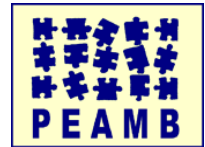




Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente
Mestrado em Engenharia Ambiental
Modalidade: Dissertação



MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CHUMBO NO AR
EM INDÚSTRIAS DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS

Paulo Roberto Castelões

Orientador: Ubirajara Aluízio de Oliveira Mattos

Co-orientador: Júlio Domingos Nunes Fortes

Rio de Janeiro
Dezembro de 2003

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CHUMBO NO AR EM
INDÚSTRIAS DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS

Paulo Roberto Castelões

Trabalho Final submetido ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro-UERJ como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada por:

Prof. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos, D. Sc. - Presidente
PEAMB/UERJ

Prof. Júlio Domingos Nunes Fortes, D. Sc.
PEAMB/UERJ

Prof. Josino Costa Moreira, D. Sc.
ENSP/FIOCRUZ

Rio de Janeiro
Dezembro de 2003

CASTELÕES, PAULO ROBERTO

Métodos de Avaliação da Concentração de Chumbo no Ar em Indústrias de Baterias Chumbo-Ácidas [Rio de Janeiro] 2003.

i-x, 83p. 29,7cm (FEN/UERJ, Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Área de Concentração: Controle de Efluentes Líquidos e Emissões Atmosféricas, 2003).

Dissertação – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ.

1. Chumbo
 2. Baterias chumbo-ácidas
 3. Ambiente de trabalho
 4. Medidas de segurança
- I. FEN/UERJ II. Título (série)

A vocês, Graça, Paula e Rodrigo,
pela inspiração e apoio.

Renan, dirigindo-se a Pasteur em discurso de boas vindas na Academia Francesa (1882):

*“Nossas duas mãos não se superpõem;
mas elas podem se juntar.*

*No vasto seio da natureza, os esforços mais
diversos se somam, se combinam e conduzem
a uma resultante da mais majestosa unidade.”*

AGRADECIMENTOS

A meus pais, minha madrinha, irmãos e sobrinhos pelos bons exemplos recebidos

Aos meus orientadores pela paciência e boa vontade.

A todos que me ajudaram no CENPES - PETROBRAS, UERJ, FUNDACENTRO, HIDROQUÍMICA e demais pessoas de outras entidades.

Aos representantes em São Paulo e Rio de Janeiro respectivamente das firmas SKC e VARIAN pelo fornecimento de material de consulta.

Ao amigo Roberto Padula pela convivência de tanto tempo.

Aos companheiros de viagem do PEAMB com os votos de realizações após essa nova etapa de suas vidas.

A todos que, direta ou indiretamente, muitas vezes com um gesto amigável de atenção, participaram.

RESUMO

Métodos de Avaliação da Concentração de Chumbo no Ar em Indústrias de Baterias Chumbo-Ácidas.

O conhecimento dos efeitos nocivos do chumbo já vem de há muito. No entanto ele continua a ser usado em muitas aplicações envolvendo seu contacto direto com indivíduos de todas as faixas etárias. Nos ambientes de trabalho em que se utiliza o chumbo era, de longa data, conhecida sua ação prejudicial à saúde. Atualmente se emprega o monitoramento dos ambientes de trabalho como forma de prevenção, de modo a tornar cada vez mais remota a possibilidade de efeitos nocivos. Soluções de engenharia podem ser implementadas a luz dos conhecimentos adquiridos. A amostragem e análise da atmosfera dos ambientes de trabalho, em busca das concentrações do metal e seus compostos é o foco deste trabalho. Para tanto o levantamento do estado da arte, associado a entrevistas com especialistas, foram a maneira de conseguir material para análise e comparação entre os métodos disponíveis. A resultante do processamento do material colhido foi a seleção do método que, para as condições brasileiras atende os critérios de avaliação. Adicionalmente sugere-se a continuação dos estudos no sentido de explorar melhor outros métodos que permitam cobrir necessidades específicas, permitindo, por exemplo, a determinação de chumbo no local e com equipamento portátil já disponível no mercado. Além de apontar entre os métodos mais utilizados, aquele que cobre mais adequadamente as necessidades visadas, foram incluídas as referências necessárias que podem servir de ponto de partida a sua difusão e posterior avaliação em campo, de metodologias que serão indicadoras da necessidade ou não de estudos mais aprofundados e dispendiosos. No decorrer de todo o trabalho procurou-se não perder de vista as questões de custos, tão importantes para um país como o nosso, além de outros aspectos como, por exemplo, a questão da facilidade de manuseio e transmissão de conhecimento.

Palavras-chave: Chumbo, Baterias Chumbo-Ácidas, Ambiente de Trabalho, Medidas de Segurança.

ABSTRACT

Methods for Evaluation of Concentration of Airborne Lead in Lead-Acid Batteries Manufacturing..

Present knowledge about noxious consequences of lead utilization results from long known information. Meanwhile lead is used in many applications. A great part of these applications involves direct contact of the metal with people of all ages. In workplaces where lead is utilized its action on workers health is a serious concern. Presently monitoring of work places is used as a means of data acquisition and prevention in order to minimize more and more the possibility of worker's health problems. Engineering solutions may be designed in order to solve some of lead problems. Sampling and analysis of work places atmospheres for measuring lead and its compounds concentrations is the aim of this work. In order to do that the 'state of art' about lead and lead compounds was studied and many interviews with experts were conducted. Processing all information resulted in the indication of the more adequate sampling and analysis methodologies for our needs. In addition, always obeying to local applicable selection criteria, an alternative method of analysis was indicated for further studies. These criteria were, for example, equipment cost, their availability, ease of operation and training.

Key words: Lead, Lead Acid Batteries, Workplace Environment, Safety Measures.

| | |
|--|----|
| <u>1. INTRODUÇÃO</u> | 01 |
| <u>1.1 Colocação do Problema</u> | 01 |
| <u>1.2 Objetivos</u> | 07 |
| <u>1.3 Metodologia</u> | 08 |
| <u>1.4 Aplicação</u> | 09 |
| <u>1.5 Apresentação do Trabalho</u> | 10 |
| <u>2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO CHUMBO EM INDÚSTRIAS DE BATERIAS</u> | 12 |
| <u>2.1 Abordagem Toxicológica do Chumbo</u> | 12 |
| <u>2.1.1 Um Histórico Sucinto</u> | 12 |
| <u>2.1.2 Exposição a Substâncias Químicas – Foco no Chumbo</u> | 15 |
| <u>2.1.3 Efeitos do Chumbo no Meio Ambiente</u> | 18 |
| <u>2.1.4 Efeitos do Chumbo na Saúde dos Seres Humanos</u> | 20 |
| <u>2.1.5 Riscos do Chumbo – Formas de Controle e Proteção</u> | 28 |
| <u>3. MÉTODOS DE AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE CHUMBO E SEUS COMPOSTOS</u> | 31 |
| <u>APLICADOS A AMBIENTES FECHADOS.</u> | |
| <u>3.1 Considerações Iniciais</u> | 31 |
| <u>3.2 Valores-limite de Exposição e suas Definições</u> | 33 |
| <u>3.3 Procedimentos de Amostragem</u> | 37 |
| <u>3.4 Procedimentos Analíticos</u> | 42 |
| <u>3.5 Métodos de Avaliação do Chumbo em Indústrias de Baterias</u> | 51 |
| <u>3.5.1 Considerações Iniciais</u> | 51 |
| <u>3.5.2 A Mineração do Chumbo e Obtenção do Chumbo Elementar e Outras Matérias-Primas Utilizadas no Fabrico de Baterias</u> | 52 |
| <u>3.5.3 As Baterias Chumbo-Ácidas</u> | 55 |
| <u>3.5.4 Os Métodos Aplicados</u> | 60 |
| <u>4. ANÁLISE DE DADOS – ESTUDO DE CASO</u> | 63 |
| <u>4.1 Considerações Iniciais</u> | 63 |
| <u>4.2 Levantamento de Dados da Indústria Estudada</u> | 63 |
| <u>4.3 Discussão sobre a Metodologia de Amostragem e Análise Melhor Aplicada ao nosso Problema – Avaliação de Custos</u> | 64 |
| <u>5. PROPOSTA E RECOMENDAÇÕES</u> | 67 |
| <u>5.1 Proposta de um Método Geral para Aplicação em Indústrias de Baterias Semelhantes à Estudada</u> | 67 |
| <u>5.2 Recomendações</u> | 67 |
| <u>6. CONCLUSÕES</u> | 70 |
| <i>BIBLIOGRAFIA</i> | 71 |
| <i>ANEXOS</i> | |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| <i>FIGURA 1</i> | 38 |
| Um modelo de frasco borbulhador (impinger). Catálogo SKC, Comprehensive Catalog and Air Sampling Guide, International Edition, 2002/2003. | |
| <i>FIGURA 2</i> | 39 |
| Cassete porta-filtro de 37mm. Institut National de Recherche et de Sécurité, 2001. | |
| <i>FIGURA 3</i> | 40 |
| Dispositivo porta cassete para medição individual e bomba respectiva. Institut National de Recherche et Sécurité, 2001. | |
| <i>FIGURA 4</i> | 46 |
| Espectrômetro de absorção atômica de chama. CHP - Home. Disponível em < http://www.chem.vt.edu/chem-ed/spec/atomic/aa.html >. Acesso em 13/09/2003. | |
| <i>FIGURA 5</i> | 47 |
| Espectrômetro de absorção atômica com forno de grafite. CHP - Home. Disponível em < http://www.chem.vt.edu/chem-ed/spec/atomic/aa.html >. Acesso em 13/09/2003. | |
| <i>FIGURA 6</i> | 49 |
| Niton XLt 300 – Analisador de chumbo por fluorescência de Raios X. Niton Corporation. Disponível em < http://www.fondiselectronic.com/Niton/XLt300_fichiers/xlt300.gif >. Acesso em 20/11/2003. | |
| <i>FIGURA 7</i> | 56 |
| Detalhes internos de bateria automotiva (Eurobat). | |

LISTA DE QUADROS

| | |
|-----------------------------|----|
| <i>QUADRO 1</i> | 35 |
| Quadro 2 da NR 15 anexo 11. | |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| <i>TABELA 1</i> | 46 |
| Recuperação Analítica para o Método NIOSH 70829 (NIOSH, 1994). | |
| <i>TABELA 2</i> | 51 |
| Síntese dos dados da NIOSH em relação aos métodos de análise de chumbo levando em conta valores do Anexo 11 da NR-15 (NIOSH, 1994; Araújo, 2002). | |
| <i>TABELA 3</i> | 54 |
| Participação percentual (em peso) dos diversos itens que são utilizados na manufatura de uma bateria chumbo-ácida (FAPESP, 2003). | |
| <i>TABELA 4</i> | 66 |
| Custos comparados em dólares americanos de diversas metodologias NIOSH para amostragem e análise de chumbo em ambiente de trabalho. | |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------------------|--|
| ABHO | Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais |
| ACGIH | American Conference of Governmental Industrial Hygienists |
| CDC | Center for Disease Control |
| CESTEH | Centro de Estudos sobre Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana – Fundação Oswaldo Cruz |
| FAPESP | Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo |
| FUNDACENTRO | Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho |
| GTZ | Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit |
| HMSO | Her Majesty Stationery Office |
| HSE | Health and Safety Executive |
| INMETRO | <i>Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial</i> |
| INRS | Institut National de la Recherche Scientifique |
| ISO | International Organization for Standardization |
| LT | Limite de Tolerância |
| NIOSH | National Institute for Occupational Safety and Health |
| NR | Norma Regulamentadora |
| OSHA | Occupational Safety and Health Administration |
| OSHA-SLTC | Occupational Safety and Health Administration – Salt Lake City Technical Center |
| PAHO | Panamerican Health Organization |
| TLV-C | Threshold Limit Value – Ceiling |
| TLV-STEL | Threshold Limit Value – Short Term Exposure Limit |
| TLV-TWA | Threshold Limit Value – Time Weighted Average |
| UNEP | United Nations Environmental Programme |
| WHO | World Health Organization |

1. INTRODUÇÃO

1.1 Colocação do Problema

As acentuadas e cada vez maiores preocupações com o ambiente têm levado a sociedade em geral e a comunidade científica em particular a dedicar grande parte de seu tempo e recursos ao estudo das interrelações indivíduo-ambiente e vice-versa. A capacidade de provocar mudanças e, por uma suposta ‘lei de retorno’, sofrer as conseqüências destas, algo como apertar o gatilho com a arma apontada para si mesmo, não pode ser ignorada. A Natureza, figurativamente, seria um grande palco onde ação e reação se confrontam continuamente e onde cada vez mais as margens de ajuste e correção diminuem. Exemplos têm sido apontados em número significativo. Minamata, Seveso, Bhopal (Mitchell, 1996), deixaram de ser localidades distantes para muitos, se transformando, nas páginas de um dicionário hipotético, em símbolos de destruição, pavor e morte. Em escala mais restrita, porém bastante insidiosa, algumas condições do trabalho e como elas podem afetar o bem estar e a saúde dos trabalhadores serão o pano de fundo deste trabalho. Nele será discutida a avaliação de condições ambientais das fábricas de baterias chumbo ácidas.

Antes de começar esta discussão será relatado o que me envolve pessoalmente no tema. De certa maneira este envolvimento já tinha colocado em destaque a seriedade do assunto. Corria o ano de 1963. Há quarenta anos, ainda muito distante das crises do petróleo e da instituição do Proálcool, o Brasil era muito mais dependente do petróleo e derivados importados do que hoje em dia. Na “cesta” de petróleos importados estavam presentes em grande quantidade óleos provenientes do Oriente Médio, Venezuela etc.

