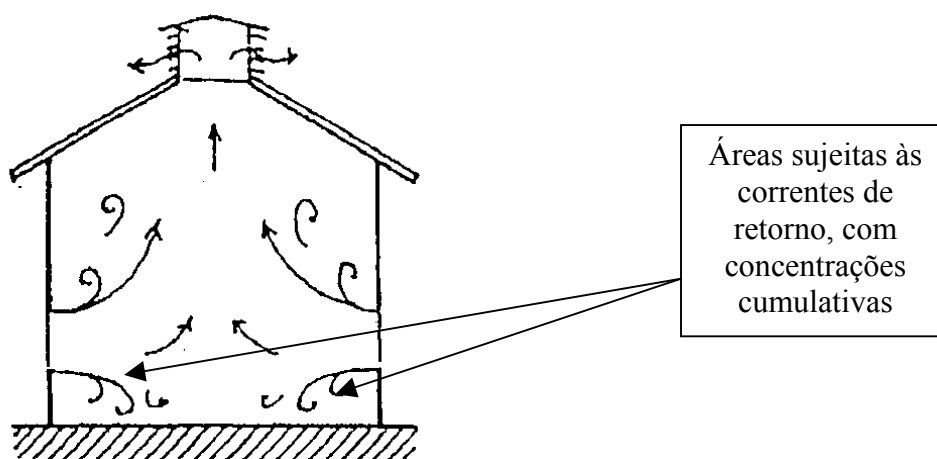


Figura A2.2 - Caracterização das correntes de ar em uma seção transversal de uma fábrica.

Macintyre (1990) classifica os sistemas de ventilação em: geral e local exaustora.

Um sistema de ventilação geral consiste na sua capacidade de realizar a circulação da massa de ar por todo o ambiente proporcionando renovação contínua. Ele pode ser natural ou diluidor (mecânico ou artificial, segundo Mesquita et alli, 1977) dependendo dos recursos empregados para o deslocamento e distribuição do ar.

Os sistemas de ventilação geral têm por finalidade:

- a manutenção do conforto e eficiência do ser humano: busca recriar as condições do ar antes da intervenção do agente humano, ou seja, tenta neutralizar alterações de calor(humano e máquinas) geradas no ambiente e mesmo pelo clima, tornando-o adequado ao trabalho. É, também, chamada de *ventilação geral de ambientes normais*;
- a saúde e a segurança do ser humano: é responsável pelo controle de agentes nocivos às pessoas, tais como gases, vapores e partículas e, por isso, mais

utilizado em ambientes industriais, em que ocorram emissões de agentes que possam alterar a composição do ar além dos limites aceitáveis. Neste último caso é também conhecida por *ventilação geral diluidora* ou *ventilação por diluição*. De modo geral pode ser realizada através de:

- insuflação e exaustão naturais;
 - insuflação mecânica e exaustão natural;
 - insuflação natural e exaustão mecânica;
 - insuflação e exaustão mecânicas.
- conservar em bom estado os materiais e o funcionamento dos equipamentos, segundo suas características e tolerâncias no ambiente de trabalho.

Uma solução eficaz e de baixo custo para resolver o problema de qualidade do ar nos ambientes internos é a utilização de ventilação geral natural, visando a renovação do ar necessária nestes ambientes, à busca de preservar a saúde, proporcionar segurança e conforto internos. Na maioria dos casos, entretanto, as condições naturais e as arquiteturas externas e internas dos edifícios não são adequadas ou suficientes para manutenção contínua de tais processos. Além disto, deve-se colocar de lado a eventual necessidade de correções ambientais de qualidade do ar externo, como premissa a ser adotada em casos específicos de áreas sabidamente contaminadas ou situações especiais como dos chamados ambientes limpos (*clean rooms*) que, em geral, fogem aos objetivos dos ambientes industriais. Desta forma, a aplicação de sistemas de ventilação artificial se tornam necessárias aos ambientes de trabalho para torna-los apropriados às atividades laborais. Existe vasta literatura tratando deste assunto, em especial dedicados às poeiras, sob as mais diferentes formas (artigos, livros, manuais etc.) datados desde os idos de 1900 (WHO-PACE, 1999).

Os sistemas de ventilação geral natural podem se constituir na simples aplicação de recursos de arquitetura à conformação existente tanto externa quanto interna (modificação do arranjo físico se necessário), com vistas à ativação da circulação do ar natural no ambiente. Isto deverá prove-los dos volumes de ar necessários e suficientes aos usuários, com as renovações respectivas, de forma a garantir concentrações adequadas dos componentes do ar no local, tanto em gases quanto em aerossóis. A Tabela A2.1 mostra o número de renovações esperadas para ambientes com diferentes finalidades e o tempo necessário a cada troca, consideradas as condições locais de pressão e temperatura. Nesta fase estão sendo consideradas as condições do ar insuflado no ambiente dentro dos limites razoáveis de composição, de modo a não considera-lo como poluído e, portanto, com características aceitáveis, dentro daquelas referidas no

Anexo 1, Tabela A1.1, definidas como ar apropriado para o trabalho humano. Desta forma as renovações de ar por meio natural serão providas exclusivamente com recursos combinados da arquitetura do edifício e a sua disposição no local de implantação (MATTOS, 1988). Esta é uma condição difícil de atender em ambientes urbanos, onde a existência de outras edificações geram interferências nas movimentações de ar, dificultando a circulação natural das massas de ar. Como resultado é preciso prover as renovações de ar, adequadas ao ambiente, segundo suas características de uso, com recursos mecânicos, dando margem a circulação controlada das massas de ar, combinando conforto, segurança e saúde aos usuários. Esta é uma situação em que as massas de ar são forçadas no ambiente, promovendo distribuição quer na entrada quer na saída ou em ambas.

Tabela A2.1 - Renovação de ar necessária por ambiente

Finalidade do Ambiente	Trocas de ar por hora		N ^o de minutos por troca	
	Baixa	Alta	Lenta	Rápida
Auditório e sala de reunião	4	30	15	2
Padaria e confeitaria	10	60	6	1
Máquinas e caldeira	4	60	15	1
Corredores	1	10	60	6
Fundição (ferrosos)	4	30	15	2
Fundição (não-ferrosos)	6	60	10	1
Garagem e estacionamento	3	20	20	3
Oficina mecânica	6	30	10	2
Cozinha comercial	10	60	6	1
Laboratório	6	30	10	2
Lavanderia	10	120	6	0,5
Armazens	2	1	30	4
Pequena oficina	3	20	20	3
Escritório	2	30	30	2
Restaurante	4	30	15	2
Residência	1	6	60	10
Loja (em geral)	6	20	10	3
Loja (ferragem)	1	6	60	10
Fumante	10	60	6	1
Banheiro e lavabo	10	30	6	2
Espera	3	10	20	6

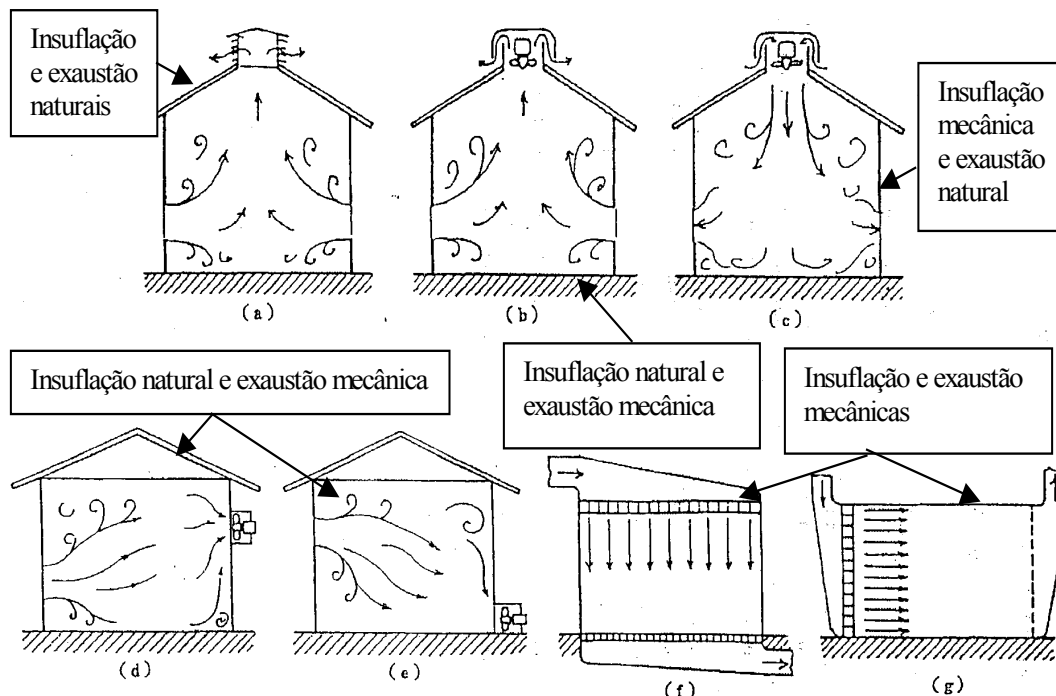
Fonte: Patty, F., 1967 in Macintyre, A. J. , 1990, 2^a ed. p. 84, Tabela 6.8 modificada.

A2.2.1. Ventilação geral diluidora.

A ventilação geral diluidora consiste na criação de correntes de ar de grande massa, através de ambientes internos ou confinados, visando a melhoria nas condições de ar do ambiente, mediante controle da vazão (renovação), temperatura e umidade, adequados ao ambiente, segundo sua finalidade. Pode ser ativada por:

- insuflação mecânica e exaustão natural;
- insuflação natural e exaustão mecânica;
- insuflação e exaustão mecânicas.

A Figura A2.3 mostra diversas situações possíveis para seções transversais de ambientes industriais, combinando as situações figuradas como ventilação diluidora



(Fonte IWASAKI, 2001 p. 11)

Figura A2.3 - Diversas situações de ventilação geral diluidora para ambientes industriais.

Um sistema de ventilação geral diluidor completo, para ambiente industrial, compreende: insuflação mecânica, distribuição no ambiente, exaustão mecânica, retentores de contaminantes, se for o caso, e chaminé de saída. A Figura A2.4 mostra uma configuração simplificada.

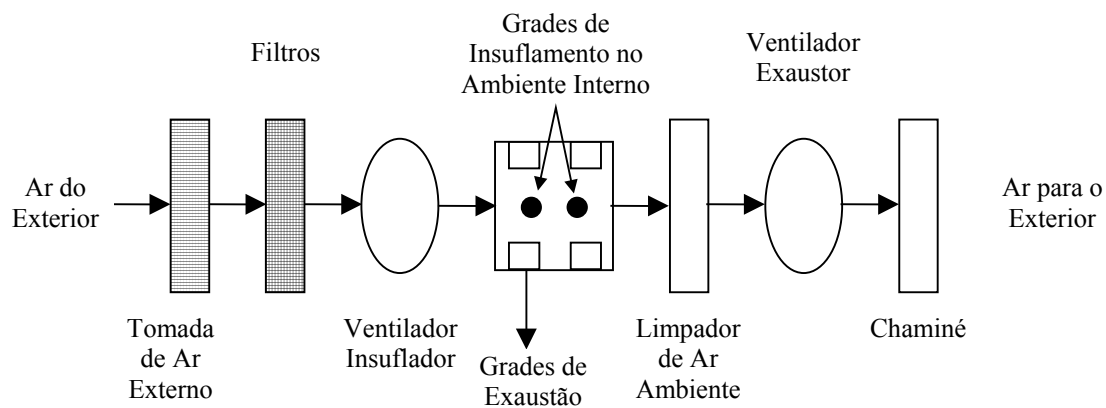


Figura A2.4 – Esquema simplificado de um sistema de ventilação geral diluidora

As finalidades da ventilação geral diluidora visam o homem e o ambiente bem como a manutenção de sua saúde e segurança. Por tais metas sua aplicação se adequa aos ambientes industriais sendo identificada mesmo, como ventilação industrial, por muitos autores.

Burgess (1989), entretanto, enfatiza que a concepção básica orientadora de um projeto de ventilação geral diluidora está centrada em que suficiente quantidade de ar deva ser inserida no ambiente, para prever a elevação da concentração de contaminante, que exceda o nível limite de segurança, em qualquer ponto do ambiente onde um trabalhador possa estar exposto. A impossibilidade em atender esta premissa exigirá a complementação do sistema aplicado com instalação de ventilação local exaustora. Dessa forma, a implantação do sistema de ventilação geral diluidora passa a ter sua aplicação aos casos restritos, onde comprovadamente a ventilação contribui, para índices de concentração aceitáveis. Isto tem colocado a aplicação desse processo sob questionamento na literatura especializada (por exemplo ACGIH), mantida as restrições cabíveis.