Nosso petróleo era produzido principalmente em locais de terra firme no estado da Bahia. Era o famoso petróleo baiano e que apesar da vantagem do seu muito baixo teor de enxofre fornecia uma gasolina de destilação direta de baixa octanagem em pequena quantidade. Processado nas poucas refinarias da época, juntamente com os petróleos importados, dava lugar a um “pool” de gasolina de baixa octanagem, necessitando ajustes mesmo para atingir os padrões de índice de octano vigentes na época.

Uma das maneiras de melhorar o desempenho da gasolina consumida aqui, era adicionar ao combustível os chamados elevadores de índice de octano. No Brasil o produto utilizado era o chumbo tetraetila ou, abreviadamente, CTE. Como eu trabalhava numa

unidade de destilação, ficava muito longe da casa de mistura deste material com a gasolina. Era um outro grupo de atividades que se dava nas unidades de transferência e estocagem. Sabia que lá os operadores eram advertidos para os perigos do material e até usavam macacões brancos que denunciavam a menor mancha resultante de um contacto com o agente.

As lembranças mais antigas eram mais amenas e bem menos informadas. Chumbo significava brinquedo e o trabalho dos hoje desaparecidos funileiros, que iam de porta em porta consertando painéis e bacias com rebites e solda. A impressão que mais marcou, no entanto, foi a de um cano de água perfurado e mostrando as marcas dos dentes de uma ratazana. Afinal, uma das vantagens deste material é ser mole.

Bem mais tarde na vida, trabalhando como analista no laboratório de uma fábrica de borracha sintética e estudante universitário, fui desenvolvendo maior familiaridade com as propriedades dos elementos e dos perigos de um manuseio descuidado ou negligente. Chumbo, no caso, era mais percebido em relação às suas sais como, por exemplo, o acetato de chumbo. Naquela ocasião uma das atividades era analisar os reagentes comprados para verificar se suas impurezas estavam dentro dos limites permitidos. Como as impurezas, nos reagentes de fabricantes tradicionais, normalmente se encontravam em baixas quantidades, o processo de medi-las era laborioso e demorado envolvendo muitas vezes a concentração, por aquecimento, no caso dos reagentes sob forma líquida. Dependia-se muito de manuseio e da sensibilidade individual. As técnicas e instrumentos hoje disponíveis transformaram, o que outrora era reportado como traços, em impurezas facilmente detectadas. Estas vantagens, em contrapartida, requerem a utilização de reagentes muito mais “puros” e uma quase obsessiva vigilância em relação a limpeza em relação aos ambientes dos laboratórios e ao treinamento dos analistas e do pessoal de apoio. Afinal, um técnico mal treinado ou negligente, um reagente de qualidade duvidosa, ou um recipiente contaminado, podem causar grandes problemas.

Posteriormente me envolvi profundamente com a área ambiental. Tive também a oportunidade de longas discussões com técnicos e engenheiros da área de Segurança do Trabalho e saber de suas preocupações com o ambiente de trabalho e sua importância e vou agregar o resultado dessas trocas de idéias nesta dissertação.

E certo que o assunto é de interesse geral e afeta por suas implicações grande parte da população do mundo, direta ou indiretamente. Está baseada sua significância, na medida que,

em todo o mundo, o fantasma do desemprego, tem quase que como transformado o sub emprego em uma benção ou pelo menos uma solução provisória, assim como um intervalo sob anestesia parcial até que as coisas mudem. Quem pudesse gerar oportunidades de colocação, para muitos, deveria ser elogiado e não questionado, emprestando a discussão um tom de fatalidade e “as coisas são assim e não cabe ou não podemos discuti-las”. Usar as condições de trabalho como tema de estudo e reflexão, principalmente em países em desenvolvimento, pareceria então para alguns uma atitude mal colocada, até hipócrita, da qual nada de útil resultaria e que poderia resultar em mais trabalhadores sem trabalho.

Ignorar a realidade, porém, não a transforma em ficção. Para sobreviver o indivíduo, visualizado em termos de um sistema vivo, precisa interagir com o ambiente e se ajustar a ele. Em outras palavras os seres vivos adaptam-se ao ambiente e, em contrapartida, o moldam. O resultado é que depois de determinado período de interação cada um, em certo sentido, torna-se um espelho do outro.

Repetidamente, uma parte do meio ambiente é envolvida por um sistema vivo e totalmente incluída nas suas fronteiras. Seja qual for, tal parte, não pertencente às estruturas viventes do sistema, pode ser chamada de uma inclusão. Qualquer sistema vivo, em qualquer nível, pode incluir componentes vivos ou não vivos. A inclusão é um componente, ou subsistema do sistema, se ela ajuda a operar ou opera um processo crítico no sistema; mas se este não for o caso, a inclusão é uma parte do meio ambiente. De qualquer maneira o sistema para sobreviver deve ajustar-se às suas características. Ou até, ter seus mecanismos de rejeição inibidos, como se dá com pessoas que recebem transplantes. Transplantes então, são casos particulares de inclusão envolvendo retirada e substituição na maioria das vezes, são procedimentos úteis que têm salvado a vida ou melhorado a qualidade de vida de muitas pessoas. Se a inclusão for inofensiva ou inerte ela pode, em geral, ser deixada de lado. Porém, se ela for potencialmente prejudicial – como um corpo estranho no interior de certos moluscos, uma bactéria patogênica em um cão ou um grego dentro da barriga de um cavalo gigante dado de presente e dentro da cidade de Tróia –ela deve ser tornada inofensiva, mandada embora, expulsa do sistema ou morta. Pelo fato de mover-se com o sistema de uma maneira diferente daquela que acontece com o resto do meio ambiente ela constitui-se em um problema especial.

Estando dentro do sistema ela pode ter uma influência mais séria ou mais imediata do que ocorreria se ela estivesse fora da barreira protetora deste. Em contrapartida o sistema que

a envolve pode controlar suas ações físicas e todas as rotas de acesso até ela. Por esta razão a lei internacional desenvolveu o conceito de extraterritorialidade para propiciar liberdade de ação aos embaixadores e embaixadas, inclusões das nações em países estrangeiros.

Um artefato é uma inclusão em algum sistema, realizada por animais ou pelo ser humano. Os sistemas vivos criam e vivem entre os seus artefatos (Miller, 1971). Artefatos então nos acompanham e nos cercam e podem estar no interior dos nossos corpos. O mercúrio do amálgama usado para obturações dentárias e os pesos de chumbo usados nas pescarias são artefatos. E o chumbo no sangue bem como os depósitos de chumbo nos esqueletos de muitos humanos também o são.

Os males do chumbo são conhecidos de há muito tempo. O envenenamento por chumbo desde longa data é denominado saturnismo derivado da antiga associação que os alquimistas fizeram entre o metal e o planeta Saturno. No começo de uma carta que Benjamin Franklin escreveu a Benjamin Vaughan em 31/07/1786 nós lemos – “Caro amigo, Eu me lembro que, quando eu tive o grande prazer de te ver em Southampton, agora já passados 12 meses, conversamos algo acerca dos maus efeitos da absorção do chumbo e que atendendo ao seu pedido prometi enviar por escrito um relato particular de vários fatos que naquela ocasião te mencionara e dos quais pensara você poder fazer bom uso. Agora me sento para cumprir a promessa ...” (The Franklin Institute Online, 2003).

Mais adiante será visto que a época dessa carta os males do chumbo já tinham sido apontados. E os relatos têm acompanhado os tempos.

Na obra “The Story of Lead” o veterano repórter de assuntos ambientais Peter Montague comenta em relação ao uso de chumbo em seu país:

“O período de maior uso do chumbo foi de 1945 a 1971, depois do qual ele começou a declinar. Naqueles anos cerca de 165000 (cento e sessenta e cinco mil) a 275000 (duzentos e setenta e cinco mil) toneladas de poeira contendo chumbo eram cuspidas pelos canos de escapamento dos automóveis americanos cada ano. Os americanos nascidos durante esses anos tinham de 300 (trezentos) a 1000 (mil) vezes mais chumbo em seus corpos que o tinham os índios pré-colombianos” (The Franklin Institute Online, 2003).

No Rachel’s Environmental & Health Weekly, em seu número de 3 de abril de 1997 –

“Então a geração dos tomadores de decisão no momento no poder – no governo e nas corporações – é constituída pelas pessoas acometidas de irritabilidade e disfunção mental como resultado de agressão crônica severa por chumbo. Revendo a história dos passados 25 (vinte e cinco) anos, nos parece claro que a nação e o mundo já pagaram um preço terrível pela irritabilidade e disfunção deles. A liderança pelos mais severamente impactados por chumbo (aqueles nascidos em torno de 1970) está justa por chegar” (The Franklin Institute Online, 2003).

Chumbo como problema ambiental não é algo que pode ser deixado de lado. Este metal, tem acompanhado o homem saltando de um uso para outro, das antigas canalizações de água e dos aditivos para o vinho para a eletrônica. Com a ajuda deste metal conseguiu-se multiplicar e difundir o conhecimento a uma velocidade espantosa. O que não tem impedido que muita gente aponte que o nosso futuro, apesar das invenções e dos progressos, tem provado que não somos mais felizes nos deslocando a 80 km/h do que o fazendo a metade desta velocidade (Krutch, 1956).

Cada monitor de computador ou aparelho de TV contém de quatro a oito libras (cerca de 1,8 a 3,6kg) de chumbo. Somente no Estado do Oregon (USA) lares e estabelecimentos descartaram aproximadamente 50000 (cinquenta mil) toneladas de computadores, aparelhos de TV e outros equipamentos eletrônicos no ano de 2000. Esse “lixo” eletrônico está poluindo os aterros com chumbo, mercúrio e outros materiais perigosos sujeitos a regulação. De acordo com o Departamento Estadual de Qualidade Ambiental local 700000 (setecentos mil) computadores são vendidos anualmente. Um número estimado de 1,1 milhões de computadores velhos está armazenados em porões e “closets”, mas somente cerca de 11% (onze) são reciclados e reusados (The Franklin Institute Online, 2003) (Computer Take Back Campaign, 2003).

Até agora o chumbo foi mencionado como um metal que pode afetar todo o mundo, dada a sua participação em grande parte do que estamos fazendo, do que fizeram anteriormente, ou do que continuaremos a fazer.

Aqueles que trabalham com este metal, além do contacto a que todo o mundo está sujeito, podem vir a permanecer durante algumas horas por dia respirando, ingerindo acidentalmente e tendo contacto por via epidérmica com o metal ou com seus compostos. Adicionalmente, caso medidas adequadas de higiene não forem tomadas, o metal ou seus compostos podem ser transportados para a casa dos trabalhadores aderidos às suas roupas.

Algumas providências no campo da Engenharia poderão propiciar uma condição de trabalho adequada, isto é, dentro das normas das entidades oficiais e privadas de higiene do trabalho. Na avaliação da qualidade das condições de trabalho uma das ferramentas é a coleta e análise das atmosferas dos locais onde são desenvolvidas as atividades.

O progresso das ciências propiciou metodologias e instrumental de coleta e análise permitindo trabalhar-se com extrema confiabilidade e precisão. A preocupação maior não é, exatamente, a carência de métodos ou as diferenças absolutas de qualidade entre eles e sim, mais propriamente, a seleção do que mais se adequa às necessidades, expectativas e por último, mais não menos importante recursos materiais e humanos disponíveis.

A cautela não está mal colocada. São inúmeras as ocasiões, relatadas na imprensa e em outros meios de comunicação, de equipamento comprado, pouco utilizado e até mesmo nem desembalado e deixado deteriorar-se por falta de operadores especializados, manutenção disponível, peças de reposição etc.

Um método de análise é um agregado de fatores em que, além dos possíveis equipamentos envolvidos, reagentes, treinamento, facilidade de implantação, entre outros fatores, precisam ser levados em conta.

O processo de fabricação de baterias chumbo-ácidas é tecnologicamente algo muito simples. Não são necessárias habilidades especiais e, em pouco tempo, uma pessoa com mínimas exigências intelectuais e destreza pode aprendê-lo. Se, por um lado, estas características abrem as portas a um número maior de potenciais trabalhadores, por outro tornam mais crítico, até pelas deficiências de formação desses, o processo de transmitir a informação necessária para que sua saúde seja protegida. Treinamento e educação devem se interpenetrar e se integrar com este objetivo. Muitas das instalações que onde ele é praticado, quiçá a maioria, são modestas. Até mesmo a mera obtenção de matéria prima, chumbo em particular, pode ocasionar muitos danos ambientais como será visto no decorrer do trabalho.

Não é crível esperar que instalações deste tipo, por desígnio, estejam de acordo com as normas de proteção à saúde do trabalhador. Como resposta não é algo inusitado que se dedique o tempo de estudo e a realização de pesquisas que venham a patrocinar às indústrias mais modestas e, em última análise, aos seus empregados a possibilidade de trabalhar dentro dos parâmetros de Higiene do Trabalho recomendados legalmente. Estar dirigindo as atenções

para instalações de menor porte não quer dizer que instalações maiores porte são obrigatoriamente isentas de problemas.

Este trabalho é uma parte de um todo maior em que as soluções conseguidas através de estudos caminhando no mesmo sentido e os benefícios delas advindos sejam atingidos. O foco está dirigido para a análise de atmosferas de ambientes de trabalho e, mais especificamente para a análise dos métodos disponíveis de coleta e determinação de chumbo e derivados inorgânicos do metal na indústria de manufatura de baterias chumbo ácido.

1.2 Objetivos

São duas as naturezas dos objetivos a considerar neste trabalho: específicos e geral. Nesta dissertação são designados os seguintes objetivos específicos:

1. Apresentar um histórico sucinto da utilização do chumbo desde a Antiguidade
2. Relatar os efeitos do metal e seus compostos sobre o Ambiente, a população em geral e, mais particularmente os que trabalham ou exercem algum tipo de atividade, lazer por exemplo na pesca, em que se faça uso do mesmo.
3. Mostrar, também sucintamente, o tema Toxicologia e de como essa área do conhecimento tem desvendado os verdadeiros impactos do chumbo sobre a saúde humana em particular.
4. Apresentar o processo de fabricação de baterias chumbo-ácidas e os riscos a saúde humana devidos aos materiais e operações realizados para sua consecução.
5. Discutir os métodos de análise e amostragem da atmosfera particularmente para chumbo metálico e seus compostos inorgânicos apresentando de maneira sucinta as suas características, faixas de aplicação, aparelhagem usada, entre outros.

O objetivo geral, conseqüência dos objetivos específicos supra e afinal, a resultante de terem sido atingidos aqueles, é:

Sugerir a luz das condições em termos de recursos e infra estrutura que métodos, ou combinação de métodos, melhor se adequaria às nossas condições levando em conta, por exemplo, os custos e infraestrutura já existente e por instalar, as facilidades de manuseio e treinamento e transferência sempre tendo como referencial as pequenas fábricas de baterias chumbo ácido.

1.3 Metodologia

Basicamente as três etapas iniciais do processo que serão consideradas como metodologia de trabalho são as que se seguem:

- **Levantamento bibliográfico, ou seja, o que se identifica como “estado da arte”** – onde procurou-se na literatura especializada, nesta incluindo o já extenso material gerado pela FIOCRUZ, aquelas obras que se referem a nossa preocupação direta, que é a metodologia de amostragem e análise, ou aqueles assuntos que de uma maneira ou outra são necessários para a montagem de um pano de fundo que melhor nos ajude a ressaltar a importância do tema. A dificuldade no nosso caso particular é muito mais de escolha do que de obtenção. Muito já se escreveu sobre o tema. Particularmente a área de Toxicologia está bem servida, por exemplo, com o “site” TOXNET que propicia milhares de citações.

Também, em relação a metodologia de amostragem e análise, preocupação do trabalho, grandes entidades internacionais de Higiene Ocupacional constantemente estudam o tema e, têm publicado, metodologias para a tarefa. A preocupação deste trabalho é apontar aquelas metodologias e operações que, em face das condições e possibilidades do Brasil, melhor se aplicariam. Embora este trabalho seja baseado na consulta bibliográfica e na troca de idéias com os especialistas e vai tentar incorporar o que se pensa ser a opinião geral em relação a escolha citada, não se tem a pretensão da finalidade. As conclusões e recomendações e as opiniões e caminhos escolhidos refletem a interpretação e a visão pessoal do assunto.

- **Levantamento de campo – Indústrias de baterias (Estudo de Caso)** – Este trabalho faz parte de um estudo amplo sobre pequenas indústrias fabricantes de baterias chumbo ácido localizadas no Rio de Janeiro. Em particular de uma pequena indústria já referenciada (Cervo, 2002). A intenção é, apesar de se estar focando sobre uma série de condições particulares, poder tornar o estudo de uso o mais geral possível. De certa maneira esta intenção se torna mais fácil de alcançar em face das características do trabalho, considerada a comprovação sistemática da metodologia prescrita.
- **Entrevistas com os especialistas** – Esta parte do trabalho é aquela em que se vai ao âmago mesmo da questão que se quer estudar. Confrontada com a informação escrita por qualquer forma que esteja, pode-se, seja pessoalmente, pela Internet, ou por outro meio de comunicação (telefone incluído), discutir e questionar aquele que faz ou sabe como fazer. É claro que muito da riqueza do material obtido, ressaltada a parte que

interessa, depende da condução do processo. Ressalvadas as dificuldades do não contacto pessoal, grande parte do material obtido teve origem via Internet ou telefônica.

Após realizada a maior parte das três tarefas supra mencionadas iniciou-se a distribuição das informações, procurando separar os artigos e outros meios, encaixando-os dentro daqueles limites fixados pelos objetivos específicos. Ficou claro desde o início que muito do material podia ser disposto em mais de uma área. A partir destes passos iniciais e a luz dos objetivos do trabalho, já explicitados, tomaram-se duas direções .

Como primeira orientação e para aquelas partes de ordem mais caracteristicamente descritivas - onde o juízo de valor, de certa maneira, fica mais para um segundo plano – procurou-se as partes comuns nas referências coletadas e se as ordenou. Para os objetivos de ordem específica esta foi a abordagem que prevaleceu.

Já para atingir-se o objetivo de ordem geral, razão última do trabalho, analisaram-se os diversos métodos explicitados na literatura e, com base principalmente nas entrevistas com os especialistas foi elaborado um quadro no foram colocadas as observações pertinentes e que serviu para sugerir as configurações adequadas e, com julgamento de valor, sugeriram-se alternativas a serem desenvolvidas para substituição, pelo menos em ocasiões especiais, para o próprio método avaliado como o mais adequado para as nossas condições.

Foi decidido, mesmo levando em conta a dificuldade da obtenção de dados de custos e das naturais omissões e “zonas cinzentas” comuns a este tipo de abordagem, basear a escolha em dados, sempre que possível, quantitativos. É um terreno que merece, a nosso ver, desenvolvimento para áreas mais específicas.

1.4 Aplicação

Como já foi descrito anteriormente, a aplicação mais direta deste trabalho é auxiliar no processo de escolha de metodologias de amostragem e análise de chumbo e seus compostos inorgânicos presentes no processo de fabricação de baterias chumbo-ácidas e que tenham passado por algum motivo a fazer parte da composição da atmosfera do ambiente de trabalho já que esta presença pode constituir-se em um fator de risco à saúde do trabalhador e, como será mostrado, face às características físicas dos agentes envolvidos no processo, vir a ser

transportado para as casas dos trabalhadores. Esse transporte pode vir a atingir seus familiares e terceiros com quem convivem.

Outra utilidade procurada é a de colocar de uma forma resumida características do processo de amostragem e análise de modo a, sem substituir as fontes originais, poder servir como instrumento didático auxiliando aqueles que necessitam estas informações e não estão com o material referenciado a mão ou não têm tempo para uma consulta exaustiva.

Sem prejuízo da objetividade de um trabalho desta natureza procurou-se, principalmente na parte histórica e nas referências sobre toxicologia do chumbo, mostrar de uma forma mais coloquial as conseqüências nem sempre benéficas da interação do metal com o ser humano. De fato procurou-se, sempre que possível, não deixar distantes as conseqüências diretamente relacionadas com os aspectos de saúde dos trabalhadores.

1.5 Apresentação do Trabalho

O trabalho está dividido em 6 capítulos. No Capítulo 1 é feita a introdução e a colocação do problema bem como algumas considerações de forma a apresentar a ordenação que foi seguida e o que me levou a escolha do tema. Para delimitar onde se quer chegar e como se vai fazê-lo estarão colocados os objetivos e a metodologia que é utilizada.

No segundo capítulo é feita a revisão teórica e nesta estarão incluídas partes relativas a Toxicologia, que também será discutida em anexo. Para que fique bem esclarecida a importância do tema são apresentados os impactos do chumbo no Meio Ambiente, aqueles que incidem sobre os seres humanos em geral e sobre os trabalhadores que o utilizam em suas atividades em particular. Também no segundo capítulo são apresentados alguns estudos em atividades que utilizam chumbo e pelo levantamento realizado verifica-se que, mesmo em países desenvolvidos, poderão coexistir indústrias com elevado nível de condições de trabalho ao lado de pequenas manufaturas e oficinas onde os níveis de segurança e proteção pouco ou nada diferem das reinantes nos assim chamados países em desenvolvimento. E que também em alguns países desenvolvidos quem faz o trabalho penoso e insalubre é imigrante muitas vezes desconhecido pelas autoridades. Mesmo no Brasil, infelizmente, o problema é de todos conhecido, em relação a asiáticos e

sul americanos de países mais pobres que os nossos e que, embora não tenham o discutível privilégio de serem os únicos a exercer as tarefas mais penosas e insalubres, vão se agregar a nossa própria fração carente da população. Neste capítulo são discutidos os riscos e formas de prevenção normalmente aplicadas.

No terceiro capítulo são apresentadas as metodologias de amostragem e análise do chumbo em ambientes fechados.

No quarto capítulo faz-se uma apresentação dos estudos feitos em indústrias de baterias situadas no Rio de Janeiro bem como o confronto das várias metodologias propostas.

O quinto capítulo apresenta um método geral para indústrias similares e um roteiro para aplicação e adequação do método.

Finalmente o sexto capítulo relata o que foi alcançado, as dificuldades para fazê-lo e sugestões para continuidade do trabalho tendo em vista objetivos, visando a melhoria das condições de trabalho e a preservação de saúde dos trabalhadores.

2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO CHUMBO EM INDÚSTRIAS DE BATERIAS

2.1 Abordagem Toxicológica do Chumbo

2.1.1 Um Histórico Sucinto

O chumbo, um metal de há muito conhecido pela humanidade, um contribuinte normal na composição da crosta terrestre, é encontrado normalmente em quantidade mínimas no solo, plantas e na água.

Se ignorado, este metal é praticamente inerte (Needleman, 2002). A sua mobilização sob forma de minério, o processamento deste e sua transformação em produtos manufaturados, bem como solubilização do metal em suas formas iônicas, no entanto, pode vir a transformar o chumbo em algo claramente tóxico. Muito tóxico realmente... De fato, somente devido às atividades do homem, o chumbo tornou-se o metal tóxico mais amplamente disperso no mundo (Needleman, 2002).

Sua mineração provavelmente precedeu as Idades do Bronze e do Ferro e nosso convívio com ele como metal ou em misturas ou substâncias que o contém já vem de longa data. Seu mais antigo sítio de mineração registrado data de cerca de 6000 a.C. e se localizava na atual Turquia (Needleman, 2002).

Com certeza, na Antiguidade, o maior explorador e também exportador do metal foi o Império Romano. Dada a grande expansão desse Império e a possibilidade de acesso a sítios propícios os romanos exploraram intensivamente o chumbo e o utilizaram para os mais diversos usos. Como se verá posteriormente até para o consumo humano, os romanos antigos utilizaram este metal tanto para a preservação dos vinhos quanto para lhes conferir um aroma adocicado (Needleman, 2002).

Esta breve introdução será seguida de outros capítulos onde vai se procurar estabelecer alguns conceitos e posições que irão melhor esclarecer em relação a importância do chumbo como uma das maiores ameaças a saúde humana, cobrindo indistintamente todas as faixas etárias e uma grande gama de atividades, ocupações e até mesmo esporte e recreação.

Os dados abaixo classificam o metal a luz de suas características químicas e de suas propriedades físicas.

Símbolo Químico: Pb

Número Atômico: 82

Peso Atômico: 207,21

Densidade (g/cm³): 11,34

Ponto de fusão (°C): 327,5

Ponto de ebulição (°C): 1750

Observe-se o seu ponto de fusão; esta é a propriedade que faz do Pb um metal facilmente acessível. Afinal de contas temos um valor bem baixo que qualquer fonte de calor, mais primitiva que seja, facilmente alcança. Uma temperatura tão modesta foi certamente o que levou o chumbo a ter sido disponibilizado há tanto tempo atrás.

Adicionem-se a isto outras propriedades quem muito antes de quaisquer estudos científicos eram conhecidas e exploradas. O chumbo é altamente moldável, reage com o carbono formando compostos organometálicos, resiste muito bem à corrosão e às intempéries, é facilmente reciclável, apresenta boa aderência para tintas, é muito barato, etc.

Com o decorrer do tempo muitos usos foram descobertos para o metal da que se abandonavam alguns, outros foram acrescentados.

Como já se apontou, na antiga Roma principalmente, o chumbo era utilizado para uma infinidade de propósitos. Podemos exemplificar, com o processo de melhoria das qualidades do vinho em que o acetato de chumbo, um organometálico de sabor adocicado além de preservar o vinho, conferia a bebida um sabor agradável. Esta prática evitava que o vinho “azedasse” se transformando em vinagre.

A situação não deixa de se constituir num bom exemplo para um manual de Toxicologia pois, além dos males inerentes ao abuso do álcool o qual, está sobejamente provado, provoca problemas sociais e de saúde pública e individualmente danos físicos e mentais, são adicionados os males da continuada ingestão de um metal pesado. Como na antiga Roma existia um culto ativo ao deus Baco — o Dionísio dos gregos — o consumo da bebida, incluindo as festas denominadas Bacanais, onde bebia-se até cair, devia ser um grave problema de saúde pública .

Aos usos já mencionados, em Roma fazia-se um uso extenso do chumbo na condução de água em canalizações fabricadas com o metal – lembremo-nos da facilidade de trabalhá-lo e da sua resistência a corrosão – bem como na fabricação de potes, urnas, utensílios de cozinha, etc. Com a expansão do Império Romano e a exploração de jazidas em outras partes que não a metrópole, é certo que o uso do metal nas mais diversas formas atingiu todas as províncias romanas. Magníficos aquedutos transportavam água das montanhas suprindo o povo de Roma com 150 a 220 milhões de galões do líquido (cerca de novecentos mil metros cúbicos) diários. Na cidade a água era distribuída por canos de chumbo suprindo a cada habitante 150 a 200 galões (cerca de 600 a 800 litros) diariamente. O diâmetro das tubulações determinava a tarifa da água. O líquido fluía livremente. Não havia torneiras (The Franklin Institute Online, 2003). Comparado com o valor usualmente considerado como adequado, de 200 litros por habitante por dia, praticado atualmente, o desperdício fica evidenciado.

Naquela ocasião verificava-se a maior incidência dos males derivados do uso do metal sobre as classes mais afluentes. Hoje em dia como se poderá apreciar, doenças relacionadas ao chumbo são mais encontradas nas classes mais pobres e nos países de menor grau de desenvolvimento.