A2.2.2. Ventilação local.

A ventilação local compreende o processo de proporcionar exaustão ou mesmo insuflação e exaustão conjuntas (push-pull) quando da existência de fontes com emissões de partículas, vapores e/ou gases que, por sua alta toxicidade e periculosidade, pela sua concentração e o ritmo de produção, não podem e não devem, ser eliminadas, apenas, por um sistema de ventilação geral, sob pena de aqueles que trabalharem perto da fonte sofrerem graves conseqüências. Desta forma sua aplicação é restrita apenas a estas condições, podendo ser aplicada portanto, em conjunto com a ventilação geral diluidora quando o processo produtivo o exigir.

A.2.3 Implantação de sistemas de ventilação geral diluidora.

Definidas as concepções básicas dos sistemas de ventilação/exaustão é necessário examinar as condições fundamentais de projeto destes sistemas para que seja possível estabelecer as técnicas e procedimentos a serem seguidos, inclusive para avaliação dos sistemas já implantados.

As normas e legislações existentes dão os resultados esperados quando da implantação de uma indústria de transformação mas não estabelece como atingir tais objetivos, cabendo neste caso a Engenharia criar as técnicas e procedimentos para tanto, inclusive no que diz respeito ao monitoramento ambiental. O levantamento das técnicas e procedimentos apropriados aos sistemas de ventilação e exaustão de ambientes industriais consideram duas situações fundamentais:

- 1) a indústria irá ser projetada para implantação;
- 2) a indústria já está implantada e se fará uma análise de seu comportamento e eficiência para avaliação dos desvios, em relação aos padrões conhecidos de concepção de projeto.

Desta forma os pontos de partida deverão ser a compreensão do processo desejado e o estabelecimento das premissas adotadas para funcionamento do sistema quando implantado.

A.2.4 Objetivos.

A aplicação do sistema de ventilação geral diluidora consiste no uso de ventiladores insufladores atuando simultaneamente aos ventiladores exaustores de forma a obter concentrações do poluente gerado no ambiente, em concentrações abaixo dos limites aceitáveis e/ou determinados pela legislação. Isto dará ao local onde aplicado, condições satisfatórias de segurança aos trabalhadores quanto aos riscos ambientais gerados pelo contaminante, permitindo seu uso para as finalidades programadas.

ANEXO 3 - AS PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS: SEU PAPEL NA SOCIEDADE

A.3.1 Os efeitos da globalização sobre as sociedades, com foco no trabalho.

A globalização tem levado as empresas a procurarem cada vez mais desenvolver sua produção dentro de um processo altamente competitivo e de baixo custo. Justamente por isso as empresas médias e de pequeno porte vêm ocupando posição de destaque no cenário econômico atual em decorrência de suas condições de absorvedora de mão-de-obra e baixo custo operacional.

O período que se seguiu à década de 70, levou os países desenvolvidos a um processo de perdas patrimoniais, com franca diminuição na acumulação de capital das grandes empresas do sistema de produção, resultando em comprometimento do modelo econômico vigente, com tendência recessiva.

Atualmente as metas de produção das empresas, levam a que os trabalhadores sejam submetidos a condições de trabalho cada vez mais precárias, expondo-os a situações insalubres e perigosas – envolvendo riscos físicos, químicos, ergonômicos e mecânicos dentre outros, decorrentes da atividade do trabalhador. As manifestações fisiológicas e psíquicas, acarretadas pelos elementos do processo laboral nos trabalhadores, podem ser nocivas à saúde.

Desta forma, o problema central para o trabalhador está na complexidade sinérgica do processo produtivo atual, cumulativa de certos fatores de riscos e exigências laborais, como geradores de uma enfermidade ou de um conjunto de enfermidades

As pequenas empresas e boa parte das empresas médias, mostram um cenário ainda mais desolador para o trabalhador, quando comparadas às grandes, pois reúnem os mesmos problemas sem ter os recursos, meios físicos e suporte institucional, a altura de suas necessidades.

O quadro formado de absorção de mão de obra teve influência de alguns eventos político-econômicos com reflexos nas economias de quase todos os países que compõem o sistema de mercado mundial. Além disto, as transformações geradas pelos avanços da tecnologia impuseram níveis de automação cada vez maior e com índices de informatização sempre crescentes, aumentando sua capacidade de comunicação ao nível quase do imediato (“on line”).

Alguns dos fatores incluídos neste quadro foram: 1) o chamado desemprego estrutural que se fez sentir na própria sociedade, ao passar a conviver com índices de desemprego crescentes decorrente da automação; 2) o desemprego gerado pela incapacidade de absorção de candidatos em decorrência da recessão em curso; 3) o crescimento populacional a taxas decrescentes porém sempre superiores à capacidade de absorção pelo mercado de trabalho.

Duas foram as formas imediatas que os países desenvolvidos buscaram como saída para tratar esta questão:

- deslocamento da mão de obra industrial para a área de serviços;
- incentivo à criação de empresas de pequeno e médio porte.

Consideradas tais premissas, os focos da presente abordagem têm por objetivos:

- situar o papel das empresas de pequeno e médio porte, do setor industrial, tomando como referência o mercado do Estado do Rio de Janeiro, com vistas às relações de produção e saúde do trabalhador, em que capital, trabalho e meio ambiente são fundamentais ao sistema;
- enfatizar a conveniência da abordagem interdisciplinar em relação ao processo de trabalho e saúde na produção deste segmento de mercado, como forma de redução de custos diretos das empresas, com possíveis reflexos nos custos estatais.

A.3.2 Saúde e trabalho com ênfase no período moderno.

As características intrínsecas do homem, englobadas em sua capacidade criativa, levaram-no a buscar contatos com o meio em que vive e com seus semelhantes. Esta é a idéia do homem social.

A evolução histórica do homem identifica duas fases distintas quanto às relações com os seus semelhantes, empreendidas no seu “habitat” e mais tarde, por seu espírito aventureiro, com outras comunidades. Neste contexto, as relações de troca foram identificadas como pré-mercantilista e mercantilista. Quase todo o período compreendido por ambos é caracterizado por uma sociedade essencialmente agrícola, com as populações vivendo predominantemente no campo, com uso da força braçal. Pode-se dizer que desde a Grécia de antes de Cristo, até meados do século XV, a História aponta na direção de um período de evolução muito pequena. (ROSEN, 1983)

Somente em meados do século XV, ao início do período renascentista, se vê propostas pioneiras de modificação do pensamento vigente quanto a sociedade, com indicações claras de alterações em sua estrutura administrativa. Uma nova concepção se

forma, sob a qual o homem, por seu trabalho, passa a ter valor sócio - econômico. O processo de urbanização é crescente e com ele o trabalho livre se desenvolve principalmente nas áreas artística e artesanal, “com crescente supremacia do fazer sobre o saber” (CARMO, 1993). Esta mentalidade é corroborada, de forma pioneira, inclusive com a adoção de políticas médicas de natureza coletiva, através da atuação de médicos a nível municipal, em algumas cidades alemãs (“Die Reformation Kaiser Sigmunds” - ROSEN,1983). Trabalhos dos tipos artesão e de serviços, começam a se disseminar nas vilas e cidades, juntamente ao trabalho no campo. O produto desses trabalhos foi consumido inicialmente nas próprias famílias. Mais tarde as aldeias e vilas passam a ser consumidoras naturais o que leva à formação de sistemas de corporações -união de artesãos visando à defesa dos interesses comuns- (CARMO, 1993), operando próximo às aldeias, vilas e cidades.

Esta fase induz a três questões básicas e de interesse na abordagem que se segue: o trabalho com vínculo; a noção de produção organizada e as bases de formação político - administrativa da sociedade. Além disto, foram estabelecidas as bases para a concepção do valor sócio - econômico do trabalho que transformaria as sociedades e as noções de bem estar social, por associação ao valor produtivo real de uma população saudável (ROSEN,1994).

Os avanços da ciência e a criatividade do homem, conjugados, levam ao uso do recurso da máquina no labor diário, em substituição ao trabalho humano, vindo a caracterizar a revolução industrial.

No que diz respeito às relações entre saúde e trabalho, com foco na saúde pública, vê-se que a urbanização crescente, impôs às sociedades uma medicina de vigilância, exercida principalmente sobre “as classes mais pobres, para torna-las mais aptas ao trabalho e menos perigosas às classes mais ricas” (FOUCAULT, 1982, p. 97), por suas relações na sociedade e com o Estado. Diante da evolução dos conceitos de sociedade, reforçados pelos interesses capitalistas, pode-se estabelecer um paralelo entre as idéias revolucionárias vigentes e de saúde pública, o que levou à criação das bases de uma medicina social.

Em meados do século XIX a França se destaca como “o país mais avançado em teoria política e social” (ROSEN, 1983, p. 45) que influiria na organização do trabalho em grupo.

O estilo de organização do trabalho vigente até o final do século XIX era caracterizado por uma hierarquização determinada pelo trabalhador, responsável direto

pela produção, uma vez que as técnicas e processos de execução eram de exclusivo domínio do operariado.

A situação de controle imposta pelo Estado às classes pobre e operária revelaram os conflitos entre capital e trabalho que caracterizariam a fase industrial da sociedade. A promulgação da Lei das Fábricas em 1833 pelo Parlamento Britânico, pressionado pela opinião pública, se constituiu em marco desses conflitos. Pouco antes, a iniciativa de um empresário inglês, ao contratar um médico para cuidar dos empregados de sua fábrica, dá início a um tipo de procedimento que seria adotado por outros empresários da Europa continental, criando uma medicina aplicada ao trabalhador das fábricas. Este procedimento dá vigor às bases do regime capitalista por aumentar o poder do capital sobre a força de trabalho e evidencia a precariedade do ambiente de trabalho.

Ao final do século XIX a introdução da máquina, em muitas das tarefas produtivas, ainda não havia sensibilizado os administradores. Taylor, atento a estas questões, deu início a fase científica do trabalho, ao enunciar os princípios básicos de medição dos tempos de execução das atividades produtivas, seleção e treinamento de recursos humanos e planejamento das atividades de produção. A partir daí o centro de controle do trabalho foi transferido ao empresário. Esta é a grande mudança introduzida pelos conceitos tayloristas.

Justifica-se situar o taylorismo, quanto ao seu significado prático, sob o ponto de vista do empresariado, como um marco nas relações capital x trabalho. Ele vem materializar, ainda que tardiamente, as concepções teóricas de Marx, por suas alterações na produção e no comportamento da sociedade industrial que se moldava ao final do século XIX e início do século XX, reforçando o conceito capitalista que se formava à época.

Os conceitos de produção moldados ao início do século XX, reunindo os princípios tayloristas às noções de produção em série desenvolvida por Ford, associados “à onda de transformações capitalistas (...) foi considerada como uma Segunda Revolução Industrial” (MATTOSO, 1996, p. 17).

O sistema produtivo vigente deste século de produção em massa e geração de consumo, baseado nos princípios taylorista-fordistas, apresentou vigor maior após a segunda guerra mundial. Ele teve como característica principal a rigidez na sua aplicação o que promoveu o fortalecimento dos centros produtores capitalistas, enriquecendo os países altamente industrializados.

Entretanto, dois efeitos importantes resultam das agruras da classe trabalhadora como decorrência da produção em massa e da rigidez da aplicação dos princípios taylorista - fordista:

- fortalecimento das associações de classe (sindicatos) favorecendo as reivindicações comuns e setoriais;
- desenvolvimento de uma medicina voltada também para o trabalhador, visando sua saúde como ser humano e cidadão, por ser importante para ele mesmo e para a sociedade.

Quanto à área médica vê-se que as atividades médicas desenvolvidas da metade do século XIX até hoje envolveram as áreas: pública (para toda a população, de natureza administrativa, envolvendo os problemas de vacinação, endemias etc.); assistencial, isto é, voltada para os pobres e, finalmente, privada para aqueles que têm recursos para paga-la. As ações nestes três setores aparecem isoladas ou combinadas de diferentes formas, nos países ocidentais (FOUCAULT, 1982).

A.3.3 Visão sócio - econômica do mundo contemporâneo e seus reflexos no trabalho, saúde e ambiente nas empresas.

O processo de produção em massa começa a apresentar suas deficiências na década de 60, atingindo seu ponto mais crítico ao início dos anos 70, sobretudo em consequência da rigidez inerente ao fordismo - taylorismo, com forte repercussões no processo de acumulação de capital. Inúmeras argumentações econômicas expressam de forma clara as condições que levaram os países desenvolvidos a buscar outras alternativas, nas condições vigentes, para a produção em larga escala. A posição rígida do chamado setor monopolista nos mercados, na alocação e nos contratos de trabalho, existente no sistema de produção de massa, passaram a ser condicionantes limitadoras ao crescimento do processo de acumulação de capital. Essa rigidez encontrou ainda, um ponto de confronto no sindicalismo, fortalecido por significativas conquistas operárias.