Nas eras subseqüentes o metal continuou a ser utilizado extensamente nos mais diversos usos. Na preservação do vinho com certeza e até na “recuperação” daqueles vinhos que tivessem azedado. Mais ainda na cerâmica e na construção de telhados. Não podemos nos esquecer do uso dos derivados do chumbo nas obras de arte para a fabricação de tintas.

Modernamente, o chumbo como que pegou carona no progresso e ainda se usa o metal para muitas aplicações e, embora a literatura especializada tenha desvendado de maneira bastante clara os perigos de sua utilização não informada, por absoluta impossibilidade de mudança radical e substituição de tudo o que foi feito em épocas passadas, muito chumbo continua disseminado pelo ambiente. E muitas utilizações, por falta de substituto adequado, permanecem ativas. E só mencionar o chumbo para a confecção de balas para a caça de animais racionais ou não e como pesos para a pesca desportiva.

Conseguimos, de certo, algumas vitórias. O Brasil foi um dos pioneiros na proibição do uso do chumbo tetraetila – $Pb(C_2H_5)_4$ – de uso disseminado, àquela época, como elevador do índice de octano em gasolinas. Como veremos este organometálico é especialmente perigoso por penetrar a pele graças às suas propriedades lipofílicas.

2.1.2 Exposição a Substâncias Químicas – Foco no Chumbo

Exemplos de liberação de uma substância no meio ambiente podem ser a partir de uma grande área, como, por exemplo, de um pátio de carregamento ferroviário em que tenha ocorrido o tombamento de um vagão tanque e posterior vazamento do produto nele transportado, de um tambor metálico atacado pela corrosão ou um frasco de vidro que acidentalmente se quebrou derramando seu conteúdo na bancada de um laboratório. Esta liberação nem sempre resultará numa exposição. Estaremos expostos a uma substância se, com ela, entrarmos em contacto (CDC, 1997). De fato até chegar até nós, a substância ou mistura de substâncias poderá percorrer uma rota onde ocorra interação com outras substâncias, seres vivos ou inanimados. Muitas vezes essa interação por si só poderá modificar a natureza da substância, com isso alterando suas propriedades, diminuindo sua concentração a níveis bem mais baixos etc.

A extensão dos danos causados por determinado agente e a duração destes danos são resultado de muitos fatores. Esses fatores incluem o estado físico da substância, sua composição química, a dose (quanto?), a duração da exposição (quanto tempo?) e como entramos em contacto com ela. Ainda mais deve-se considerar, por exemplo, os fenômenos de interação com o álcool no caso de determinados agentes medicamentosos, e a idade, sexo, dieta, traços familiares, estilo de vida e estado atual de saúde.

Homens e animais podem entrar em contacto com substâncias tóxicas intencionalmente ou por acidente. Exemplo de exposição intencional pode ser a administração de um quimioterápico a um paciente de câncer. Já a exposição não intencional usualmente envolve apenas um entendimento deficiente em relação aos compostos aos quais o organismo está exposto. Muitas vezes também, apesar dos efeitos colaterais de uma exposição, nos expomos a um determinado agente desde que os benefícios advindos se contraponham com vantagem aos citados efeitos colaterais. Aliás, as bulas dos remédios estão plenas destas citações. Sem deixar de nos esquecer dos atos de solidariedade humana como, por exemplo, a prescrição de doses elevadas de substâncias como a morfina contra as dores que acompanham determinados tipos de doenças.

Não se pode esquecer que, muitas vezes, o período de tempo que media entre a emissão de uma substância tóxica, a poluição de um ou mais compartimentos ambientais (ar, água, solo) e a interação destes efeitos e um receptor, envolve períodos de tempo extremamente variáveis.

O período de tempo que decorre da emissão de fumos metálicos a partir da fusão de sucata de chumbo, em um recipiente improvisado, fazendo o papel de cadinho, e a chegada desses fumos ao nariz de um trabalhador que observa desprotegido a operação, não é o mesmo que aquele que decorreu desde a emissão de um gás, por exemplo, o butano que está vazando de uma carreta tombada em uma estrada a centenas de metros de uma propriedade rural e os efeitos deste vazamento nos seres vivos. O vento pode mudar de direção, as pessoas podem ter se deslocado de onde estavam as concentrações do gás podem ter se tornado tão baixas, face a dispersão natural, a ponto de serem consideradas desprezíveis etc...

E ao considerarmos as pessoas devemos responder a outra pergunta. Esta diz respeito a como é que o chumbo pode entrar nos organismos. Relacionamos a seguir as portas de entrada do organismo:

Via oral: ingerindo alimentos ou bebendo água ou outros líquidos que contenham chumbo. Levando a boca partículas de tinta que contenham chumbo (uma das principais, senão a principal fonte de causa de problemas relacionados com o metal na faixa etária da tenra idade).

Via respiratória: permanecendo em áreas onde haja poeira de compostos de chumbo em suspensão como, por exemplo, em fábricas de baterias chumbo ácido onde medidas de controle e proteção não sejam praticadas. Residindo em casas antigas cuja pintura a base de chumbo esteja liberando particulados contendo o elemento.

Via dérmica (pele): entrando em contacto direto com chumbo e seus compostos. Usualmente não é importante. Mais adiante esclareceremos melhor onde esta via pode se tornar uma fácil porta de entrada no corpo humano.

O consumo de produtos industrializados ou populares com a finalidade de remédio que contenham chumbo, profissões e atividades de lazer nas quais o chumbo é utilizado tais como o artesanato de brinquedos (soldados de chumbo), pesos para pescaria ou vidraria (vitrais decorativos) muitas vezes transforma uma suposta terapia ou diversão em fonte de absorção de chumbo. Grandes pintores, incluindo brasileiros, por exemplo, Candido Portinari, tiveram a sua vida encurtada pela exposição a tintas cujos pigmentos continham chumbo.

E importante ter em mente que a exposição pode ocorrer por mais de uma via e muitas vezes pelo mesmo agente no mesmo período de tempo, Assim se um trabalhador entrasse em

contacto com gasolina contendo chumbo tetraetila (CTE) – hoje proibida em grande número de países – ele estaria se expondo ao mesmo tempo:

Pela via dérmica já que substâncias lipofílicas , facilmente solúveis em gordura, mas fracamente solúveis em água, tais como a gasolina, penetram pela pele com surpreendente facilidade. O CTE é lipofílico. A camada sebácea da pele não seria a barreira efetiva que é quando se trata de substâncias inorgânicas contendo chumbo, arranhões e cortes, isto é, soluções de continuidade na pele seriam um fator agravante para o ingresso do metal no organismo.

Pela via oral se o trabalhador vier a se alimentar ou fumar com as mãos não lavadas.

Pela via respiratória pela inalação de vapores contendo CTE.

Após a entrada no organismo segue-se a fase toxicocinética, isto é, aquela que envolve a absorção, distribuição, metabolismo e excreção das substâncias às quais o organismo foi exposto.

É bem verdade que em alguns casos esta excreção é rápida e praticamente completa mas este não é o caso do chumbo.

De fato, a propriedade que têm algumas substâncias de se acumularem em sítios específicos do corpo humano fazem com que, pela dificuldade de metabolização/eliminação ou por características físicas algumas destas apresentam após ingresso, uma capacidade muito grande de ali permanecerem. A metabolização nem sempre é benéfica.

É fato que ela pode ser uma reação do organismo, levando a geração de metabólitos menos agressivos, mas, por exemplo, o metanol, álcool metílico, é metabolizado no organismo transformando-se em aldeído fórmico (formol) sendo este o responsável pelos tremendos efeitos da ingestão do álcool metílico que, aqui mesmo no Brasil, consumido como bebida alcoólica, levou muitos à cegueira e à morte.

Finalmente temos a fase chamada excretória. Como o próprio nome diz ela se diz respeito a eliminação por parte do organismo dos agentes agressores e/ou seus metabólitos.

Podemos ilustrar o parágrafo acima apresentando o conceito de Meia Vida. Meia Vida é o período de tempo durante o qual a concentração de uma substância em determinado meio é reduzida pela metade. A grosso modo, pode ser relacionada com a maior ou menor rapidez com que determinado meio se livra de determinado agente, por transferência para outro meio, eliminação para fora do organismo, metabolização etc.

Tratando-se do chumbo cerca de 90% do metal presente no sangue é encontrado nos eritrócitos (glóbulos vermelhos). A meia vida do chumbo nestes e no esqueleto é respectivamente, 36 (trinta e seis) e 10000 (dez mil) dias (Londrigan, 1994).

Do parágrafo acima fácil é constatar da lentidão do processo de eliminação natural (não provocada) do chumbo presente num organismo.

2.1.3 Efeitos do Chumbo no Ambiente

O chumbo ocorre naturalmente no ambiente. Entretanto a maioria do chumbo disseminada pelo meio ambiente é resultante da atividade humana (CDC, 1997).

Antes da proibição do uso de gasolina com aditivos contendo chumbo tetraetila a maioria do chumbo liberada no meio ambiente dos Estados Unidos da América originava-se do escapamento dos automóveis. Em 1974 isto significava 94,6 milhões de kg/ano lançados na atmosfera. Em 1989 quando o uso do chumbo era limitado, porém ainda não banido, os automóveis liberaram 2,2 milhões de quilogramas no ar. Uma redução de cerca de 98%. Medidas mais drásticas em relação ao uso de CTE reduziram ainda mais a quantidade de chumbo liberado na atmosfera.

Outras fontes podem contaminar o solo, e a água. Muitas vezes a presença de metais pesados, chumbo em particular, nos derivados tóxicos de operações das indústrias pode contaminar o solo. Outras fontes como resíduos de mineração devem ser levados em conta, mormente por terem usualmente apenas valor residual e portanto se constituírem em algo a ser descartado muitas vezes sem levar em conta os prejuízos ambientais constituindo-se em passivos de difícil equacionamento e solução.

A eliminação do uso de determinada substância ou grupo de substâncias muitas vezes não elimina automaticamente as conseqüências de seu uso anterior. Ela ou elas ainda muito

tempo poderão ter que ser objeto de cuidados e controle. Assim, por exemplo, o abandono do uso de CTE como elevador do índice de octano na gasolina obrigou a se procurar soluções para produzir gasolinas adequadas, entre elas a utilização de um sucedâneo capaz de melhorar as condições de queima do combustível. Ainda mais, ficou a obrigação de se dispor de maneira ambientalmente adequada das quantidades remanescentes do CTE e esperar que aos poucos todos aqueles sistemas contendo CTE ou misturas contendo CTE fosse sendo “purgados” do chumbo.

O desmonte de instalações que anteriormente armazenavam produtos tóxicos envolve um cuidadoso planejamento (Obwerhanger, 1977). No Brasil o desmonte de instalações que armazenavam CTE e a disposição final dos resíduos resultantes envolveu, inclusive, o envio de parte destes para disposição adequada em outros países. Tudo sob um minucioso controle da saúde dos trabalhadores participantes(Chripim & Fachini, 1987; Gorrasi, 1987).

Embora muito pouco chumbo seja encontrado em lagos, rios ou água subterrânea utilizados como fonte de suprimento de água para consumo humano, é possível encontrar concentrações maiores do metal em comunidades com suprimento de água com características ácidas. Neste caso a água com características ácidas torna mais fácil a solubilização do chumbo presente nas canalizações, pontos de solda e de outras partes que contenham o metal. Também, no caso do solo contaminado com resíduos, é possível a solubilização deste chumbo e posterior contaminação das fontes de suprimento de água.

Um exemplo da possibilidade de ocorrência de teores de metais pesados, chumbo como o segundo de concentração mais abundante, em organismos zooplancônicos e numa macrófita, *Eichhornia Crassipes*, está num trabalho feito no reservatório da Pampulha (Coelho & Greco, 1988).

Chicago, no estado do Illinois, uma das maiores cidades americanas, registra uma das maiores taxas de envenenamento por chumbo. Um estudo recente, feito por Kimberly A. Gray, técnico ambiental da Northwestern University, daquele estado, demonstrou que plantas comestíveis que crescem em cidades, podem concentrar grandes quantidades do metal e estariam causando o problema. As maiores concentrações de chumbo nas plantas analisadas foram encontradas nas raízes. Brotos, uma das partes mais consumidas dos vegetais, também revelaram contaminação por chumbo (Gray, 2003).

O chumbo, mesmo na sua forma metálica, nos níveis de temperatura dos organismos de sangue quente, pode ser metabolizado e exercer a sua ação. Exemplo disto é relatado em relação a aves sujeitas a caça por humanos e predadores (Kendall *et al.*, 1996).

2.1.4 Efeitos do Chumbo na Saúde dos Seres Humanos

Embora já tenhamos discutido com algum detalhe as ações do chumbo nos seres humanos um metal que não cumpre nenhuma finalidade vital no organismo e, até em pequenas doses é tóxico (Palazuelos-Rendón, 1995), nesta parte iremos categorizar estas tendo como base idade e ocupação. Não somente estes fatores são importantes. Um outro, o nível de desenvolvimento da região ou país considerados, tem papel mais das vezes significativo.

Enquanto anteriormente , área da Saúde Ocupacional tendia previamente a focar-se em casos terminais de sintomatologia bastante elevada de envenenamento por chumbo (por exemplo – encefalopatias), presentemente a preocupação reinante é com exposições muito menos elevadas ao chumbo, em locais de trabalho. Embora os adultos sejam os principalmente envolvidos, em muitos países, especialmente naqueles cuja indústria está em desenvolvimento e em pequenas indústrias caseiras, a distinção entre local de trabalho e trabalho em casa, fica virtualmente nebulosa e as crianças acabam expostas ao metal presente nas condições de um local de trabalho. As ações preventivas têm assumido um papel predominante.

O chumbo pode ser transferido para o feto no útero materno. Um outro fato verificado é a possibilidade de transporte para o ambiente doméstico, do mesmo sob forma de material particulado nas vestes dos trabalhadores, atingindo os residentes e, em particular, as crianças de tenra idade acaso residentes na casa do operário, transformando problemas de Saúde Ocupacional em problemas de Saúde Comunitária ou Social.

Bernardino Ramazzini descreve os horrores do trabalho numa olaria em sua época – “Esses operários precisam de chumbo calcinado e quente para vitrificar seus vasos e moem o chumbo em vasilhas de mármore ,por meio de um pau pendurado no teto,movido circularmente o qual leva na outra extremidade uma pedra quadrada, besuntando depois os vasos com chumbo derretido, por meio de pincéis , antes de introduzi-lo no forno; a virulência do chumbo derretido e dissolvido na água e absorvido então pela boca, pelo nariz e por todo o

corpo seguindo-se logo muitas e graves doenças. Primeiramente surgem tremores nas mãos, depois ficam parálíticos, dementes, caquéticos, desdentados e com lienteria sendo raro um oleiro que não apresente fácies plúmbea e cadavérica” (Ramazzini, 1999, pag.45).

Um composto do chumbo, com utilização bem mais recente, o chumbo tetraetila, começou a ser produzido em alta escala no início dos anos 20, no século XX. Sua adição a gasolina melhorava o desempenho dos motores (Nickerson, 1954). O desconhecimento dos seus efeitos nocivos a saúde resultou em sérias conseqüências com casos documentados de mortes e doenças mentais.

A remoção do chumbo da gasolina em 1990 (Pirkle *et al.*, 1994), nos Estados Unidos da América, vista por muitos como um dos maiores triunfos de saúde pública no século XX teve um impacto dramático e imediato. Entre 1976 e 1994 a concentração média no sangue das crianças americanas caiu de 13,7 µg/dL para 3,2 µg/dL, na direta proporção da quantidade de CTE produzida.

Não se poderia querer mais claro testemunho da eficácia de uma política de saúde pública bem concebida e consistentemente aplicada.

Embora não conheçamos estudos feitos no Brasil com a finalidade específica de medir concentrações de chumbo atmosférico anteriores e posteriores a decisão de abolir a adição de chumbo a gasolina é claro que se deixou de emitir chumbo para a atmosfera através a queima do combustível depois que não mais se adicionava este aditivo .

A utilização do CTE como elevador do índice de octano não está definitivamente banida por todo o planeta. Assim é que reunidos em Nairobi no Kenia de 5 a 7 de junho de 2002 noventa e um representantes de governos , setor privado e sociedade civil concordaram em encetar uma série de ações levando ao objetivo maior de eliminar a utilização de gasolina contendo chumbo no Este da África (UNEP, 2002).

Está firmemente estabelecido que para a população adulta os maiores atingidos estão entre aqueles que de uma maneira ou de outra usam profissionalmente chumbo e seus derivados. Nos séculos XVIII, XIX e XX os piores surtos de envenenamento por chumbo confirmam esta assertiva.

Os perigos do metal, também em relação ao processo reprodutivo, são conhecidos há mais de um século. Os inspetores de fábricas britânicas na entrada do século XX notaram que as mulheres que eram expostas ao chumbo nas fábricas de cerâmica barata tendiam a infertilidade e que os filhos delas nascidos morriam geralmente em tenra idade.

Seguem-se alguns relatos de estudos realizados sobre o impacto do chumbo nos seres humanos, em particular aqueles que lidam com o metal profissionalmente. O primeiro exemplo, há aproximadamente 70 (setenta) anos, é o estudo que vai abaixo resumido (Commonwealth of Massachusetts, 1937).

Três fábricas foram o alvo desta pesquisa nelas se determinando as concentrações de chumbo e seus compostos no ar bem como a extensão das medidas preventivas adotadas. O método de amostragem é descrito brevemente mas não o método analítico empregado. As fábricas empregavam entre 2 (dois) a 20 (vinte) trabalhadores. Nas salas de montagem onde eram realizadas operações a quente (solda) as avaliações captando o entorno da zona respiratória dos trabalhadores indicavam concentrações de chumbo no ar variando de 9 mg/10 m³ a 61 mg/10 m³ (uma média de 31 mg/10 m³). Note-se o alto volume de captação, mais que dez vezes a maioria dos valores usualmente amostrados hoje em dia, o que pode ser evidência dos métodos de análise correntes à época. Também é de se notar os elevados valores de concentração de chumbo no ar. Uma comparação com nossos valores legais indica a média da sala de montagem na zona de respiração dos trabalhadores mais de 30 vezes o nosso valor legal!

Uma das linhas de trabalho do CESTE (Centro de Estudos de Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana) da Escola Nacional de Saúde Pública – FIOCRUZ é o estudo das condições de trabalho nas fábricas de baterias chumbo-ácidas e os agravos a saúde dos trabalhadores nelas operando. Como fica bem explicitado no segundo exemplo abaixo discutido (Araújo, Piveta & Moreira, 1999).

Os resultados do estudo são preocupantes na medida em que fica exposta claramente a inadequação das condições de trabalho da fábrica amostrada. Os valores apurados a seguir tanto em relação a adequação da atmosfera do ambiente de trabalho quanto às análises de chumbo no sangue dos trabalhadores estão fora dos valores que nos poderiam tranquilizar. Assim é que todos os valores de chumbo no ar estão acima do Limite de Tolerância brasileiro de 0.1 mg/m³ (NR 15). O menor valor obtido foi de duas vezes aquele limite e o maior de vinte e quatro vezes (0,20 mg/m³ e 2,40 mg/m³, respectivamente). O maior resultado bem próximo a média do

estudo anterior. Também como no estudo anterior os valores mais altos foram obtidos nas atividades de montagem das baterias. Também, em relação aos valores de concentração de chumbo no sangue, 55% (cinquenta e cinco por cento) ficaram acima do valor recomendado como nível de alerta que é de 25 µg/dL de chumbo no sangue. A par de realizar um estudo onde são realizadas conjuntamente avaliações ambientais e clínicas, abordagem mais abrangente que grande parte dos trabalhos, é recomendada ao fim uma estratégia de monitoramento ambiental e biológico refletindo a preocupação dos autores com o achado em seu trabalho.

A correlação entre os níveis de protoporfirina de zinco e do teor de chumbo no sangue foi o objeto de pesquisadores da Colômbia (Cardenas-Bustamante, 2001). Cerca de 116 (cento e dezesseis) indivíduos de ambos os sexos operando em 12 (doze) das 20(vinte) indústrias informais de baterias convidadas a participar tiveram o seu sangue analisado. As indústrias analisadas eram empresas familiares onde todos os trabalhadores podem ocupar qualquer posto indistintamente incluindo a reciclagem de baterias descartadas o que envolve o desmonte para recuperação do chumbo a ser reaproveitado. Ao contrário do trabalho anterior este não fez levantamentos a busca de concentrações do metal no ar. Foram sugeridas medidas corretivas em termos de melhorias nas condições de trabalho e chegou-se a conclusão que a protoporfirina de zinco, cuja elevação de nível no sangue pode ser atribuída a presença de chumbo, tem potencial pra ser utilizada como um método de diagnóstico para indicação de envenenamento por chumbo e também como teste de seleção para programas de vigilância na monitoração biológica de trabalhadores expostos ao chumbo.

No estudo que se segue, realizado no estado da Califórnia, e cobrindo o período de 1995 a 1999 (01/01/1995 a 31/12/1999) foram verificados os resultados de chumbo no sangue para 2567 indivíduos. No 'introito' é afirmado que, sendo de conhecimento corrente que a maioria dos trabalhadores expostos ao metal nunca é submetido a um teste de chumbo no sangue, o número informado com certeza subestima a extensão do envenenamento pelo metal na Califórnia. Os laboratórios que realizam este teste são obrigados a reportar análises com resultados iguais ou maiores que 25 µg/dL do metal no sangue ao CHDS (California Department of Health Services, 2002).

A seguir selecionamos alguns dos pontos a que o estudo chegou:

➤ relatos de níveis de chumbo elevado no sangue (≥ 25 µg/dL) foram recebidos para 2567 indivíduos .Destes 557 tinham um valor pico de chumbo no sangue ≥ 40 µg/dL e provavelmente tinham sofrido um sério agravo a sua saúde.

- indivíduos com sobrenomes espanhóis foram representados em flagrante desproporção; a força de trabalho californiana abriga cerca de 28% de hispânicos enquanto que o resultado do trabalho apresenta uma proporção de 52% de indivíduos relatados com aquela origem.
- a maioria das pessoas reportadas ao Registro Californiano de Chumbo Ocupacional no Sangue com elevados níveis do metal trabalhavam em manufaturas (64%) incluindo baterias chumbo ácidas, fundições secundárias de não ferrosos e manufatura de cerâmica para uso não alimentar. Os indivíduos estavam também empregados em construção (18%) e indústrias de serviços. As indústrias de construção incluíam pintura, desmontagem, demolição e alvenaria (fornalhas de fundição de chumbo). O ramo de serviços incluía oficinas de reparos de radiadores e “stands” de tiro ao alvo.

Alguns comentários que se farão ao trabalho:

- na região do mundo que tem um dos maiores, senão o maior número de veículos per capita, não há como duvidar da afirmação do intróito. Fica evidente a cobertura deficiente evidenciada pelo número de casos comunicados.
- quanto a superioridade relativa de sobrenomes de origem espanhola a surpresa seria se outro fosse o achado. O trabalho não registra se outro tipo de parâmetro foi utilizado, cor da pele, por exemplo.
- os dados de teores de chumbo no sangue maiores que 25 µg/dL são cerca de 21% no estudo americano, 52% na primeira campanha do CESTEH, 100% na segunda campanha do mesmo órgão e, para o trabalho colombiano 84% dos valores eram maiores que 38µg/dL. Ressalte-se que o trabalho da Califórnia, diferentemente do brasileiro e do colombiano não era específico para o segmento baterias chumbo ácidas. Entre as ocorrências de contaminação do local de trabalho para casa, o número maior de crianças afetadas tinha os moradores da casa ocupados nas atividades de pintura e reparo de radiadores.

O Health and Safety Executive – HSE (2002) publicou em 27/02/2002 as últimas estatísticas disponíveis àquela época relativas aos níveis de chumbo sanguíneos nos trabalhadores da Grã Bretanha expostos ao metal, como resultado das Control of Lead at Work Regulations (HMSO, 1998). Esses Regulamentos, que substituem os datados de 1980 determinam que todos os trabalhadores com exposição significativa ao chumbo são obrigados a estar sob observação médica por um médico designado ou por um Inspetor Médico do HSE. O documento estipula que empregados de sexo masculino que apresentem concentrações de

chumbo no sangue $\geq 60 \mu\text{g/dL}$ sejam considerados impedidos de trabalhar em atividades que os exponham a chumbo. No caso das mulheres em idade reprodutiva este valor é de $30 \mu\text{g/dL}$. Também é estabelecido para as classes acima níveis de ação ao se atingir a concentração de $50 \mu\text{g/dL}$ e $25 \mu\text{g/dL}$ respectivamente. No documento de 1998 também foram introduzidos níveis de retirada de serviço e ação, respectivamente de $50 \mu\text{g/dL}$ e $40 \mu\text{g/dL}$ para indivíduos jovens abaixo de 18 anos de idade (HMSO, 1998).

Tal como no trabalho da Califórnia, a variável apresentada é o nível de chumbo no sangue. A seguir mencionamos algumas das conclusões do relato:

- -Ocorreu uma adicional forte queda na proporção de trabalhadores do sexo masculino afastados do trabalho com chumbo, embora a proporção tenha permanecido mais alta que no período 1997/1998; para mulheres a proporção cresceu espelhando a subida na proporção daquelas com níveis altos de chumbo no sangue.
- O setor industrial com a mais alta proporção de trabalhadores acima do nível de afastamento era o da indústria de demolição (5,1%) seguido pelo setor de baterias de chumbo (2,1%). Para mulheres, a indústria de baterias continuou como o setor com a mais alta proporção de níveis de chumbo acima do nível de afastamento.
- O número total de pessoas jovens (abaixo de 18 anos de idade) sob supervisão em todos os setores utilizando chumbo continuou a flutuar em torno de 50 indivíduos.

No período 2000/2001 foram relatados 3384 trabalhadores de sexo masculino, 2 menores de 18 anos, e 100 do sexo feminino, 2 menores de 18 anos, na indústria de baterias. Esta indústria era responsável por 21,6% das vagas em um setor que ocupava 16127 indivíduos de ambos os sexos.

O último exemplo, também vem de um outro país da União Européia. Trata-se da base de dados francesa de exposição aos agentes químicos COLCHIC criada em 1987 por instigação da Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAMTS), que vem desde aquela data coletando e analisando trabalhos relacionados à exposição ocupacional. As medições são realizadas pelos oito laboratórios interregionais de Química das Caixas Regionais de Seguro-Doença e pelos laboratórios especializados do Institut National de la Recherche Scientifique (INRS). Cada intervenção em um estabelecimento dá lugar a constituição de um "dossier" nos quais são codificadas as informações relativas ao estabelecimento e às medidas efetuadas seja:

- coordenadas administrativas do estabelecimento (setor de atividade, região...)