As condições dos Estados Unidos e Europa ao início dos anos 70, áreas de alta concentração do desenvolvimento mundial, são indicativas de um processo de crise do capitalismo, considerando as tendências dos fatores econômico, financeiro e político, com repercussões sociais crescentes.

Em um quadro de inflação crescente nas áreas mais desenvolvidas, aumento do índice de desemprego, o capitalismo em crise e delicada ambiência política, a estrutura produtiva entrou em fase de crise aguda, obrigando as grandes corporações a “entrar num período de racionalização, reestruturação e intensificação do controle do trabalho

(caso pudessem superar ou cooptar o poder sindical).” (HARVEY,1993, p. 137). Com isso esperavam superar os problemas internos e ao mesmo tempo buscar saídas que proporcionassem novos rumos, para retorno ao crescimento.

Este cenário favoreceu o surgimento de novas experiências na organização industrial e na vida social e política, observadas em diferentes áreas do mundo produtivo. Isto levou a algo inteiramente novo que conduziu a um sistema de acumulação que se colocou em contraposição a rigidez do fordismo - taylorismo, se apoiando em flexibilização ampla, incluindo processos, mercados, produtos e padrões de consumo: acumulação flexível. O exame dos fatores intervenientes no processo mostram, inclusive, que rudimentos desta modalidade foram observados ao longo da história da formação industrial do Japão, no período pós - guerra. Contudo, esse processo de acumulação mostrou entre outros aspectos negativos o solapamento do trabalho organizado, sobretudo em regiões onde não existiam tradições industriais. Além disto, é de se ressaltar a possível implicação nos elevados níveis de “desemprego estrutural (em oposição ao friccional), rápida destruição e reconstrução de habilidades, ganhos modestos (quando há) de salários reais e o retrocesso do poder sindical - uma das colunas políticas do regime fordista.” (HARVEY, 1993, p. 141).

Nesse contexto o mercado de trabalho em sua configuração atual, é caracterizado nas corporações por uma estrutura tipicamente nuclear, constituída por um grupo central, vinculado à corporação e a ele integrado, usufruindo portanto todos os direitos e benefícios, muito distanciado dos trabalhadores. A esse núcleo seguem-se diferentes níveis de contratos de trabalho em tempo parcial, temporário ou subcontratado (ANTUNES, R., 2000).

Após analisar as diversas implicações resultantes da acumulação flexível é possível estabelecer uma relação direta entre as transformações do consumo e o aumento do emprego no setor de serviços, observado a partir dos anos 70 nos países industrializados, redirecionando a estrutura ocupacional.

Fica claro que o capitalismo sofreu um processo de transformação intenso porém conseguiu não só o absorver mas, em alguns aspectos, tirar proveito da situação, se fortalecendo como meio de domínio do mundo produtivo, através de alternativas adaptáveis às condições do mercado alvo. Desta forma, o capitalismo saiu fortalecido da crise que pareceu em certos momentos definidora de possíveis alterações radicais cujas conseqüências não é possível prever. Assim, o que se vê na atualidade é um capitalismo que está se tornando cada vez mais organizado, quebrando a estrutura organizada do trabalho e fazendo com que as corporações menores venham a ser absorvidas, ou

melhor ainda, passem a trabalhar para elas, sem os compromissos formais necessários, e sujeitas as suas determinações.

As transformações apontadas induzem a um pensamento especulativo quanto a um desequilíbrio de forças por enfraquecimento do poder do Estado que passa a dividir-se com as grandes corporações apátridas, fortalecidas por associações segmentadas, capazes de provocar a ruptura do sistema financeiro, mediante ações especulativas dirigidas e com interesse específico. Os novos rumos da organização do trabalho são verdadeiras incógnitas no contexto das transformações que se realizaram. O isolamento de um Estado é quase impossível no cenário atual diante das premissas de sobrevivência em um mundo globalizado. Assim, é possível se questionar o papel do Estado, segundo as premissas tradicionais, nas condições de vida atual.

Comparado o taylorismo - fordismo com o sistema de acumulação flexível adotado pelo Japão e em franca expansão, vê-se que aquele buscou diminuir a porosidade observada no sistema produtivo existente antes de Taylor, enquanto o modelo toyotista se mostrou muito mais eficiente neste particular apesar (e justamente por isso) de toda a flexibilidade proporcionada. Assim, a tese da acumulação flexível é muito mais rígida em relação ao trabalho que o fordismo - taylorismo o foi, por cercar de outra forma o trabalho, exercendo um controle mais eficaz, com um poder aumentado e, sobretudo, a custos muito mais vantajosos. Neste contexto deve ser examinado o cenário brasileiro quanto às questões do trabalho, saúde e meio ambiente nas empresas do setor industrial.

A.3.4 A área do trabalho no Brasil.

A estrutura social brasileira, no que diz respeito ao trabalho, esteve estratificada entre senhores e vassallos tanto na cidade quanto no campo, mostrando classes díspares em termos de geração de renda. Esta estrutura, formada anteriormente à República Velha (1889 - 1930) se manteve, com os ranços do regime escravocrata, até o final das duas primeiras décadas do século XX. Ao longo de toda esta fase o modelo econômico de sustento era fortemente agrícola – exportador, com base em dois produtos: açúcar e café. Durante este período as poucas indústrias de transformação existentes eram voltadas para a produção de produtos de consumo interno e, em sua maior parte, de consumo local.

A indústria têxtil foi, no entanto, exceção, atingindo porte expressivo no Rio de Janeiro e São Paulo, incorporando, ainda que tardiamente, “as inovações do padrão

tecnológico produtivo emergente da Primeira Revolução Industrial” (MATTOSO, 1996, p.121).

A estrutura trabalhista brasileira desta fase estava concentrada no campo, nas atividades agrícolas, com pequeno número de trabalhadores assalariados apenas nas cidades grandes, onde o número de marginalizados era relativamente alto. Neste quadro é lançada a legislação trabalhista / corporativista que iria legislar sobre um número pequeno de trabalhadores. Suas bases no entanto, serviram a uma classe operária que se consolidou em meados da década de 50, após a Segunda Guerra Mundial, com a incorporação de indústrias de infra-estrutura tais como as indústrias do aço, da química e de bens de capital, dentro do estilo moderno do modelo taylorista -fordista. Neste processo o Estado teve papel estruturante, buscando os recursos necessários à formação do parque industrial brasileiro.

As transformações por que passou o modelo econômico do Estado brasileiro até 1980 provocou alterações significativas no mercado de trabalho: migração de contingentes populacionais em número crescentes para as cidades, onde o “dinamismo econômico impulsionou a geração de empregos e uma considerável mobilidade social e ocupacional.” (MATTOSO, 1996, p.124). Contudo, este processo acentuou a perversa concentração de rendas levando ao aumento da classe pobre e dos sub-empregados, com acentuação dos desequilíbrios sociais e regionais.

Os avanços sociais ensejados à sociedade brasileira a partir de 1970 levaram Mattoso (1996) a concluir que se completava “...a estrutura industrial do paradigma tecnológico e produtivo da Segunda Revolução Industrial, e conjuntamente com a crise econômica e social do regime militar entrava na cena política e social nacional uma classe trabalhadora bastante ampliada, diversificada e concentrada nos setores dinâmicos da acumulação e que, não se contentando com os temas exclusivamente sindicais, reivindicava um outro desenvolvimento.” (MATTOSO, 1996, p. 125)

As transformações ocorridas na economia mundial e as sucessivas crises que abalaram o mundo financeiro trouxeram para o mercado brasileiro condições bastante delicadas, tanto internamente, geradas pela inflação elevada, quanto externamente, resultante das dívidas assumidas na fase dos governos militares, levando a estagnação da economia com reflexos diretos no crescimento e indiretos no mercado de trabalho. Mesmo com a implantação do Plano Real que devolveu uma certa estabilidade à economia interna, a situação do mercado de trabalho vem sofrendo gradativa e sistemática degradação, com índices de desemprego crescentes.

Pode-se admitir, entre outras formas, que a constituição do mercado de emprego quanto a situação de uma pessoa incluída na PEA – População Economicamente Ativa, seja composto pelas seguintes categorias:

- 1) empregados em horário integral registrados (com todos os direitos trabalhistas);
- 2) empregados em tempo parcial terceirizados ou não;
- 3) empregados autônomos registrados;
- 4) empregados sem registro (sem os direitos trabalhistas reconhecidos pelo empregador);
- 5) empregados na economia informal;
- 6) desempregados;
- 7) marginalizados

As categorias incluídas nos itens 2, 4 e 5 correspondem a chamada precarização do trabalho e estão apresentando crescimento em quantitativos cada vez maiores. A categoria do item 1 tem apresentado tendência sempre decrescente.

A.3.5 A área de saúde do trabalho no Brasil.

A política de saúde no Brasil foi dirigida para a concepção de natureza pública, de cunho estadual, e, portanto, voltada para ações de caráter coletivo, principalmente com fins sanitários, até 1922 quando da criação do Departamento Nacional de Saúde Pública.

As chamadas Caixas de Auxílio Beneficentes, apoiadas pela Lei Eloy Chaves (IPASE, IAPI, IAPC, IAPETEC etc.) que antecederam a Previdência (criada em pleno regime militar) foram responsáveis pela saúde individual porém de forma seletiva, ou seja, dirigida aos seus associados.

A partir de 1930, com a criação do Ministério da Educação e Saúde, as ações de saúde foram centralizadas, passando a exercer a supervisão da saúde pública coletiva em todo o país. As ações de natureza curativa / individual eram de responsabilidade da área previdenciária e portanto seletiva.

Em 1986 é criado o Sistema Único de Saúde – SUS que absorve as funções da área previdenciária estendendo seus serviços por princípio a todos os cidadãos e, portanto, dando assistência aos trabalhadores.

É preciso lembrar que desde o primeiro serviço de medicina do trabalho que se tem notícia, surgido na Inglaterra em 1830, suas características evoluíram em direção a institucionalização da medicina do trabalho quer através de regulamentação nacional

direta quer em decorrência de acordos internacionais (com destaque das ações lideradas pela Organização Internacional do Trabalho – OIT), como resultado da importância que assumiu no contexto do mundo capitalista, onde o trabalhador é considerado como força de trabalho.

A evolução do processo da prática médica, em “resposta racional, científica e aparentemente inquestionável, se traduz na ampliação da atuação médica direcionada ao trabalhador, pela intervenção sobre o ambiente (tendo por finalidade o controle dos riscos ambientais), com o instrumental oferecido por outras disciplinas e outras profissões.” (MENDES & DIAS, 1991, p.343). Esse “status quo” leva ao surgimento da Saúde Ocupacional - SO, sobretudo nas grandes empresas, dando às ações derivadas, cunho de multi e interdisciplinaridade.

Três aspectos podem ser apontados como ratificação desta visão no Brasil:

- a adoção pela academia de uma “área de Saúde Ocupacional”;
- criação de instituto de Saúde Ocupacional (FUNDACENTRO);
- regulamentação do Capítulo V da Consolidação das Leis do Trabalho.

O aparecimento de novos movimentos sociais nos países industrializados, resultantes do “questionamento do sentido da vida, o valor da liberdade, o significado do trabalho na vida, o uso do corpo, e a denúncia do obsoletismo de valores já sem significado para a nova geração”, fazem surgir movimentos reivindicatórios nos países emergentes. No Brasil tais movimentos levaram a ações semelhantes, inclusive exigindo mudanças significativas na “legislação do trabalho e, em especial, nos aspectos de saúde e segurança do trabalhador” (MENDES & DIAS, 1991, p.344).

A terceirização da economia dos países desenvolvidos toma impulso crescente na década de 70, impondo o deslocamento do eixo da produção do setor secundário (indústria) para o setor terciário (serviços), alterando profundamente o perfil do trabalhador. Isto determina a transferência da área de produção das corporações para os chamados países emergentes trazendo com isso riscos maiores e portanto exigências mais amplas do setor de saúde e segurança do trabalhador.

A década de 1970 trás grandes modificações no campo da Medicina, levando inclusive a idéia de que, por seu papel no mundo, teria autonomia ampla colocando-se ao mesmo nível que outras disciplinas estratégicas (economia, política, educação). Se por um lado esta visão dá suporte à prática da saúde ocupacional, por outro ressalta a situação vigente de informação ampla e sistemática aos trabalhadores, com fortalecimento de seus direitos como cidadãos. Entretanto, este quadro leva os trabalhadores dos países desenvolvidos a questionamentos generalizados, pondo em

xeque padrões e procedimentos tradicionais da Saúde Ocupacional e, assim, colocando o modelo então existente sob discussão. O caminho natural do setor está sendo no sentido de “se ocupar da promoção da saúde, cuja estratégia principal é a de, através de um processo de educação, modificar o comportamento das pessoas e seu estilo de vida” (MENDES & DIAS, 1991, p.346).