- condições de realização das amostragens (volume, duração, método, tipo de amostragem...)
- condições analíticas

O valor limite de exposição ocupacional (VME) foi fixado em $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para um período de referência de 40 (quarenta) horas semanais. A partir de 15 de setembro de 1998 desde que a concentração no ambiente seja inferior a $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e que nenhuma medição de concentração de chumbo no sangue seja superior a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ firma-se que o estabelecimento não seja submetido a controle periódico da exposição ao chumbo. Em caso contrário o estabelecimento deverá proceder a medidas de exposição obedecendo uma frequência determinada em função dos níveis de exposição medidos sendo que a menos rigorosa corresponde a um controle por ano da exposição (Vincent, 2002).

Tal como o trabalho da Califórnia a base de dados citada no trabalho é multiocupacional, mas, diferentemente do trabalho americano, foram apresentados mais detalhes. Assim é que, até julho de 2000 foram coletadas e analisadas 14822 amostras sendo que 9256 (cerca de 62%) foram amostragens do tipo pessoal realizadas em 1018 estabelecimentos. Os 5566 resultados restantes foram amostragens do tipo ambiental em 876 estabelecimentos. Para as amostragens do ambiente cerca de 15% dos resultados apresentaram medidas superiores ao VME ($>150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). No caso das amostragens individuais cerca de 36% dos resultados foram acima do valor.

A aplicação da NR 15, Anexo 11, lembrando, amostragens espaçadas de um mínimo de vinte minutos, pelo menos 10 amostras por ponto, e utilizando 12 amostras de 15 minutos, o que pode bem ser efetuada em uma jornada de oito horas, nos dará uma amostra total de 360L se utilizarmos uma vazão de amostragem de 2 L/min bastante comum e dentro da faixa da aplicação dos métodos que foram comentados. Ora, a faixa de maior percentagem de minutos de duração da amostragem para a parte individual do estudo francês é aquela de 120-480 min (no nosso exemplo 12 amostras x 15min/amostra = 180min). Como a maior parte das amostragens pessoais (95,5%) do estudo francês foi baseada na norma NF X 43-256 e que prescreve uma vazão de amostragem de 1 L/min podemos dizer que a maior parte dos volumes daquele estudo ficou na faixa de 120 a 480 L.

Recordando que um volume de amostra de 360 L é bastante compatível com a aplicação do ANEXO 11 da NR 15 verificamos que a aplicação das normas brasileiras de amostragem

nos leva a resultados com muita possibilidade de comparação com os estudos franceses.

Também do estudo francês verifica-se que , para a atividade de fabricação de acumuladores e pilhas elétricas (CODE NAF 31.4), 70,4% dos resultados das 605 amostragens pessoais resultaram em valores $> 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Como o objetivo do estudo foi a apresentação da análise feita nas condições da atmosfera dos ambientes de trabalho não foram apresentadas medições de parâmetros biológicos embora nas condições explicitadas pelos franceses fica bem clara a necessidade da realização de análises de sangue e estudo de seus resultados para uma maior ou menor frequência de amostragens ambiente por ambiente. De fato, dos estudos apresentados, apenas o do CESTEH-FIOCRUZ colocou em paralelo resultados de campo. Acredito que, mais e mais, a necessidade deste tipo de apresentação será contemplada de modo a melhor poderem ser baseadas e dirigidas as intervenções voltadas à melhoria das condições de trabalho.

Para concluir, embora como apontou-se, o chumbo afete preferencialmente aqueles que com ele lidam no trabalho, pelas suas características e toxidez todos e em qualquer idade estão sujeitos a serem por ele afetados.

Bruce Lanphear (2003) do Hospital Infantil de Cincinnati , Ohio refutou a crença de que apenas concentrações de chumbo no sangue acima de $10 \mu\text{g}/\text{dL}$ ofereceriam riscos. Essa notícia foi veiculada em “O GLOBO” de 19/04/03 - página 22.

A crença anterior era esposada pela OMS e tinha sido defendida (CDC, 1991) e a pesquisa foi aquela na qual trabalhou o pediatra Bruce Lanphear (2003) e que afirmou – “nossa pesquisa mostrou que não há um percentual mínimo de chumbo que impeça os efeitos adversos da exposição ao metal”. As afirmações do pediatra basearam-se na constatação de problemas em crianças que apresentavam concentrações menores que o limite de $10 \mu\text{g}/\text{dL}$ no sangue. Confirmando o já relatado anteriormente (Lanphear *et al.*, 2001) Também, segundo a mesma reportagem, nos EUA e na Grã-Bretanha, as principais fontes de contaminação por chumbo são as tintas antigas e os encanamentos de água. Veja-se também Canfield *et al.* (2003).

E, por último mais uma notícia do mesmo jornal datada de 28/04/03, a página 22, em que se comenta o lançamento, após minuciosos estudos envolvendo inclusive sementes preservadas a quase 2000 (dois mil anos). Trata-se do vinho originalmente consumido na

cidade de Pompéia destruída pelo vulcão Vesúvio em 79 AD. Segundo o técnico da empresa responsável pela recriação do vinho procurou-se no produto atual uma qualidade diferente daquela do produto original. Também, segundo ele, este era diluído com água e às vezes misturado com óleo para conservação pois constantemente era transportado em ânforas de argila em barcos e carroças e enfrentava longas viagens com mudanças de temperatura ambiente. Para disfarçar o gosto de vinagre se usavam especiarias, algas e mel. No inverno o vinho era aquecido. Na reportagem nada se mencionou em relação ao uso do chumbo. Pelo menos para quem sabia das práticas romanas de uso do metal como conservante o nome a ser usado para o vinho Villa dei Misteri (em português, Vila dos Mistérios) , em alusão a um dos principais locais de Pompéia, vem bem a calhar.

2.1.5 Riscos do Chumbo - Formas de Controle e Proteção

Muitas convenções internacionais já reconheceram a importância da exposição ao chumbo como um assunto chave de Saúde Pública – por exemplo a Convenção sobre os Direitos das Crianças em 1989, a Agenda 21 adotada pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento em 1992, a Declaração do OECD sobre a redução dos riscos do chumbo, a Notificação do Governo da Índia (Ministry of Environment and Forests, 2001) dizendo respeito às várias atividades relativas a fabricação, acondicionamento e uso de baterias e a também bastante recente Convenção de Basileia (UNEP, 2002). No Brasil é de se mencionar a Resolução CONAMA Nº 257, de 30 de junho de 1999 e publicada no Diário Oficial da União em 22 de julho do mesmo ano que, no seu “Caput” menciona os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de pilhas e baterias usadas e a necessidade de disciplinar o descarte e a gerência ambientalmente adequados das operações, envolvendo pilhas e baterias usadas no sentido das ações que com citados resíduos se pretendessem, por exemplo, reutilização, reciclagem etc. (CONAMA, 1999).

Neste trabalho são apresentados métodos de amostragem e análise de chumbo no ar. Toda vez que partículas dispersas no ar depositam-se nas vias aéreas superiores ou nos pulmões elas têm o potencial de causar danos seja localmente ou subseqüentemente em qualquer outra parte do corpo. Partículas que permanecem muito tempo no interior do organismo, apresentam um potencial aumentado para causar doenças. Daí porque o material particulado inalado é um fator importante em relação a avaliação e controle do ambiente. Os higienistas ocupacionais devem visualizar o ambiente de trabalho como um todo; todos os

agentes e fatores que possam levar a qualquer exposição perigosa devem ser acessados no sentido de preveni-los ou controlá-los (WHO, 1999).

Para melhor entender as providências que deveriam ser tomadas para reduzir o risco de envenenamento por chumbo deve-se compreender que algumas são melhor percebidas em um contexto de saúde ocupacional e outras de caráter mais geral, porém não menos importante, envolvem a utilização e/ou contacto não intencional ou desavisado. Na verdade muitas das pessoas que utilizam o chumbo profissionalmente o fazem desconhecendo riscos e formas de se proteger. Em muitos países, principalmente aqueles em desenvolvimento, esta é uma grande preocupação e fonte de afecções da classe trabalhadora, principalmente. Isto não quer dizer que as afecções devidas ao chumbo só recentemente foram descobertas, muito pelo contrário. Fica claro (Needleman, 2002; Ramazzini, 1999), que não está se falando de problemas descobertos devido a coisas “novas” como, por exemplo, as mutações genéticas devido a Talidomida ou às bifenilas policloradas (PCB's) utilizadas como fluidos em transformadores ou em outros equipamentos elétricos..

Muitas vezes medidas de caráter geral, em grande parte simples, nos ajudam a prevenir a ocorrência de problemas piores. Devem ser consideradas no planejamento de campanhas de esclarecimento por exemplo, como as que se seguem:

- Eliminar aditivos contendo chumbo, na gasolina;
- Reduzir ou eliminar tintas a base de chumbo;
- Eliminar o uso do chumbo (por exemplo, em soldas) em recipientes para alimentos;
- Identificar, reduzir, eliminar o chumbo usado em remédios e cosméticos tradicionais
- Minimizar a possibilidade de solubilização do chumbo em sistemas de tratamento e distribuição de água;
- Melhorar o controle sobre a exposição do chumbo nos ambientes de trabalho;
- Melhorar a identificação das populações com alto risco de exposição com base em sistemas de monitoração;
- Melhorar os procedimentos de avaliação de risco para a saúde;
- Melhorar a promoção do entendimento e consciência acerca do problema;
- Aumentar a ênfase dirigida à nutrição adequada, à assistência à saúde e atenção às condições sócio-econômicas que possam exacerbar os efeitos do chumbo;
- Desenvolvimento de programas internacionais de controle de qualidade analítica

Medidas acima devem ser consideradas na implementação e/ou operação de programas

de saúde abrangentes. Fábricas de baterias chumbo-ácidas apresentam muitos problemas como veremos a seguir.

Sabe-se que na fabricação de uma bateria chumbo-ácida entram muitas matérias primas, logo o processo de aquisição e transporte dessas incluindo a sua armazenagem e disposição de embalagens usadas e resíduos deveria incluir as práticas de conservação de recursos e os cuidados com a vizinhança.

No interior da fábrica a atenção deve, entre outras coisas, se preocupar com a movimentação de mercadorias, matérias primas e produtos acabados.

As operações que sabidamente são fontes potenciais de emissão de fumos, poeiras, vapores devem ser objeto de medidas do tipo enclausuramento/ventilação de modo a não deixar que um problema localizado e solucionável por práticas de engenharia ambiental se transforme numa fonte de risco para os trabalhadores.

A experiência de atividades semelhantes deve servir de exemplo se estamos pensando em iniciar uma nova atividade.

A prioridade, sempre presente, em relação aos cuidados com a vizinhança, nos obriga a utilizar os princípios de boa técnica de modo a evitar que as emissões pontuais e fugitivas sejam motivo de transtornos e riscos .

E verdade que, mais e mais, os países desenvolvidos têm proibido operações e atividades sabidamente poluidoras obrigando a transferência destas para os países em desenvolvimento com incalculáveis danos ambientais.

3. MÉTODOS DE AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE CHUMBO E SEUS COMPOSTOS APLICÁVEIS A AMBIENTES FECHADOS

3.1 Considerações Iniciais

O conhecimento dos impactos ambientais do chumbo e, em particular sobre aquelas pessoas que de alguma maneira lidam com o material, tem impulsionado as autoridades e os meios científicos a realizar pesquisas e estudos de modo a melhor atacar o problema. Como já foi apontado, os seres vivos em geral, e os seres humanos, a prioridade deste trabalho, podem assimilar o chumbo e seus compostos por algumas “portas de entrada” de seus organismos. O metal, por exemplo, sob forma de fumos metálicos, pode penetrar o corpo humano pelas vias respiratórias e chegar até os pulmões.

Nos últimos anos tem sido feito um grande progresso no estudo das condições dos ambientes de trabalho e, de como elas afetam os trabalhadores. Para um grande número de substâncias e elementos tem sido determinadas as concentrações seguras, por exemplo, sob forma de material particulado no atmosfera, permitindo um trabalho sem conseqüências danosas para sua saúde. Mais adiante este tema será discutido mais precisamente.

Estas concentrações, presentemente admitidas como seguras, não são números estáticos e, com o decorrer das pesquisas, valores anteriormente admitidos de serem encontrados nos ambientes de trabalho, supostamente sem efeitos adversos para a saúde dos trabalhadores, podem vir a ser revistos.

Por outro lado, o fato de se dispor de números – e as concentrações são relações quantitativas – as determinações de concentrações feitas nos ambientes de trabalho vão ao final ser comparadas com os valores legais. Logo uma necessidade real é a de métodos de medição.

Como afirma Carnap & Gardner (1995) se os fatos da Natureza têm de ser descritos por conceitos quantitativos – conceitos com valores numéricos – nós temos de ter procedimentos para chegar a estes valores.

Desde há muito tempo os efeitos do chumbo sobre a saúde humana eram conhecidos.

Muito mais tarde porém, começaram a se estabelecer determinações quantitativas relacionadas com esta ameaça, isto é, entre outras, concentrações de chumbo na atmosfera e em amostras retiradas dos trabalhadores. Nós podemos fazer determinações de chumbo, outros elementos e substâncias amostrando:

- a atmosfera do ambiente de trabalho a ser avaliado;
- a chamada zona de respiração do trabalhador próximo ao seu nariz;
- a poeira depositada sobre superfícies;
- a determinação do que se quer medir, direta ou indiretamente, num fluido biológico, sangue ou urina;
- a determinação “in vivo” através de um exame de fluorescência de Raios X aplicada, por exemplo, a chumbo, mercúrio e outros elementos;

Mesmo quando se têm métodos quantitativos respeitados e utilizados como referência pode ocorrer a necessidade de atendermos a condições particulares ao local pesquisado, aos recursos disponíveis etc... Neste caso fica bem patente a importância do conhecimento detalhado do local a ser estudado, do que se espera achar em termos de composição do material amostrado e do que fazer com os resultados obtidos. É de suma importância que não se perca tempo e dinheiro produzindo dados que não nos servirão para uso posterior. Em se tratando de decisões que poderão afetar a saúde e o bem estar de quem trabalha no local estudado ou poderão levar a decisões que afetarão de maneira mais ampla muitos participantes da mesma atividade em locais diferentes não é demais exercer cuidadosa atenção. O que se dá, em termos de operações realizadas no entorno do posto de trabalho alvo do estudo nos fornecerá subsídios na solução de problemas, na correção de situações que estejam em desacordo com as normas e a legislação vigentes e na implementação de novas medidas de caráter preventivo e corretivo.

Nas fábricas de baterias, ver-se-á adiante, está bem estabelecida a existência de riscos de diferentes categorias. Assim sendo, conhecer estes riscos e determinar como evitá-los se constitui no trabalho de profissionais com variadas formações. Poderão coexistir num local determinado, riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e acidentais, sendo que, se alguns são de maior significância para determinadas tarefas, poderão ocorrer, mesmo em atividades não diretamente relacionadas com a manufatura, como, por exemplo, a presença de chumbo em análises feitas no sangue de trabalhadores das áreas de apoio.

Já se definiu o que se considera exposição e como ela se dá. Os limites de exposição são os parâmetros que servem de base para a caracterização do risco e, especialmente para o

controle das exposições a riscos ambientais nos locais de trabalho. A partir de 1994 com a nova redação dada a NR-9 da Portaria 3214/78 que introduziu os limites da ACGIH como aqueles a utilizar sempre que inexisterem na legislação brasileira padrões para os riscos a considerar, a ABHO – Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais tem publicado sob um formato de fácil manuseio estes padrões.

Como será mostrado, também, não há muita discordância entre os especialistas, em relação a metodologia de coleta e análise. De fato, entidades como a ACGIH dos Estados Unidos da América, desenvolveram estudos tão abrangentes e minuciosos que os valores limites de exposição são utilizados subsidiariamente por outros países, como por exemplo, no caso do Brasil.

3.2 Valores Limite de Exposição e suas Definições

As definições da ACGIH (1999) para limites de exposição (TLVs) seguem abaixo:

a) **LIMITE DE EXPOSIÇÃO – MEDIA PONDERADA (TLV-TWA, Threshold Value Limit - Time Weighted Average)** – é a concentração média ponderada pelo tempo para uma jornada normal de trabalho de 8 (oito) horas diárias e 40 (quarenta) horas semanais, para qual a maioria dos trabalhadores pode estar repetidamente exposta, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos a sua saúde.

b) **LIMITE DE EXPOSIÇÃO – EXPOSIÇÃO DE CURTA DURAÇÃO (TLV-STEL, Threshold Limit Value – Short Term Exposure Limit)** – é a concentração a que os trabalhadores podem estar expostos continuamente por um período de tempo sem sofrer - 1) irritação; 2) lesão tissular crônica ou irreversível; ou 3) narcose em grau suficiente para aumentar a predisposição a acidentes, impedir o auto-salvamento ou reduzir significativamente a eficiência no trabalho, cuidando-se para que o Limite de Exposição – Média Ponderada (TLV-TWA) não seja ultrapassado. O STEL não é um limite de exposição independente e sim um limite suplementar ao Limite de Exposição-Média Ponderada (TLV-TWA), nos casos onde são reconhecidos efeitos tóxicos agudos para substâncias cujos efeitos tóxicos são primordialmente de natureza crônica. Os STEL's são recomendados somente quando já foram relatados efeitos tóxicos em seres humanos ou animais como resultados de exposição em curtos períodos.

c) **LIMITE DE EXPOSIÇÃO-VALOR TETO (TLV-C, Threshold Limit Value-Ceiling)** – é a concentração que não pode ser excedida durante nenhum momento de exposição do trabalhador.

Quando, nas práticas tradicionais de Higiene Industrial, o monitoramento não for factível, podem ser utilizadas avaliações de 15 (quinze) minutos de duração para verificar o cumprimento do TLV-C exceto para aquelas substâncias capazes de causar irritação imediata em exposições mais curtas.

O Comitê de Limite de Exposição para Substâncias Químicas da ACGIH é de opinião que os TLV's baseados em irritações físicas não devem ser considerados menos obrigatórios que aqueles baseados em danos físicos. Existem evidências crescentes que a irritação física pode iniciar, favorecer ou acelerar os danos físicos, pela interação com outros agentes químicos ou biológicos.

Comparados com os valores da ACGIH, para os Estados Unidos, $0,05 \text{ mg/m}^3$ no ar-TLV-TWA o padrão brasileiro expresso no ANEXO 11 (onze) da NR 15, no seu Quadro 1, é $0,10 \text{ mg/m}^3$ é definido como um Limite de Tolerância, abreviadamente LT, avaliado nas condições que se seguem – A avaliação das concentrações dos agentes químicos através dos métodos de amostragem instantânea, de leitura direta ou não, deverá ser feita pelo menos em 10 (dez) amostragens para cada ponto- em nível respiratório do trabalhador. Entre cada uma das amostragens deverá haver um intervalo de, no mínimo, 20 (vinte) minutos. Esta é a integra do item de número 5 (cinco) da apresentação do citado anexo. Ademais, o quadro dois do Anexo 11 indica o fator de desvio (FD) destinado a apontar situações de risco grave e eminente à saúde. Estas situações são aquelas em que na medição das concentrações no ar é ultrapassado um valor máximo. Este valor máximo é obtido da seguinte maneira: valor máximo = L.T. x F.D., onde L.T. = limite de tolerância para o agente químico segundo o quadro nº 1 do Anexo; F.D. = fator de desvio, segundo definido no Quadro nº 2 do Anexo.

Como a L.T. do chumbo situa-se na faixa de 0 a 1 (ppm ou mg/m^3), o F.D. do metal é 3 e o valor máximo é: $0,1 \text{ mg/m}^3 \times 3 = 0,3 \text{ mg/m}^3$

As condições de medida do volume amostrado são – “ nas condições de 25°C de temperatura e 760mm de mercúrio pressão atmosférica. Estas são as mesmas condições de medida de volume explicitadas pela ACGIH, entidade já mencionada. Menção especial deve ser feita em relação jornada semanal da NR 15 para qual os limites são válidos, isto é uma duração de até 48 horas semanais.

Quadro 1: Quadro 2 da NR 15 Anexo 11.

| LT (ppm ou mg/m ³) | F.D |
|-----------------------------------|------|
| 0 a 1 | 3 |
| 1 a 10 | 2 |
| 10 a 100 | 1,5 |
| 100 a 1000 | 1,25 |
| Acima de 1000 | 1,1 |

No Japão, temos os OEL-M ou Limite de Exposição Ocupacional-Média (LEO-M em português), que se entende como a concentração na qual ou em valor abaixo dela não são esperados efeitos adversos de saúde nos trabalhadores exercendo suas atividades oito horas por dia em cinco dias por semana (quarenta horas semanais) sob uma carga de trabalho moderada. É recomendado que exposição acima deste valor seja evitada mesmo quando a duração seja curta ou a intensidade do trabalho leve. Se valores médios e duração da exposição correspondendo a segmentos de atividades variadas podem ser medidos ou estimados, então uma concentração global de exposição pode ser determinada como uma concentração média ponderada em relação ao tempo. O valor do OEL-M para o chumbo estipulado pela JSHO (Japan Society for Occupational Health) é 0,1 mg/m³ (Sakurai, 1997).

Em relação a composição do material a que a norma brasileira se refere fica expresso que se está focalizando o chumbo elementar, isto é, chumbo metálico e compostos inorgânicos de chumbo. Isto por que a norma brasileira, no seu item 2 (dois), afirma que os valores do Quadro 1 são válidos para absorção apenas por via respiratória e, como já se mencionou, compostos organometálicos de chumbo também têm uma grande capacidade de penetração pela via cutânea. No caso de fábricas de baterias chumbo-ácidas os poluentes esperados nas atmosferas dos ambientes de trabalho, são os óxidos de chumbo e o chumbo elementar sob forma de fumos metálicos. A via cutânea seria uma preocupação secundária para a atividade referida já que não se espera a presença de organometálicos nessas atmosferas.

Uma outra preocupação a considerar seria o estabelecimento de padrões de qualidade do ar. Estes são padrões aplicáveis a população em geral. Se aplicam indistintamente a população vizinha a uma fábrica que trabalhasse, para nosso exemplo, manufacturando baterias e trabalhando com chumbo ou a uma população que vivesse num subúrbio residencial ou em

outro qualquer local.

Muitas são as sugestões em relação a que valores seriam adequados para estabelecer como limites para a população em geral. Esta expressão abrange desde a pessoas de tenra idade até idosos com a saúde abalada. Estas duas faixas da população são os grupos mais sensíveis em termos de agressões ambientais. De um lado indivíduos em que o sistema imunológico ainda não está totalmente desenvolvido e, no outro, pessoas onde já puderam ter se instalado problemas passíveis de ocorrer em pessoas mais idosas, afecções respiratórias, por exemplo. É fato corrente que, no bastante registrado e estudado episódio de poluição atmosférica em Londres, nos anos 50 do século XX, as maiores conseqüências foram sentidas nestas faixas etárias. Por outro lado, com uma distribuição etária diferente, vamos encontrar a população com outros problemas e hábitos específicos que podem agravar as conseqüências de uma atmosfera poluída. No caso estamos nos referindo a atmosfera como sinônimo para o ar livre.

Uma das práticas utilizadas por muitos estados americanos para poluentes atmosféricos é partir dos TLV-TWA's para estabelecer padrões de qualidade do ar para a população em geral. Deve-se ter em mente que estamos partindo de valores estabelecidos para uma população "saudável", já que é esperado que um trabalhador faz parte de uma fração da população em geral passível de ser melhor monitorada e protegida e que na, maioria dos casos, passa oito horas no seu ambiente de trabalho retirando-se depois para sua casa.

Parte-se então dos valores TLV-TWA para o agressor ou agressores considerados. Considerando-se uma semana de cinco dias de trabalho e oito horas diárias teremos 8 horas/dia vezes 5 dias/semana = 40 horas semanais. Já qualquer pessoa, morando ou não, perto de uma atividade poluidora, poderá estar lá vinte e quatro horas por dia nos sete dias da semana totalizando 24 horas/dia vezes 7 dias/semana = 168 horas.

Em adição, ao se dividir 168 horas por 40 horas, chega-se a um valor igual a 4,2. Este seria o fator destinado a ser aplicado ao TLV-TWA para adaptar à população em geral os valores dos ambientes de trabalho, distribuindo carga do agente por um período maior de tempo. Mas como já se trata de uma concentração do agente por uma população menos protegida, é sugerido multiplicar-se o número obtido (4,2) por um fator adicional igual a 10.

Desta forma o valor da concentração supostamente segura do agente para a população em geral seria igual ao TLV-TWA da ACGIH dividido por $4,2 \times 10 = 42$. segundo Rich (1988), outros usuários utilizam fatores ainda maiores, 100 por exemplo.

Dividir por 42 é então uma prática bem difundida e, bem simples também, de chegarmos a valores de aplicação geral. Assim, dividindo o TLV-TWA da ACGIH para o chumbo que é de $0,05 \text{ mg/m}^3$ por 42 teremos um valor de $1,2 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ o que é ainda mais rigoroso que o valor estabelecido pela Agência de Proteção Ambiental da América do Norte (EPA) que é de $1,5 \text{ }\mu\text{g/m}^3$. Deve-se ressaltar que o divisor acima tem sido empregue com frequência. Se dividíssemos o valor de $0,1 \text{ mg/m}^3$ da NR 15 chegaríamos a cerca de $2,4 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ a ser utilizado como referência para a população brasileira caso esta prática fosse aprovada aqui. Só que não encontramos referências brasileiras em relação ao assunto. Deve-se levar em conta também as diferenças de definição entre a ACGIH e as normas brasileiras inclusive no que se refere às horas de trabalho semanais. De qualquer maneira é interessante esta utilização “compartilhada” de padrões, e as vantagens daí advindas, incorporando o conhecimento acumulado pelas entidades de higiene ocupacional para melhor servir aos interesses da população como um todo. Vale ressaltar que essa abordagem não é específica para o chumbo tendo sido utilizada para outros agentes. Ressalte-se que Sakurai (1997) no documento da JSOH já citado, adverte no seu item 7, sobre a não aplicabilidade dos OEL's, como valor de referência, em ambientes não ocupacionais. Prática, como já mostrado, oposta àquela descrita como usual em alguns estados americanos do norte.

Limites de Tolerância podem apresentar limitações no seu emprego e em alguns casos deixar de proteger todos o que exercem suas funções em determinadas operações e para determinados agentes. Vale apontar que, no caso particular do benzeno e apesar da indicação da ACGIH de um valor de LT para o mesmo, a legislação brasileira (NR 15, Anexo 13-A), por entender que não se pode assegurar um limite seguro resolveu estabelecer um índice denominado VRT (Valor de Referência Tecnológico). Diferentemente de um valor de LT o VRT reconhece que, face às características cancerígenas do benzeno o trabalhador não tem sua incolumidade assegurada mesmo que fique exposto a valores de concentração permanentemente abaixo daqueles recomendados pela ACGIH (Araújo, Benito & Souza, 2002).

3.3 Procedimentos de Amostragem

Como já anteriormente mencionado, podemos analisar o chumbo no ambiente de trabalho seja num ponto ou pontos quaisquer desse ambiente ou, com um dispositivo (dosímetro), afixado de alguma maneira no trabalhador, na lapela de sua camisa ou macacão, por exemplo, nas proximidades da zona respiratória. Esta disposição, reflete mais

precisamente as condições às quais estaria submetido aquele trabalhador em particular, fossem as suas atividades exercidas num posto fixo de trabalho ou envolvessem deslocamentos ritmados ou não. Para outros tipos de amostragem de chumbo, incluindo a amostragem de material depositado em superfícies, faremos menção adiante.