Tais mudanças têm resultado em modificações nas áreas da administração pública, empresarial, sindical, acadêmica e na própria sociedade no despertar para as condições de convergência de interesses nas relações capital e trabalho. Dessa forma a preocupação no campo da saúde do trabalhador se volta para a gigantesca tarefa de “integrar as dimensões do individual ao coletivo; do biológico ao social; do técnico ao político; do particular ao geral.” (MENDES & DIAS, 1991, p.347)

A.3.6 O ambiente de trabalho.

O trabalhador passa parte significativa de sua vida no ambiente de trabalho e, por isso, as inter-relações resultantes devem ser geradas por integração plena entre o trabalhador e o ambiente, durante todo o período de atividade. Isto, entretanto, ocorre em poucos casos por diversos motivos. Quando o ambiente de trabalho é de natureza industrial, onde a matéria prima é transformada pela ação conjunta do homem e da máquina, as condições do ambiente vêm se tornando cada vez mais exigentes quanto às formas, dimensões, divisões internas, disposição de mesas e bancadas, dimensões e localização de acessos e áreas de comunicação com o exterior (projeto) bem como da disposição dos empregados entre si e em relação à tarefa a executar, na busca por dar ao homem condições de trabalho ao menos satisfatórias. Em alguns casos o ambiente de trabalho se torna um local perigoso.

As condições socio-econômicas das sociedades atuais, associadas aos avanços científicos, têm contribuído para o aumento da agressividade dos ambientes de trabalho, submetendo o operário a situações de risco que crescem em proporção cada vez maior diante da também crescente precarização do trabalho. Em alguns países o trajeto entre a residência e o local de trabalho é incluído como parte da atividade laboral e, portanto, as ocorrências anormais de trajeto são classificadas como acidente de trabalho o que aumenta as taxas de incidência dos riscos laborais.

No passado viu-se o trabalhador recebendo cuidados médicos assistenciais, em resultado do interesse mostrado pelo empresariado, na preservação da saúde do operário. FOUCAULT(1982) observa que, nos primórdios da revolução industrial, a compreensão dos efeitos nocivos do ambiente para a continuidade do trabalho,

tornaram-se fatores para a manutenção da capacidade produtiva das empresas e mesmo por questões de preservação da classe dominante. Isto evidenciava uma certa fragilidade do capitalismo nascente e o fortalecimento da classe trabalhadora, favorecendo as lutas trabalhistas que se seguiram e suas conquistas, na preservação do operariado e do ambiente de trabalho. Entretanto, a fase atual do capitalismo tem mostrado exatamente o solapamento destas conquistas, com o fortalecimento cada vez maior do capitalismo (neo-liberalismo) e a perda de conquistas trabalhistas importantes do operariado. Tais perdas têm sido mais evidentes nos países em desenvolvimento que, em alguns casos, nem se quer experimentaram alguns dos benefícios básicos conseguidos nos países desenvolvidos. Desta forma, a questão dos riscos ambientais nas empresas se agravam significativamente, criando dependências que poderão levar a situação das sociedades dos países emergentes às condições cada vez mais próximas de dependência das classes mais pobres. Algumas das questões abordadas aqui serão revistas no item 2.5 do Capítulo 2 que trata dos riscos ambientais, particularizada inclusive para a situação brasileira.

A.3.7 Papel do Estado com relação ao campo do trabalho e suas implicações na saúde: políticas e estratégias.

As políticas adotadas pelas sociedades refletem a natureza de sua organização além do grau de socialização com que estas políticas são aplicadas. As sociedades tradicionalmente fechadas, com forte dependência por vínculos colonizadores, tendem a manter suas estruturas formadoras cujas bases entram em processo de ruptura apenas por forte pressão interna.

O Estado brasileiro tem sua origem dentro desta concepção o que retardou o processo de busca à uniformização dos valores individuais. Isto fica evidenciado quando se associa esta concepção à condição de país - colônia por mais de três séculos, em que a sociedade era constituída de uma pequena classe dominante, servida por mão de obra escrava. Esta situação se manteve até o final do século XX quando os pensamentos inovadores de direitos individuais, estimularam o desenvolvimento de pressões internas, geradoras de transformações da sociedade.

Neste contexto a área do trabalho e saúde não foram motivo de atenção do Estado até meados do século XX quando surgiram os primeiros movimentos em que a doença e a saúde se tornam objeto de interesse. A partir daí as fases de ação do Estado brasileiro são claramente identificadas. Lacaz, em palestra no CESTEH / ENSP /

FIOCRUZ (disciplina Saúde do Trabalhador, novembro / 1999) sintetiza historicamente essas ações como se segue:

- intervenção de caráter coletivo, dentro do conceito de medicina social, com ênfase nas doenças pestilenciais do tipo saneamento dos portos (campanhas sanitárias sob Oswaldo Cruz);
- Reforma Carlos Chagas (década de 1920), segundo o conceito de higiene do trabalho, de caráter individual, como parte da Saúde Pública. O agente executor foi o Departamento Nacional de Saúde Pública (Ministério da Justiça e Negócios Interiores - MJNI);
- conceito de higiene do trabalho, de caráter individual, como parte da Saúde Pública, passa (anos 30) a ser competência do Ministério do Trabalho Indústria e Comércio- MTbIC (organização científica do trabalho). Acidentes e doenças do trabalho: objeto da Medicina Legal, como infortúnio do trabalho. Posteriormente, ainda neste período, o controle do ambiente de trabalho passa a ser de conceito social privado, individual, produtivista com base no chamado fator humano (propensão / suscetibilidade) como responsável pelos acidentes de natureza laboral (anos 30);
- é implantado o sistema de inspeções do trabalho (anos 30-40) como atribuição do Departamento Nacional do Trabalho através da Inspetoria de Higiene e Segurança do Trabalho (Ministério do Trabalho Indústria e Comércio - MTbIC), em vigor até hoje;
- Higiene do Trabalho e Medicina do Trabalho - MT - se fundem (anos 50-60, com base na OIT-OMS) segundo o conceito de Saúde Ocupacional - OS;
- institucionaliza-se a MT-SO (anos 70) como delegação do Estado ao capital. Instauram-se os Serviços de Segurança e Medicina do Trabalho - SESMETs nas grandes empresas (com base na “tríade epidemiológica”);
- MSL contribui para a concepção de processo de trabalho (anos 70-80). Instaura-se o campo da Saúde do Trabalhador;
- retorna-se à atuação da Saúde Pública nas relações trabalho-saúde/doença com a participação de organizações dos trabalhadores (meados dos anos 80) após a crise dos SESMETs;
- é implantado o Serviço Único de Saúde -SUS (anos 80-90) com proposta de municipalização da saúde e reimplantação dos Programas de Saúde dos Trabalhadores - PSTs. A Saúde do Trabalhador passa para o SUS segundo

uma diretriz onde estão incluídos: controle social, descentralização, hierarquização, promoção e proteção da saúde.

Os passos de evolução da concepção de trabalho-saúde/ doença, descritos por Lacaz, dentro do processo de erro e acerto, levaram o Estado à decisão de formulação da Política Nacional de Saúde do Trabalhador, em estudo no Ministério da Saúde, tendo por base o princípio constitucional de que a saúde é um direito fundamental de todos e dever do Estado (Constituição Federal de 1988, Artigo 200). Isto ficou claramente definido na promulgação da Lei Orgânica da Saúde (Lei Federal nº 8080/90) que designa o SUS como coordenador da política de Saúde do Trabalhador. Os propósitos desta política se pautam na “redução da morbimortalidade dos trabalhadores, mediante a melhoria das condições dos ambientes e dos processos de trabalho, bem como da assistência à saúde deste segmento populacional, em especial dos grupos de maior risco e daqueles não cobertos pelas ações já consolidadas e desenvolvidas por outros setores governamentais, promovendo, para tanto, a integração das práticas dentro do setor saúde e estabelecendo uma articulação permanente com os segmentos sociais, nestes incluídos os órgãos públicos envolvidos com a Saúde do Trabalhador.” (BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1999).

As diretrizes básicas da política compreendem:

- promoção de ambientes e processos de trabalho saudáveis;
- monitoramento da situação de saúde dos trabalhadores;
- assistência à saúde dos trabalhadores;
- apoio ao desenvolvimento de linhas de pesquisa;
- desenvolvimento e capacitação de recursos humanos.

Adotada esta política restará ainda um trabalho intenso de implantação da efetiva coordenação das ações, descentralizadas pela estrutura governamental, em seus níveis estadual e municipal. Isto significa que os efeitos desta política deverão demorar para serem sentidos pelas empresas e, portanto, pelos empregados.

ANEXO 4 - ORIENTAÇÕES TÉCNICAS PARA UM CONTROLE AMBIENTALMENTE SAUDÁVEL DE BATERIAS CHUMBO- ÁCIDAS

A.4.1. Diretrizes técnicas internacionais para reciclagem de baterias.

Preparação de orientações técnicas para um controle ambientalmente saudável de baterias chumbo ácidas usadas (Síntese do documento anexado à Convenção da Basileia)

Pontos principais:

A4.1.1. De reciclagem das baterias:

• *Na abertura da bateria:*

- a) derramamento das baterias: as fontes são as contaminações devido ao eletrólito ácido e a poeira de chumbo;
- b) arrombamento manual das baterias: fonte prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente através do derrame e formação de poeira de chumbo;
- c) arrombamento mecânico das baterias: fonte de particulado de chumbo;
- d) separação hidráulica: vazamento de água contaminada;
- e) pedaços de plástico e ebonite: *refugo contaminado.*

• *Na redução do chumbo*

- a) compostos de chumbo derivados do processo de arrombamento: chumbo e compostos de chumbo na poeira e na água;
- b) resíduos de metal fundido: material contaminado por chumbo;
- c) filtros: poeira contaminada com chumbo (são filtros instalados nos fornos para captar os resíduos de chumbo formado no processo de fusão);
- d) emissões de dióxido de enxofre (SO₂): percentagem de enxofre proveniente de cargas de fragmentos que deixam o sistema de redução e dependem das condições do forno e do tipo de material formado no processo, assim como também gerado pelo ebonite se ele for ao forno;
- e) combustão de material orgânico: formação de alcatrão;

- f) emissão de cloro (Cl_2) e compostos clorados: têm probabilidade maior de aparecer se tiver grande quantidade de PVC no forno;
- g) produção de escória: é a maior produção de resíduos durante o processo de redução.

• *No refinamento do chumbo*

- a) superaquecimento do chumbo: produz vapores de chumbo;
- b) emissão de dióxido de enxofre (SO_2): na rápida oxidação do enxofre, na presença de oxigênio, nas temperaturas do forno quando adicionar enxofre para a remoção do cobre;
- c) recuperação e remoção de cloro (Cl_2) e estanho (Sn): liberação de gás de cloro;
- d) remoção de estanho (Sn) com ar enriquecido de oxigênio (O_2): vapores de chumbo, que são provenientes do borbulhamento dos metais que estão sendo fundidos.

A4.1.2. Procedimentos para controle ambiental.

Os procedimentos recomendados compreendem:

1 Planejamento de planta para reciclagem de chumbo.

Avaliação de Impacto Ambiental (*Environmental Impact Assessment – EIA*), equivalente aos *Estudos de Impacto Ambiental – EIA*, da legislação brasileira em vigor. No escopo está incluída orientação completa para avaliação ambiental;

2 Melhorias tecnológicas.

Considera que não foi realizado o Estudo de Impactos Ambientais – EIA, para avaliação prévia de implementação da indústria, como recomendado, induzindo a possibilidade da existência de alguns efeitos ambientais a serem solucionados, impondo a melhoria tecnológica.

3 Monitoramento ambiental

O monitoramento ambiental contínuo irá prover um processo de reciclagem ambientalmente saudável. Também considera as medidas de controle necessárias a que falhas e acidentes operacionais sejam significativamente diminuídos, em conjunto a

algumas instruções, que deverão ser seguidas para reduzir os riscos de contaminação ambiental. Elas compreendem:

3.1-medidas de controle

Independente das tecnologias de controle empregadas numa indústria de reciclagem de baterias, enfatiza-se que algumas medidas devem ser amplamente adotadas de forma a prevenir ou minimizar a contaminação ambiental. Neste caso são discriminadas algumas ações que, adequadas às características de cada indústria, promoverão boas práticas de controle ambiental. Compreendem no mínimo:

- a) utilização de equipamento de proteção individual (EPI): podem ter diferentes necessidades em cada setor, mas o básico que se deve ter é a máscara para proteção respiratória com filtros adequados, capacete e sapatos ou botas seguras e adequadas.
- b) práticas de trabalho: possuir políticas de controle de trabalho e treinamento para as atividades do tipo proibição de fumar no local; separar áreas de alimentação das de trabalho; estimular a higiene pessoal (banho) após o trabalho; trocar a roupa de trabalho antes de sair; trocar e lavar diariamente a roupa de trabalho, e checar os filtros das máscaras de proteção respiratória diariamente.
- c) operações de abertura, redução e reciclagem realizadas no interior de edificações cercadas / enclausuradas, para permitir que sejam coletadas as poeiras num sistema de captação e filtragem do ar evitando a liberação de contaminantes para a atmosfera.
- d) áreas sem coberturas devem ser pavimentadas com material impermeável e de fácil limpeza.
- e) todos transportes internos devem ser realizados em veículos fechados para evitar a liberação de poeiras desnecessárias, e se não for possível, que sejam cobertos. Também se recomenda que não se deve misturar veículos internos com os externos.
- f) armazenagem de escórias: orienta-se para que tenham os mesmos cuidados de armazenagem que os das baterias a serem recicladas, assim como ter piso adequadamente pavimentado, ser coberto, etc. Esta recomendação é válida para qualquer material que estiver “sobrando” na indústria.

- g) sistemas de filtragem de ar: recomenda-se que estes devem ficar o mais próximo possível da área a ser ventilada e todo o sistema de extração deveria ser enclausurado para evitar a liberação de poeiras.
- h) todas operações a descoberto devem ser umidificadas justificando-se que a umidificação serve para evitar a formação de poeiras, dessa forma todas as atividades de transporte, retirada de material e limpeza nas áreas externas devem ser umidificadas.
- i) caminhões e veículos devem ser lavados quando saírem da área da indústria especialmente os pneus e todas as partes mais baixas para evitar que se espalhe poeiras de chumbo para fora da área da indústria. Recomenda-se ainda que a limpeza interna do veículo deve ser constante, e estes deveriam ter uma única saída da área industrial, para controle.
- j) armazenagem de carvão deve ser protegida orientando para que o carvão, assim como as fontes de combustível e de redutores, devam ser armazenadas de forma apropriada e isolada em áreas cobertas. Também ressalta-se a necessidade de possuir equipamentos de combate a incêndio e pessoal constantemente treinado.
- k) coletar água de chuva é uma orientação para se evitar que se produza algum tipo de contaminação, sugerindo que deve ser realizado uma superfície de coleta que direcione esta água para uma estação de tratamento de efluentes.

Tais medidas são dirigidas para todas as empresas independente do porte. isto é, não identifica a classificação de micro, pequena, média ou grande empresa.

3.2-medidas de monitoramento

O documento técnico expõe que um monitoramento ambiental deve ser como um termômetro de contaminação ambiental. Os dados coletados devem servir não somente para verificar e orientar melhoramentos tecnológicos, como ser fonte de credibilidade e confiança para a população das circunvizinhanças, principalmente porque estas indústrias já estão geralmente sendo vistas como grandes fontes de contaminação ambiental.

O monitoramento deve visar alguns aspectos da área de produção a serem considerados para controle contínuo. Entre estes, os selecionados a seguir:

- a) efluentes: ressalta que depois de passar pela estação de tratamento, toda a água que sair da área da indústria deve ser monitorada, pelo menos para

determinar seu pH, o conteúdo em sulfato e metais pesados como o chumbo (Pb), o mercúrio (Hg) e o cádmio (Cd);

- b) gases: recomenda-se que deverá haver um contínuo monitoramento de gases como o dióxido de enxofre (SO₂) e poeira de chumbo, sendo desejável que este monitoramento seja realizado em variados pontos no interior e na área externa da indústria.
- c) vegetação e solo: há necessidade de fazer análises periódicas do solo e da vegetação na área da indústria e nas vizinhanças mais próximas, devendo ser realizadas para detectar uma possível contaminação por poeira.
- d) qualidade do ar: orienta para que seja realizado um contínuo monitoramento da qualidade do ar dentro da edificação enclausurada, assim como nas instalações na área de abertura das baterias usadas.
- e) supervisão médica: recomenda-se que todos os empregados devam ser monitorados com relação a sua saúde e um registro deles deve ser adequadamente guardado. Periodicamente, um check-up gratuito deve ser oferecido a população vizinha mais próxima.

ANEXO 5 - NORMAS REGULAMENTADORAS

VALORES LIMITES DE TOLERÂNCIA

TABELA A5.1 : Valores Limites Máximos para Poeiras, Fumaças e Neblinas Tóxicas ACGIH.

ORGÃOS AFETADOS E DOENÇAS

TABELA A5.2 : Órgãos Afetados, Doenças e Outros Males Causados por Alguns Produtos Químicos Largamente Fabricados e Empregados.

CONCENTRAÇÕES DE CONTAMINANTES FATAIS AO HOMEM

TABELA A5.3: Concentrações Consideradas como Fatais ao Homem.

Fonte: MACINTYRE, 1990.

LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA AGENTES QUÍMICOS

base NR-15

TABELA A5.4: Limites de Tolerância para Agentes Químicos. Valores teto segundo a NR – 15, Anexo 11

Tabela A5.1 - Valores limites máximos para poeiras, fumaças e neblinas tóxicas - ACGIH (1/3)

Substâncias	TLV-TWA		TLV-STEL	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Acetaldeído	100	180	150	270
Acetato de etila	400	1.400	—	—
Acetato de metila	200	610	250	760
Acetato de vinila	10	30	30	60
Acetato n-propil	200	840	250	1.050
Acetona	750	1.780	1.000	2.375
Acetonitrila	40	70	60	105
Ácido acético	10	25	150	270
Ácido tricloroacético	1	7	—	—
Ácido fórmico	5	9	—	—
Ácido crômico e cromatos	—	0,5	—	—
Ácido fosfórico	—	1	—	3
Ácido nítrico	2	5	4	10
Ácido pícrico (efeito sobre a pele)	—	0,1	—	0,3
Ácido sulfúrico	—	1	—	—
Acetileno (tetrabrometo de)	1	15	1,5	20
Acroleína (aldeído acético)	0,1	0,25	0,3	0,8
Acrilato de etila (pele)	5	20	25	100
Acrilato de metila (pele)	10	35	—	—
Álcool alílico (pele)	2	5	4	10
Álcool n-butílico (pele)	50	150	—	—
Álcool etílico (etanol)	1.000	1.900	—	—
Álcool metílico (metanol) (pele)	200	260	250	310
Álcool propílico (pele)	200	500	250	1.050
Aldrin (hexacloro) (pele)	—	0,25	—	0,75
Amônia	25	18	35	27
Anidrido acético	5	20	—	—
Anilina (pele)	2	10	5	20
Antimônio	—	0,5	—	—
Arsenato de chumbo	—	0,15	—	—
Arsênico e compostos	—	0,2	—	—
Arsina	0,05	0,2	—	—
Bário (compostos solúveis)	—	0,5	—	—
Benzeno (benzol) (pele)	10	30	25	75
Benzila, cloreto de	1	5	—	—
Berílio	—	0,002	—	—
Bióxido de carbono (CO ₂)	5.000	9.000	—	—
Boro, óxido de	—	10	—	20
Brometo de metila (pele)	5	20	15	60
Brometo de hidrogênio (ácido bromídrico)	3	10	—	—
Bromofórmio (pele)	0,5	5	—	—
Butadieno (1,3 butadieno)	1.000	2.200	1.250	2.750
Butilamina (pele) (valores teto)	5	15	—	—
Butano	800	1.900	—	—
Cádmio, óxido de (fumo)	—	0,05	—	0,2
Cálcio, carbonato de	—	—	—	20
Cálcio, óxido de	—	5	—	—
Cânfora	2	12	3	18
Carbono, sulfeto de	20	30	—	—
Carbono, monóxido de	50	55	400	440
Celosolve (2 etoxietanol)	200	740	—	—
Chumbo	—	0,15	—	0,45
Chumbo, arseniato de	—	0,15	—	—
Chumbo, tetraetila (pele)	—	0,1	—	0,3
Cianetos, pele	—	5	—	—
Cianogênio	10	20	—	—
Ciclo hexanol	50	200	—	—
Cloreto de alila	1	3	2	6
Cloreto de etila	1.000	2.600	1.250	3.250
Cloreto de hidrogênio (ácido clorídrico)	5	7	—	—

Tabela A5.1 - Valores limites máximos para poeiras, fumaças neblinas tóxicas - ACGIH (2/3)

Substâncias	TLV-TWA		TLV-STEL	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Cloreto de metila	50	105	100	205
Cloreto de metileno (diclorometano)	100	350	500	1.740
Cloreto de vinila (cloroetileno)	5	10	—	—
Cloro, óxido de (Cl ₂ O)	0,1	0,3	0,3	0,9
Cloroacetaldéido (limites máximos)	1	3	—	—
Clorobenzeno	75	350	—	—
Clorodifenil (54% cloro)	0,5	1	—	—
Cloroetileno (cloreto de vinila)	5	10	—	—
Clorofórmio (triclorometano)	10	50	50	225
Cloroprene	10	35	—	—
Cobalto	—	0,1	—	—
Cobre (fumos)	—	0,2	—	—
Cianamida	—	2	—	—
Cobre (poeiras e neblinas)	1	—	—	2
Cromo	0,5	—	—	—
Cresol (e todos os isômeros) (pele)	5	22	—	—
DDT [2.2-bis(p-clorofenil)-tricloroetano] (pele)	—	1	—	3
Clorodifluorometano	1.000	3.500	1.250	4.350
Dicloreto de propileno	75	350	110	510
Dimetilamina	10	18	—	—
Dinitrobenzeno (e todos os isômeros) (pele)	0,15	1	0,5	3
Dinitrotolueno (pele)	—	1,5	—	5
Dióxido de enxofre	2	5	5	10
Dióxido de nitrogênio	3	6	5	10
Dióxido de titânio	—	—	—	20
Enxofre, hexafluoreto de	1.000	6.000	1.250	7.500
Enxofre, pentafluoreto de	0,025	0,25	0,075	0,75
Estanho (compostos inorgânicos)	—	2	—	—
Estanho (compostos orgânicos)	—	0,1	—	—
Estricnina	—	0,15	—	0,45
Etanol (ver álcool etílico)	—	—	—	—
Éter etílico	400	1.200	500	1.500
Éter isopropílico	250	1.050	310	1.320
Etila, brometo de	200	890	250	1.110
Etila, cloreto de	1.000	2.600	1.250	3.250
2 Etoxi-etanol (pele)	5	19	—	—
Fenil-hidrazina (pele)	5	20	10	45
Fenol (pele)	5	19	10	38
Ferrovanádio, poeiras de	—	1	—	3
Flúor	0,1	0,2	—	—
Fluoreto de hidrogênio (ácido fluorídrico)	3	2,5	6	5
Fluoretos	—	2,5	—	—
Fosgênio	0,1	0,4	—	—
Formaldéido	1	1,5	2	3
Fósforo (amarelo)	—	0,1	—	0,3
Fósforo (tricloreto de)	0,2	1,5	0,5	3
Gás carbônico (CO ₂)	5.000	9.000	15.000	27.000
Fumos de óxido de magnésio	—	10	—	—
Furfural (pele)	2	8	10	40
Gasolina	330	900	500	1.500
GLP	1.000	1.800	1.250	2.250
Hexana (n-Hexane)	50	180	—	—
Hexona (metil-isobutil-cetona)	100	410	—	—
Hidrazina (pele)	0,1	0,1	—	—
Hidróxido de sódio ou potássio	—	2	—	—
Iodo	0,1	1	—	—
Isocianeto de metileno biofenil (MDI)	0,02	0,05	—	—
Lítio, hidreto	—	0,025	—	—
Magnésio, fumos de óxido de	—	10	—	—
Manganês	—	5	—	—

Tabela A5.1 - Valores limites máximos para poeiras, fumaças e neblinas tóxicas - ACGIH (3/3)

Substâncias	TLV-TWA		TLV-STEL	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Mercúrio (compostos orgânicos) (pele)	—	0,05	—	—
Metilmercaptan	0,5	1	—	—
Metilcelosolve (pele)	25	80	—	—
Molibdênio (compostos insolúveis)	—	10	—	20
Molibdênio (compostos solúveis)	—	5	—	10
Monocloreto de enxofre	1	6	3	18
Naftaleno	10	50	15	75
Neblina de óleo (mineral)	—	5	—	10
Nicotina (pele)	—	0,5	—	1,5
Níquel carbonila (como Ni)	0,05	0,35	—	—
Nitrobenzeno (pele)	1	5	2	10
Nitrogênio, dióxido de	3	6	5	10
Nitroglicerina (pele)	0,05	0,5	—	—
Nitrotolueno, pele	2	11	—	—
Óxido de cálcio	—	2	—	—
Óxido de cloro (Cl ₂ O)	0,1	0,3	0,3	0,9
Óxido de etileno	1	2	—	—
Óxido de propileno	20	50	—	—
Óxido de zinco (fumos)	—	5	—	10
Ozônio	0,1	0,2	0,3	0,6
Percloroetileno (tetracloroetileno)	50	335	200	1.340
Pentacloreto de fósforo	0,1	1	—	—
Pentaclorofenol (pele)	0,1	0,5	—	1,5
Pentafluoreto de enxofre	0,025	0,25	0,075	0,75
Peróxido de hidrogênio, 90%	1	1,5	2	3
Piretro	—	5	—	10
Piridina	5	15	10	30
Platina (sais solúveis)	—	0,002	—	—
Propileno, dicloreto de	75	350	110	510
Quinona	0,1	0,4	0,3	1
Sódio, hidróxido de	—	2	—	—
Sulfeto de hidrogênio (gás sulfídrico)	10	14	15	21
Sulfeto de carbono	10	30	—	—
Sulfuril, fluoreto de	5	20	10	40
Tetracloreto de carbono	5	30	20	125
Titânio, dióxido de	—	—	—	20
Tolueno (toluol)	100	375	150	560
Triclorometano (clorofórmio)	10	50	50	225
Tricloreto de fósforo	0,2	1,5	0,5	3
Trinitrotolueno (pele)	0,5	—	—	3
Urânio (compostos solúveis e insolúveis)	—	0,2	—	0,6
Vanádio (V ₂ O ₅ — fumos)	—	0,05	—	—
Zinco, óxido de (fumos)	—	5	—	10
Zircônio, compostos de	—	5	—	10

Tabela A5.2 - Órgãos afetados, doenças e outros males causados por alguns produtos químicos largamente fabricados e empregados (1/2)

1. HIDROCARBONETOS ALIFÁTICOS	
Metano	asfixia
Propano TLV = 1.000 ppm	narcose
Butano	narcose
GLP (gás liquefeito de petróleo)	narcose
Acetileno	asfixia
2. HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS	
Benzeno TLV = 25 ppm	GV asfixia
Nafta (alcatrão de hulha) TLV = 100 ppm .	O-N-G narcose, anemia
Estireno TLV = 100 ppm	O-N-G narcose
Voláteis de alcatrão TLV = 0,2 mg/m ³	O-N-G câncer
3. HIDROCARBONETOS CLORADOS	
Cloro de metila TLV = 100 ppm, F-O-N-G	narcose
Clorofórmio TLV = 50 ppm	F narcose
Tetracloro de carbono TLV = 10 ppm	F-P-R narcose
Hexacloroetano TLV = 1 ppm	P-F narcose
Cloro de vinila TLV = 500 ppm	narcose
4. ÁLCOOIS, FENÓIS, ÉTERES	
Álcool metílico (metanol) TLV = 200 ppm .	O-N-G narcose
Álcool etílico TLV = 1.000 ppm	O-N-G narcose
Álcool propílico TLV = 200 ppm	O-N-G narcose
Fenol TLV = 5 ppm	P-O-N-G-F-R narcose
Éter etílico TLV = 400 ppm	O-N-G narcose
5. ALDEÍDO CETONAS	
Aldeído fórmico TLV = 5 ppm	O-N-G-B alergia
Aldeído acético TLV = 200 ppm	O-N-G-B edema pulmonar
Acetona TLV = 400 a 1.000 ppm	O-N-G narcose
6. ÁCIDOS ORGÂNICOS ANIDROS	
Ácido fórmico TLV = 5 ppm	O-N-G
Ácido acético TLV = 10 ppm	O-N-G
7. COMPOSTOS METÁLICOS (FUMOS, POEIRAS)	
Antimônio TLV = 0,5 mg/m ³	Ação sobre o coração e os rins
Arsênio TLV = 0,5 mg/m ³	Distúrbios gástricos, pele, pigmentação
Cádmio (poeira) TLV = 0,2 mg/m ³	Vômito, câibras abdominais
Cádmio (fumos) TLV = 0,1 mg/m ³	Vômito, pneumonite, rins
Óxido de cálcio TLV = 5 ppm	Irritação dos olhos, nariz e garganta
Cromo (metal e insolúvel) TLV = 1 mg/m ³	Rins, câncer pulmonar
Sais cromoso e crômico TLV = 0,5 mg/m ³	Rins, câncer
Ácido crômico, cromatos TLV = 0,1 mg/m ³	Irritação do nariz. Rins; câncer pulmonar; aumento do número de GV. Hipertrofia do baço
Cobalto (metal, poeira) TLV = 0,1 mg/m ³	Policitemia, pneumonite, rins.
Cobre (poeira) TLV = 1 mg/m ³	Irritação do nariz, distúrbios gástricos, rins, anemia
Cobre (fumo) TLV = 0,1 mg/m ³	Idem, idem.
Óxidos de ferro TLV = 10 mg/m ³	Febre de fumo (depósito nos pulmões)
Chumbo TLV = 0,2 mg/m ³	Anemia, rins
Mercurio TLV = 0,1 mg/m ³	Pele, SNC, tremores; rins; aparelho digestivo; vias respiratórias
Níquel TLV = 0,1 mg/m ³	Coração, rins, fígado
Prata (metal, solúvel) TLV = 0,1 mg/m ³	Depósitos negros na pele
Chumbo tetraetil TLV = 0,075 mg/m ³	Pele, depósitos nos pulmões
Estanho (inorgânico, exceto óxido) TLV = 5 mg/m ³	Rins; anemia
Óxido de zinco TLV = 5 mg/m ³	Câncer intestinal; febre de fumo; vias respiratórias.
8. GASES E VAPORES INORGÂNICOS	
Ozono (ozônio) TLV = 0,1 ppm	O-N-G-B-A
Oxido nítrico TLV = 25 ppm	O-N-G-B-A
Dióxido de nitrogênio TLV = 5 ppm	O-N-G-B-A
Amônia TLV = 50 ppm	O-N-G-B

Tabela A5.2 - Órgãos afetados, doenças e outros males causados por alguns produtos químicos largamente fabricados e empregados (2/2)

Cloro TLV = 1 ppm	O-N-G-B	
Bromo TLV = 0,1 ppm	O-N-G-B	
Iodo TLV = 0,1 ppm	O-N-G-B	
Cloreto de hidrogênio (HCl) TLV = 5 ppm	O-N-G-B	
Brometo de hidrogênio TLV = 3 ppm	O-N-G-B	
Fluoreto de hidrogênio TLV = 3 ppm	O-N-G-B	
Ácido nítrico TLV = 2 ppm	O-N-G-B	
Dióxido de enxofre TLV = 5 ppm	O-N-G-B	
Dióxido de carbono TLV = 5000 ppm		asfixia
Monóxido de carbono TLV = 50 ppm	O-N-G-B	asfixia química
Cianeto de hidrogênio TLV = 10 ppm		asfixia química
Cianogênio TLV = 10 ppm		asfixia química
Sulfeto de hidrogênio TLV = 10 ppm		paralisia respiratória
9. <i>PARTÍCULAS IRRITANTES</i>		
Negro de fumo TLV = 3,5 mg/m ³		
Hidróxido de sódio TLV = 2 mg/m ³		
Ácido sulfúrico TLV = 1 mg/m ³		
10. <i>POEIRAS</i>		
Cristalinas		
Sílica alta (acima de 50% de SiO ₂ livre)		
TLV = 5 mppcf.....		Fibrose pulmonar progressiva
Sílica média (5 a 50% de SiO ₂ livre) TLV = 20		
mppcf		Fibrose pulmonar progressiva
Poeiras amorfas, incluindo terras diatomáceas TLV =		
20 mppcf		Fibrose pulmonar progressiva
Asbesto (amianto) TLV = 5 mppcf		Fibrose pulmonar progressiva
Pedra-sabão, talco e mica TLV = 20 mppcf		Fibrose pulmonar progressiva
Cimento portland TLV = 50 mppcf		Fibrose pulmonar progressiva

Tabela A5.3 - Concentrações consideradas como fatais ao homem expressas em ppm

Composto	Concentrações (ppm)
Dióxido de carbono (CO ₂)	100.000
Dióxido de enxofre (SO ₂)	400
Amônia (NH ₃)	750
Gás Sulfídrico (H ₂ S)	750
Ácido clorídrico (HCl)	500
Óxido de Nitrogênio (NO + N O ₂)	250
Ácido fluorídrico	100

Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (1/7)

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm	mg/m ³	
Acetaldeído	.	.	78	140	máximo
Acetato de cellosolve	.	+	78	420	médio
Acetato de éter monoetilico de etileno glicol (vide acetato de cellosolve)	.	.	-	-	-
Acetato de etila	.	.	310	1090	mínimo
Acetato de 2-etóxi etila (vide acetato de cellosolve)	.	.	-	-	-
Acetileno	.	.	Asfixiante simples		-
Acetona	.	.	780	1870	mínimo
Acetonitrila	.	.	30	55	máximo
Ácido acético	.	.	8	20	médio
Ácido cianídrico	.	+	8	9	máximo
Ácido clorídrico	+	.	4	5,5	máximo
Ácido crômico (névoa)	.	.	-	0,04	máximo
Ácido etanóico (= ácido acético)	.	.	-	-	-
Ácido fluorídrico	.	.	2.5	1,5	máximo
Ácido fórmico	.	.	4	7	médio
Ácido metanóico (vide ácido fórmico)	.	.	-	-	-
Acrilato de metila	.	+	8	27	máximo
Acrilonitrila	.	+	16	35	máximo
Álcool isoamílico	.	.	78	280	mínimo
Álcool n-butílico	+	+	40	115	máximo
Álcool isobutílico	.	.	40	115	médio
Álcool sec-butílico (2-butanol)	.	.	115	350	médio
Álcool terc-butílico	.	.	78	235	médio
Álcool etílico	.	.	780	1480	mínimo
Álcool furfúrico	.	+	4	15,5	médio
Álcool metil amílico (vide metil isobutil carbinol)	.	.	-	-	-
Álcool metílico	.	+	156	200	máximo
Álcool n-propílico	.	+	156	390	médio
Álcool isopropílico	.	+	310	765	médio
Aldeído acético (vide acetaldeído)	.	.	-	-	-

Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (2/7)

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm	mg/m ³	
Aldeído fórmico (= formaldeído)	.	.	-	-	-
Amônia	.	.	20	14	médio
Anidrido sulfuroso (vide dióxido de enxofre)	.	.	-	-	-
Anilina	.	+	4	15	máximo
Argônio	.	.	Asfixiante simples		-
Arsina (arsenamina)	.	.	0,04	0,16	máximo
Brometo de etila	.	.	156	695	máximo
Brometo de metila	.	+	12	47	máximo
Bromo	.	.	0,08	0,6	máximo
Bromoetano (vide brometo de etila)	.	.	-	-	-
Bromofórmio	.	+	0,4	4	médio
Bromometano (vide brometo de metila)	.	.	-	-	-
1,3 Butadieno	.	.	780	1720	médio
n-Butano	.	.	470	1090	médio
n-Butanol (vide álcool n-butílico)	.	.	-	-	-
Sec-Butanol (vide álcool sec-butílico)	.	.	-	-	-
Butanona (vide metil etil cetona)	.	.	-	-	-
1-Butanotiol (vide butil mercaptana)	.	.	-	-	-
n-Butilamina	+	+	4	12	máximo
Butil cellosolve	.	+	39	190	médio
n-Butil mercaptana	.	.	0,4	1,2	médio
2-Butóxi etanol (vide butil cellosolve)	.	.	-	-	-
Cellosolve (vide 2-etóxi etanol)	.	.	-	-	-
Chumbo	.	.	-	0,1	máximo
Cianeto de metila (vide acetona nitrila)	.	.	-	-	-
Cianeto de vinila (vide acrilonitrila)	.	.	-	-	-
Cianogênio	.	.	8	16	máximo

Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (3/7)

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm	mg/m ³	
Ciclohexano	.	.	235	820	médio
Ciclohexanol	.	.	40	160	máximo
Ciclohexilamina	.	+	8	32	máximo
Cloreto de carbonila (vide fosgênio)	.	.	-	-	-
Cloreto de etila	.	.	780	2030	médio
Cloreto de fenila (=cloro benzeno)	.	.	-	-	-
Cloreto de metila	.	.	78	165	máximo
Cloreto de metileno	.	.	156	560	máximo
Cloreto de vinila	+	.	156	398	máximo
Cloreto de vinilideno	.	.	8	31	máximo
Cloro	.	.	8	2,3	máximo
Clorobenzeno	.	.	59	275	médio
Clorobromometano	.	.	156	820	máximo
Cloroetano (vide cloreto de etila)	.	.	-	-	-
Cloroetileno (vide cloreto de vinila)	.	.	-	-	-
Clorodifluormetano (Freon 22)	.	.	780	2730	mínimo
Clorofórmio	.	.	20	94	máximo
1-Cloro 1-nitropropano	.	.	16	78	máximo
Cloroprene	.	+	20	70	máximo
Cumeno	.	+	39	190	máximo
Decaborano	.	+	0,04	0,25	máximo
Demeton	.	+	0,008	0,08	máximo
Diamina (vide hidrazina)	.	.	-	-	-
Diborano	.	.	0,08	0,08	máximo
1,2-Dibromoetano	.	+	16	110	médio
o-Diclorobenzeno	.	.	39	235	máximo
o-Diclorobenzeno	.	.	39	235	máximo
Diclorodifluormetano (Freon 12)	+	.	780	3860	mínimo
1,1 Dicloroetano	.	.	156	640	médio
1,2 Dicloroetano	.	.	39	156	máximo
1,1 Dicloroetileno (vide cloreto de vinilideno)	.	.	-	-	-

Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (4/7)

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm	mg/m ³	
1,2 Dicloroetileno	.	.	155	615	médio
Diclorometano (vide cloreto de metileno)	.	.	-	-	-
1,1-Dicloro-1-nitroetano	+	.	8	47	máximo
1,2 Dicloropropano	.	.	59	275	máximo
Diclorotetrafluoretano (Freon 114)	.	.	780	5460	mínimo
Dietil amina	.	.	20	59	médio
Dietil éter (vide éter etílico)	.	.	-	-	-
2,4 Diisocianato de tolueno (TDI)	+	.	0,016	0,11	máximo
Diisopropilamina	.	+	4	16	máximo
Dimetilacetamida	.	+	8	28	máximo
Dimetilamina	.	+	8	14	médio
Dimetilformamida	.	.	8	24	médio
1,1 Dimetil hidrazina	.	+	0,4	0,8	máximo
Dióxido de carbono	.	.	3900	7020	mínimo
Dióxido de cloro	.	.	0,08	0,25	máximo
Dióxido de enxofre	.	.	4	10	máximo
Dióxido de nitrogênio	+	.	4	7	máximo
Dissulfeto de carbono	.	+	16	47	máximo
Estibina	.	.	0,08	0,4	máximo
Estireno	.	.	78	328	médio
Etanal (vide acetaldeído)	.	.	-	-	-
Etano	.	.	Asfixiante simples		-
Etanol (vide álcool etílico)	.	.	-	-	-
Etanotiol (vide etil mercaptana)	.	.	-	-	-
Éter dicloroetílico	.	+	4	24	máximo
Éter etílico	.	.	310	940	médio
Éter monobutílico do etileno glicol (vide butil cellosolve)	.	.	-	-	-
Éter monoetílico do etileno glicol (vide cellosolve)	.	.	-	-	-
Éter monometílico do etileno glicol (vide metil cellosolve)	.	.	-	-	-
Etilamina	.	.	8	14	máximo

Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (5/7)

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm	mg/m ³	
Etilbenzeno	.	.	78	340	médio
Etileno	.	.	Asfíxiante simples		-
Etilenoimina	.	+	0,4	0,8	máximo
Etil mercaptana	.	.	0,4	0,8	médio
n-Etil morfolina	.	+	16	74	médio
2-Etoxi-etanol	.	+	78	290	médio
Fenol	.	+	4	15	máximo
Fluorotriclorometano (Freon 11)	.	.	780	4370	médio
Formaldeído (formol)	+	.	1,6	2,3	máximo
Fosfina (Fosfamina)	.	.	0,23	0,3	máximo
Fosgênio	.	.	0,08	0,3	máximo
Freon 11 (vide fluorotriclorometano)	.	.	-	-	-
Freon 12 (vide diclorodifluormetano)	.	.	-	-	-
Freon 22 (vide clorodifluormetano)	.	.	-	-	-
Freon 113 (vide 1,1,2 tricloro-1,2,2-trifluoretano)	.	.	-	-	-
Freon 114 (vide diclorotetrafluoretano)	.	.	-	-	-
Gás amoníaco (vide amônia)	.	.	-	-	-
Gás carbônico (vide dióxido de carbono)	.	.	-	-	-
Gás cianídrico (vide ácido cianídrico)	.	.	-	-	-
Gás clorídrico (vide ácido clorídrico)	.	.	-	-	-
Gás sulfídrico	.	.	8	12	máximo
Hélio	.	.	Asfíxiante simples		-
Hidrazina	.	+	0,08	0,08	máximo
Hidreto de antimônio (vide Estibina)	.	.	-	-	-
Hidrogênio	.	.	Asfíxiante simples		-
Isobutanol (vide álcool Isobutílico)	.	.	-	-	-
Isopropilamina	.	.	4	9,5	médio

Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (6/7)

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm	mg/m ³	
Isopropiolbenzeno (vide cumeno)	.	.	-	-	-
Mercúrio (todas as formas exceto orgânicas)	.	.	-	0,04	máximo
Metacrilato de metila	.	.	78	320	mínimo
Metano	.	.	Asfíxiante simples		-
Metanol (vide álcool metílico)	.	.	-	-	-
Metilamina	.	.	8	9,5	máximo
Metil cellosolve	.	+	20	60	máximo
Metil ciclohexanol	.	.	39	180	médio
Metil clorofórmio	.	.	275	1480	médio
Metil demeton	.	+	-	0,4	máximo
Metil etil cetona	.	.	155	460	médio
Metil isobutilcarbinol	.	+	20	78	máximo
Metil mercaptana (metanotiol)	.	.	0,4	0,8	médio
2-Metóxil etanol (vide metil cellosolve)	.	.	-	-	-
Monometil hidrazina	+	+	0,16	0,27	máximo
Monóxido de carbono	.	.	39	43	máximo
Negro de Fumo	.	.	-	3,5	máximo
Neônio	.	.	Asfíxiante simples		-
Níquel carbonila (níquel tetracarbonila)	.	.	0,04	0,28	máximo
Nitrato de n-propila	.	.	20	85	máximo
Nitroetano	.	.	78	245	médio
Nitrometano	.	.	78	195	máximo
1-Nitropropano	.	.	20	70	médio
2-Nitropropano	.	.	20	70	médio
Óxido de etileno	.	.	39	70	máximo
Óxido nítrico (NO)	.	.	20	23	máximo
Óxido nitroso (N ₂ O)	.	.	Asfíxiante simples		-
Ozona	.	.	0,08	0,16	máximo
Pentaborano	.	.	0,004	0,008	máximo
n-Pentano	.	+	470	1400	mínimo
Percloroetileno	.	.	78	525	médio
Piridina	.	.	4	12	médio
n-Propano	.	.	Asfíxiante simples		-

Tabela A5.7 - Limites de tolerância fixado pela NR-15 (7/7)

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm	mg/m ³	
n-Propanol (= álcool n-propílico)	.	.	-	-	-
Isso-Propanol (vide álcool isopropílico)	.	.	-	-	-
Propanona (vide acetona)	.	.	-	-	-
Propileno	.	.	Asfixiante simples		-
Propileno imina	.	+	1,6	4	máximo
Sulfato de dimetila	+	+	0,08	0,4	máximo
Sulfeto de hidrogênio (vide gás sulfídrico)	.	.	-	-	-
Systox (vide demeton)	.	.	-	-	-
1,1,2,2, Tetrabromoetano	.	.	0,8	11	médio
Tetracloroeto de carbono	.	+	8	50	máximo
Tetracloroetano	.	+	4	27	máximo
Tetracloroetileno (vide percloroetileno)	.	.	-	-	-
Tetrahidrofurano	.	.	156	460	máximo
Tolueno (toluol)	.	+	78	290	médio
Tolueno -2,4 - diisocianato (TDI) (vide diisocianato de tolueno)	.	.	-	-	-
Tribromoetano (vide bromofórmio)	.	.	-	-	-
Tricloreto de vinila (vide 1,1,2 tricloroetano)	.	.	-	-	-
1,1,1 Tricloroetano (vide metil clorofórmio)	.	.	-	-	-
1,1,2 Tricloroetano	.	+	8	35	médio
Tricloroetileno	.	.	78	420	máximo
Triclorometano (vide clorofórmio)	.	.	-	-	-
1,2,3 Tricloropropano	.	.	40	235	máximo
1,1,2 Tricloro - 1,2,2 trifluoretano (Freon 113)	.	.	780	5930	médio
Trietilamina	.	.	20	78	máximo
Trifluormonobromometano	.	.	780	4760	médio
Vinilbenzeno (vide estireno)	.	.	-	-	-
Xileno (xilol)	.	+	78	340	médio

Fonte: NR-15 Anexo 11, Quadro 1

ANEXO 6 - APLICATIVO PARA CALCULO DAS PERDAS DE CARGA

A.6.1. Objetivos

Os objetivos do software desenvolvido são calcular a perda de carga a partir de dados fornecidos pelo usuário e de parâmetros físicos do ar, tal como número de Reynolds, e determinar o fator de atrito, através da fórmula de Colebrook.

Nossos estudos, foram direcionados para que o software pudesse obter resultados precisos que correspondessem aos resultados da literatura especializada, usada como fonte de pesquisa para este projeto. Desenvolveu-se uma ferramenta que nos permitiu, avaliar as características da perda de carga, devido a rugosidade de novos materiais para a utilização na construção de dutos de ventilação e exaustão.

Este trabalho pretende conseguir uma melhoria na relação custo / desempenho dos sistemas de ventilação e exaustão existentes no mercado que têm reflexo direto na saúde dos trabalhadores, ao proporcionar ventilação geral adequada. Na medida em que a utilização de materiais alternativos, juntamente com um dimensionamento otimizado dos motores de exaustão e ventilação, venham a reduzir os custos de implantação destes sistemas, será possível a utilização destes recursos por micro, pequenas e médias empresas, que fazem parte na maioria das vezes, da realidade do setor produtivo brasileiro.

A.6.2. Definição do modelo utilizado.

Através de pesquisas verificamos que existem duas possibilidades para o cálculo da perda de carga em dutos de ventilação. Um dos modelos analisados baseia-se no uso do diagrama de Moody formado por diversas curvas, plotadas num gráfico em escala logarítmica, e que serve de base à obtenção do fator de atrito, bem como de outros dados importantes para a solução de problemas de perda de carga. A utilização deste diagrama traz consigo a comodidade de obtenção dos dados, através de uma simples avaliação visual, que pode ser comprometida pela possibilidade de erros de avaliação

por parte do usuário. Estes erros são difíceis de se detectar, ou corrigir, visto que dependerão da sensibilidade visual de cada pessoa.

O outro modelo se baseia na fórmula de Colebrook transcrita a baixo que tem a vantagem de não permitir erros de avaliação do usuário, visto que consiste na substituição dos valores das variáveis pertinentes à formulação anteriormente apresentada.

$$1 / \sqrt{f} = -2,0 * \log (e / d) / 3,7 + 2,51 / (R_e * \sqrt{f}), \dots \text{ onde:}$$

f = fator de atrito segundo Darcy;

e = rugosidade absoluta ou nominal do material do duto;

d = diâmetro do duto;

e / d = rugosidade relativa;

R_e = número de Reynolds;

log = logaritmo de base 10.

Tendo em vista que o projeto, que ora desenvolvemos, previa como produto final a construção de um software, optamos por utilizar a fórmula de Colebrook como base do nosso projeto, pois é uma alternativa mais precisa e de mais fácil adaptação para se utilizar com modelos computacionais determinando o desenvolvimento do software que mencionamos.

A.6.3. Operação do software.

Os valores dos dados “diâmetro do duto” (d) e “velocidade” (v) são digitados sem o separador de milhar, usando apenas a vírgula como separador de casas decimais, como todos os valores a serem digitados pelo usuário. A “temperatura do ar” (t) deve ser selecionada na caixa combo localizada à direita, mostrada na figura A6.1 abaixo

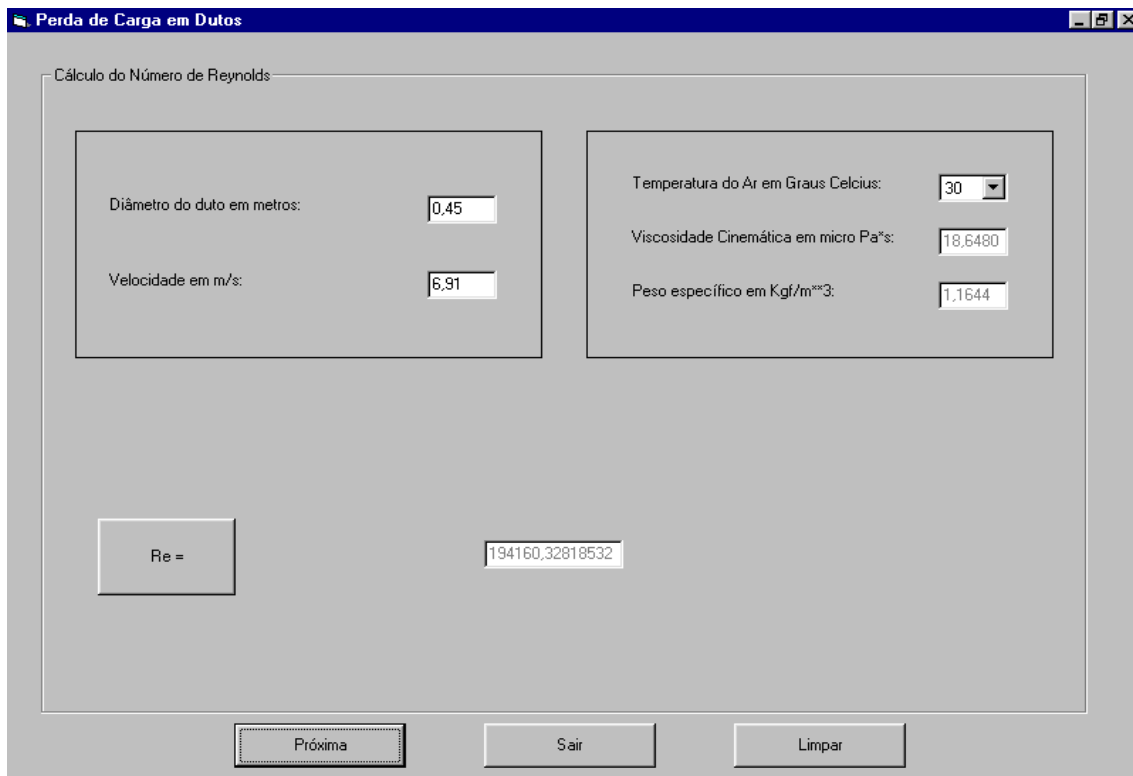


Figura A6.1 – Como utilizar o programa (Software Perda em Dutos, 1999)

Os valores “Número de Reynolds (Re), “Fator de Atrito” (f) e “Perda de Carga” (Δp) devem ser calculados seqüencialmente, pois cada um destes valores irá servir de dado de entrada para o cálculo dos valores seguintes. Os botões “Anterior” e “Próximo” têm como objetivo permitir que o usuário navegue entre as duas telas existentes, tela 1 e tela 2, após terem sido calculados todos os itens das mesmas, buscando otimizações cabíveis. O botão “Sair” termina a execução do programa e o botão “Limpar” apaga todos os dados de ambas as telas, calculados e digitados pelo usuário, de forma a permitir a entrada de novos dados e a realização de novos cálculos.

A.6.4. Testes.

Os testes foram inicialmente realizados utilizando-se como base comparativa para a aferição do software, os projetos incluídos na bibliografia especializada da área de ventilação e exaustão. Foram também realizados testes relativos ao controle dos tipos de dados de entrada fornecidos pelo usuário, com o objetivo de garantir a correta utilização do software.

A.6.5. Resultados.

O primeiro teste realizado utilizou para cálculo da perda de carga um duto retilíneo de polipropileno com rugosidade $e = 0,00015$ com 45cm de diâmetro, 25 metros de extensão e conduzindo ar a 30° C com velocidade de 6,916 m/s, incluído em uma bibliografia básica, para efeitos comparativos (Macintyre, 1990).

Nos cálculos foi usado o diagrama de Moody, com aproximações e sem aproximações, reproduzido no teste básico. Os resultados estão incluídos no quadro comparativo colocado em anexo.

Cálculos realizados pelo programa com uso da Fórmula de Colebrook.

The screenshot shows a software window titled "Perda de Carga em Dutos" with a sub-header "Cálculo do Número de Reynolds". It contains two input panels. The left panel has "Diâmetro do duto em metros:" with a value of 0,45 and "Velocidade em m/s:" with a value of 6,916. The right panel has "Temperatura do Ar em Graus Celcius:" with a dropdown menu set to 30, "Viscosidade Cinemática em micro Pa*s:" with a value of 18,6480, and "Peso específico em Kgf/m**3:" with a value of 1,1644. Below these panels, a box labeled "Re =" displays the calculated value 194328,91891891. At the bottom, there are three buttons: "Próxima", "Sair", and "Limpar".

FiguraA6.2 – Cálculos do programa, primeira etapa (Software Perda em Dutos, 1999)

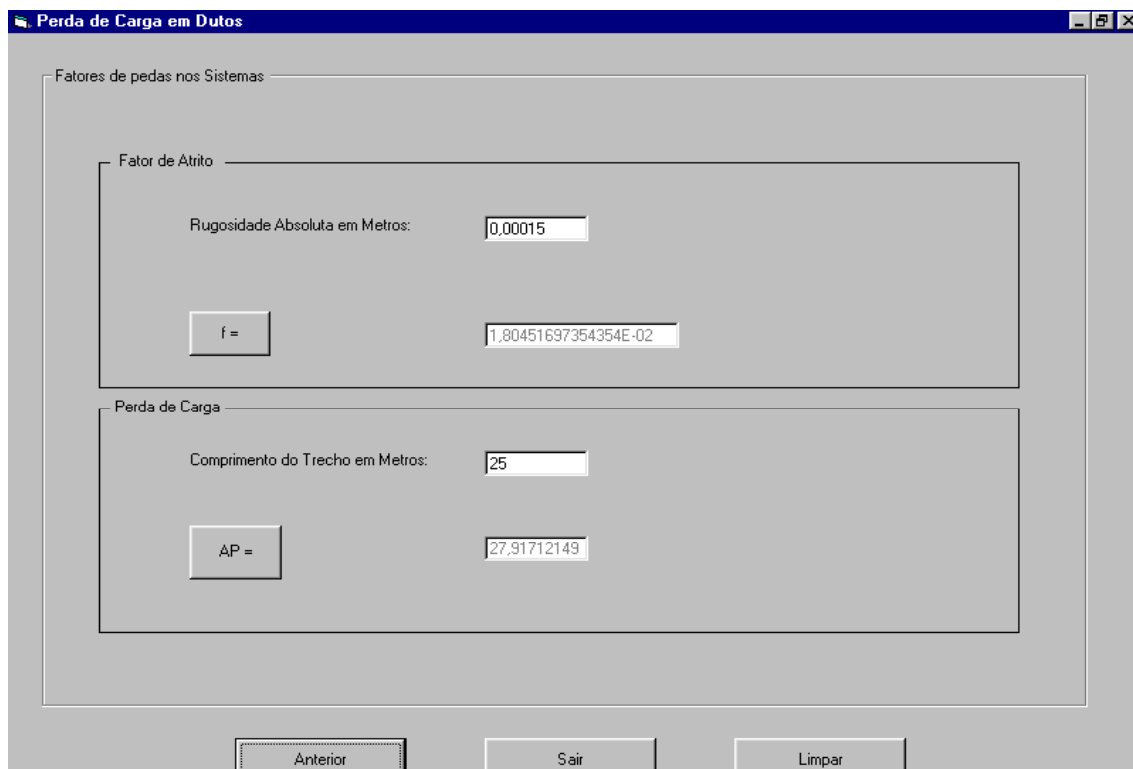


Figura A6.3 – Cálculos do programa: determinação da perda de carga (Software Perda em Dutos, 1999)

Tabela A6.1 - Avaliação percentual dos resultados

Valores Calculados	(Re)	(Δp)
● / ▲	99,9%	97,1%
● / ■	97,0%	97,5%

Legenda

- - Resultados obtidos com o programa usando a fórmula de Colebrook.
- - Resultados obtidos com aproximações usando o diagrama de Moody.
- ▲ - Resultados obtidos sem aproximações usando o diagrama de Moody.

A tabela A6.1 mostra os resultados avaliados em termos percentuais. Daí se vê a acuidade do processo de cálculo.

O teste básico foi realizado com o intuito de explicitar as diferenças de avaliação visual existentes entre um usuário e outro. Os cálculos sem aproximação foram realizados pelos autores do trabalho e os realizados com aproximação foram realizados por um especialista. As diferenças que aparecem na tabela 1 são devidas aos erros de avaliação visual.

A.6.6. Conclusões.

O foco deste estudo incidiu sobre o problema gerado pela perda de carga que ocorre nos dutos dos sistemas de ventilação e exaustão. Como resultado obteve-se uma alternativa para o cálculo da perda de carga com utilização da fórmula de Colebrook. O processo de cálculo desenvolvido, foi automatizado por um aplicativo (software) que possibilitou a realização de testes de avaliação da rugosidade dos materiais, com uma velocidade e precisão superiores à oferecida pelo diagrama de Moody. Isto irá modificar, significativamente, o procedimento de cálculo, reduzindo o tempo de trabalho, pelo uso do processamento eletrônico, e os erros nos resultados causados pela avaliação quando do uso do diagrama de Moody.

Com base nos testes comparativos realizados, comprovou-se a eficácia do aplicativo, incluindo a possibilidade de determinação do coeficiente de atrito do material em uso. Dessa forma, conclui-se que os objetivos foram alcançados, visto que, os testes comprovaram, a capacidade do software desenvolvido, de servir como uma alternativa precisa e bastante rápida para substituir, com vantagem, o uso do diagrama de Moody no cálculo da perda de carga em dutos.

Finalmente, deve-se ressaltar que os resultados obtidos neste projeto, possibilitam desenvolver estudos com o objetivo de comprovar, experimentalmente, estes resultados, bem como utilizar o software desenvolvido para testar a perda de carga em novos materiais, realizando assim, uma análise de desempenho aerodinâmico dos mesmos, com possibilidade de se fazer ainda uma aferição das curvas do diagrama de Moody. Além disso, como todo aplicativo, irá proporcionar otimizações na elaboração de projetos, resultando em redução de custos de suas implantações.

Estamos cientes que este software não é um fim, mas a abertura para novos caminhos em busca da solução dos graves problemas que, infelizmente, ainda afligem a nossa sociedade, principalmente na busca de métodos/processos que dêem segurança e evitem situações de risco a que ficam submetidos os trabalhadores de pequenas e médias empresas.

A.6.7. Bibliografia.

ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists, "Industrial Ventilation, a manual of recommended Practice." 22nd Edition 1995, pp12-cap3

ASHERAE Handbook, 1944, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. pp 595-608.

BENNETT, C. O. e MYERS, J. E., Fenômeno de Transportes, quantidade de movimento calor e massa, Editora MC Grall Hill do Brasil Ltda., 1978.

BRITO, A. H., Física Industrial Tabelas, Escola Nacional de Engenharia da universidade do Brasil, 1960.

COLEBROOK C. F., "Turbulent Flow in Pipes, with Particular reference to The Transition Between the Smooth and Rough Pipe Laws", J. Inst. Civ. Eng. Lond., v11, 1938-1939, pp 133-156. By Dr. David Mikolaitis

FIRST, M, "Industrial Ventilation", Escola de Saúde Pública, Harvard University 1991.

MACINTYRE, A. J., Ventilação Industrial e Controle da Poluição, LTC Editora, 1990.

MESQUITA, A.L.S.; GUIMARÃES, F.A. & NEFUSSI, N., "Engenharia de Ventilação Industrial", CETESB - São Paulo – SP, Editora Edgard Blücher Ltda., 1ªEd., 1977.

SHAMES, I. H., Mecânica dos fluidos princípios básico. São Paulo. Editora Edgard Blucher LTD.,1977.

SILVA, R. B., Ventilação e Ar condicionado, Universidade de São Paulo grêmio politécnico, 1964.

VARELA, J. R., Visual Basic 5.0 4ed, Editora Erica, 1999.

WANG, W, **Visual Basic 3.0 for windows**, Editora Berkeley, 1994.

A.6.8. Anexo.

Cálculo da perda de carga – Teste básico

Dados de entrada:

Duto

Material: polipropileno

Rugosidade "e": 0,00015

Diâmetro "d": 45cm

Trecho: retilíneo

Comprimento: 25m

Cálculos do software

Fluido

Tipo: ar

Temperatura "t": 30° C

Velocidade "v": 6,916 m/s

Quadro A6.1 – Comparação dos resultados de cálculo pelos métodos analisados

Parâmetros	Levantados	Calculados		
		Com uso das curvas de Moody		Pela fórmula de Colebrook
		Valores com aproximação	Valores sem aproximação	
Peso específico do ar “ γ ” (Kgf / m ³)	1,1644			
Viscosidade Cinemática “ ν ” (Pa)	0,000018648			
Número de Reynolds		200000	194339,11	194160,328185
Rugosidade relativa		0,00015	0,00015	0,00015
Coefficiente de atrito “ f ”		0,0185	0,01750	0,01804516
Perda de carga “ Δp ” (Pa)		28,57	27,076	27,91712149