Os métodos de análise mais antigos e menos sensíveis envolviam a coleta de maiores volumes de amostra de modo a captar maior quantidade do material a ser analisado, mesmo levando-se em conta que nas fábricas pesquisadas em eras mais remotas as atmosferas pudessem estar mais contaminadas em face de legislações menos rigorosas e processos de controle pouco sofisticados, aliados a conhecimentos na área médica menos profundos em relação aos impactos do chumbo e seus compostos. No primeiro exemplo dado de monitoração ambiental em fábrica de baterias já descrito o processo de coleta era feito utilizando tubos de vidro em que uma de suas entradas é ligada a uma bomba e pela outra o ar coletado é amostrado e borbulha em um meio líquido apropriado. Este ar assim coletado deixa retido no meio líquido o que se quer amostrar e analisar. O volume é também medido permitindo medições de concentração expressas em peso/volume. No caso do nosso exemplo a descrito no capítulo 1 o amostrador utilizado foi o “Greenburg Smith Impinger”. O termo impinger pode ser traduzido como frasco borbulhador.



Figura 1. Um modelo de frasco borbulhador (impinger). Catálogo SKC, Comprehensive Catalog and Air Sampling Guide, International Edition, 2002/2003.

A abordagem mais usual atualmente é a que se aplica aos métodos de análise recomendados pelo NIOSH (1994). Diferentemente da anterior é uma amostragem que deixa retido o material amostrado em um meio seco, no caso um filtro de material adequado. Estes procedimentos de análise são os de número 7082 – Chumbo por Espectrofotometria de Absorção Atômica/AAS (abreviatura em inglês), 7105 – Chumbo por Espectrofotometria de Absorção Atômica- Forno de Grafite/GFAAS (abreviatura em inglês) e 7300 – Espectrofotometria de Absorção Atômica por Plasma/ICP-AES (abreviatura em inglês). Estes três métodos são praticamente utilizados de forma global com pequenas variantes.

Outras entidades respeitadas, por exemplo a ISO, também possuem métodos padronizados com diferenças mínimas e que não impedem a comparação de resultados (ISO, 1993). Portanto analisando os métodos NIOSH vai ser feita uma cobertura bem representativa. A menção de modelos e fabricantes serve apenas como referência, sem nenhum tipo de indicação e ou aprovação. É evidente que, quando mencionados, os fabricantes são bem conhecidos no mercado e seus fornecedores tradicionais.

Para os métodos de análise acima mencionados o conjunto amostrador consiste de:

- Bomba amostradora capaz de trabalhar à vazão recomendada com o meio amostrador em linha – por exemplo a SKC modelo 224-44XR
- Calibrador de vazão de ar – por exemplo o SKC CAT 717-01
- Porta- filtros (cassetes) – por exemplo o SKC CAT 225-3
- Dispositivo de fixação do porta-filtros

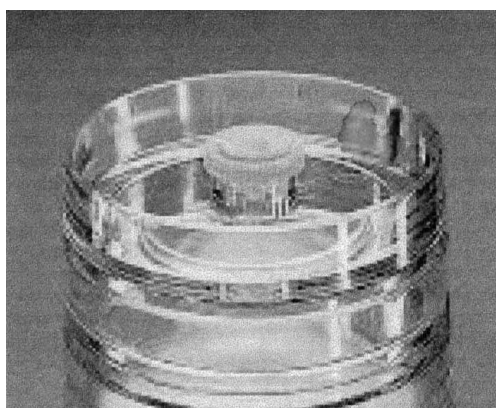


Figura 2. Cassete porta-filtro de 37mm (Institut National de Recherche et Sécurité, 2001).

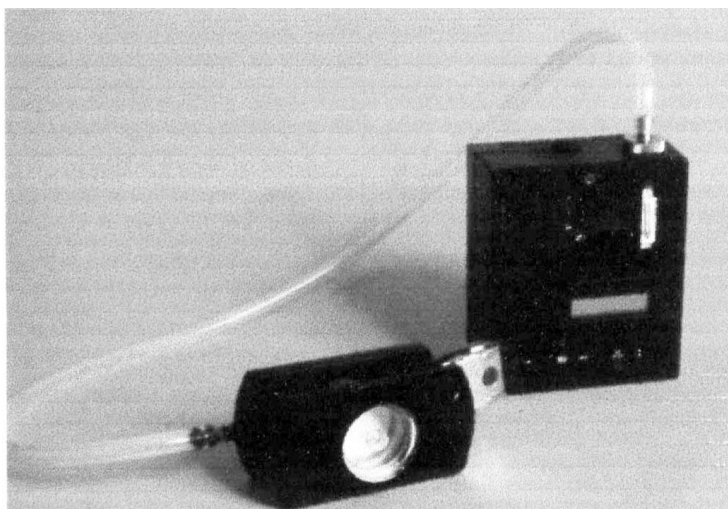


Figura 3. Dispositivo porta cassette para medição individual e bomba respectiva (Institut National de Recherche et Sécurité, 2001).

Quanto às condições de amostragem tais como descritas encontramos no NIOSH (1994) as seguintes determinações:

- Amostrador – Filtro-éster de celulose com poros de 0,8 μ
- Vazão de amostragem 1(um) a 4 (quatro) L/min
- Volumes recomendados para a análise (mínimo/máximo)
- Método 7082 – (200L a uma concentração de chumbo no ar de 0,05 mg/m³/1500 L)
- Método 7105 – (1L a uma concentração de chumbo no ar de 0,05 mg/m³/1500 L)
- Método 7300 – (mínimos e máximos dependem das condições)

Basicamente para os três métodos acima e, para a maioria dos seguintes, seguem-se oito passos que serão apenas mencionados por julgarmos fora do nosso interesse um detalhamento maior:

1. Preparação do filtro para análise
2. Calibração da bomba
3. Amostragem da atmosfera selecionada seguindo os padrões pré-selecionados
4. Observa-se o período correto de tempo de amostragem com a vazão previamente calibrada
5. Desligue a bomba e anote o tempo de amostragem
6. calibre a bomba com o meio filtrante representativo verificando se não houve variação de mais de 5% (cinco).
7. Envie, juntamente com os filtros com amostra, “brancos”, isto é, filtros do mesmo lote de fabricação sujeitos às mesmas operações, isto é, carga, selagem e transporte, exceto que nenhuma amostra por eles passou.
8. Embale os filtros com amostra, filtros “brancos” e todas as informações pertinentes, de maneira segura, para o laboratório.

Os procedimentos descritos acima são os que, na maioria dos casos, se aplicam para amostrar chumbo na atmosfera. De fato, eles não têm nada de exclusivo em relação ao metal e são empregados como um procedimento de uso geral na avaliação de atmosferas de ambientes de trabalho. O metal, no entanto, poderá ser avaliado com outros aparatos e técnicas que serão apontados a seguir:

O método NIOSH 7701 – Voltametria por Redissolução Anódica usa o conjunto de amostragem anteriormente citado para os métodos 7082, 7105 e 7300.

O método NIOSH 7702 – Fluorescência de Raios X também utiliza o mesmo

procedimento de amostragem anterior.

O método NIOSH 7505 – Sulfeto de Chumbo por Difração de Raios X utiliza um conjunto amostrador algo diferente dos anteriores com o acréscimo de um ciclone para seleção do material por tamanho de partícula a montante do conjunto já descrito para os métodos anteriores.

O método 7700 – Chumbo no Ar por Spot Test Químico – emprega o mesmo conjunto de amostragem já descrito.

Finalmente, o método NIOSH 9100 – Chumbo em Superfícies utiliza gabaritos vazados de 10 (dez) cm por 10 (dez) cm, semelhantes a molduras, cobrindo uma área de 100 (cem) cm². Este gabarito é justaposto sobre a superfície a ser amostrada. A seguir a área delimitada é esfregada com toalhas de papel descartáveis umedecidas. As toalhas utilizadas são após processadas e o material assim obtido é analisado por um método convencional (NIOSH 7105, por exemplo). O material com que são feitos os gabaritos pode ser plástico ou metal. No caso de superfícies onde não possa ser aplicado o gabarito pode ser utilizada a técnica de delimitar-se a área com fita gomada e com uma régua ou trena medirem-se as dimensões e, por simples cálculo, chegar-se a área amostrada.

Em relação ao ácido sulfúrico eletrólito das baterias, que é vertido nas baterias em uma das últimas etapas do processo, também existem na literatura referências de órgãos especializados da área de segurança e higiene do trabalho (INRS, 2002).

3.4 Procedimentos Analíticos

No item anterior apresentaram-se equipamentos e procedimentos relacionados com a amostragem. Deu-se ênfase a amostragens atmosféricas. Estas não são o único meio de se verificar a presença de chumbo num ambiente de trabalho, embora não se discuta a sua importância capital para o diagnóstico e projeto de métodos de controle que nos possibilitem o melhor conhecimento e, por via de consequência, a implementação de ações corretivas quando for o caso.

Também, como nos procedimentos de amostragem, os métodos de análise vêm seguidamente sofrendo os impactos de outras áreas de estudo, por exemplo, a micro eletrônica, e cada vez podendo detectar quantidades menores do que se quer determinar.

Podemos, em análise química, fazer determinações qualitativas e quantitativas. Na primeira modalidade, apenas determinamos elementos ou substâncias que por ventura estão presentes. No caso de amostras de origem desconhecida pode ser uma tarefa bastante trabalhosa. Se estamos analisando uma amostra de proveniência conhecida, pode-se com razoável certeza saber o que esperar. Dependendo da sensibilidade do método empregado pode-se determinar pequenas quantidades de material. Seja por exemplo a determinação de chumbo pelo rodizonato de sódio (Feigl, 1949). É um entre outros métodos já conhecidos há muito tempo. Com o rodizonato de sódio conseguimos por observação não instrumentada um limite de detecção de 0,1 µg de chumbo em um volume de 1 gota (igual a 0,05 mL) o que é equivalente a 2 ppm (partes por milhão).

Deve-se enfatizar que esta estimativa é apenas uma aproximação e não pode ser usada como medida efetiva de quantidade já que a observação é feita por pessoas e pode variar, principalmente com quantidades muito pequenas, de um para outro observador. Já, se o objetivo é realizar determinações quantitativas, terão que ser utilizadas outras técnicas e operações. Antes da verdadeira revolução da análise instrumental não se podiam determinar quantidades muito pequenas de material pois se dependia de muitas operações onde a possibilidade de perda e a aparelhagem existente eram, por assim dizer, impeditivos reais. O método colorimétrico de estimativa de quantidades de chumbo, útil para determinação de pequenas quantidades do metal em água, podia determinar quantidades de 1mg. por litro (1 ppm) do metal na água e envolvia uma comparação com intervenção de observador humano e portanto mais sujeita a variações individuais (Scott & Furman, 1950).

Os métodos mais recentes de determinação quantitativa são muito mais sensíveis. Não é demais, descrever, bem sucintamente, como se faz a avaliação dos diversos fatores a serem considerados atualmente na apreciação desses métodos. O Inorganic Methods Evaluation Protocol (OSHA, 2001) esclarece acerca das definições e cuidados a serem tomados e mais ainda os diversos itens a serem considerados e medidos como descrito a seguir:

- a) Amostragem e Análise
- b) Eficiência de Coleta e Penetração (não captura)
- c) Faixa de Trabalho Analítica e Sensibilidade
- d) Limites Analíticos de Detecção
- e) Estabilidade no Armazenamento da Amostra
- f) Interferências
- g) Efeitos da Umidade (ou Temperatura)

- h) Eficiência de Retenção
- i) Comparação entre Métodos
- j) Testes de Campo
- k) Velocidade de Face, Difusão Reversa, Taxa de Amostragem (somente para amostradores passivos)

A OSHA (OSHA, 2001), nos fornece a classificação abaixo para métodos destinados a medir substâncias inorgânicas.

Método Proposto – Métodos Propostos são aqueles encontrados na literatura ou foram sugeridos através do exame das características físicas e químicas documentadas da substância tóxica. As características físicas são examinadas a fim de determinar a melhor via para amostragem da substância em termos de solubilidade, reatividade e estabilidade. As características analíticas são avaliadas para determinar a mais adequada técnica a usar para quantificar a substância amostrada.

Método Substituto – Métodos Substitutos são aqueles que foram sujeitos a uns poucos dos experimentos listados acima mas não receberam uma validação completa. Isso pode ter se dado face aos limitados recursos disponíveis ou porque outros dados experimentais existem na literatura. Os métodos substitutos podem incluir somente experimentos relativos análise, estabilidade no armazenamento da amostra, ou eficiência de retenção.

Método Analítico Validado – Métodos Analíticos Validados são aqueles que receberam uma avaliação analítica extensiva mas não tiveram a porção relativa a amostragem do método escrutinada pela OSHA-SLTC. A porção relativa a amostragem de um Método Analítico Validado teve sua avaliação normalmente realizada pela NIOSH ou outra fonte independente.

Método Validado – Métodos Validados são aqueles que receberam uma avaliação na máxima extensão da prática no OSHA-SLTC e se desempenharam dentro das diretrizes estabelecidas.

Métodos que não se enquadram nas diretrizes de validação – Os métodos que foram testados e não se enquadram nas diretrizes estabelecidas normalmente não são utilizados pela OSHA. Ocasionalmente uma exceção pode ser aberta com propósitos de monitoração se um método alternativo não for conhecido e aquele enquadra-se na maioria das diretrizes. Quaisquer resultados obtidos com o uso dos métodos assim classificados devem ser escrutinados antes de serem reportados ou aplicados.

O que se pretende fazer não é chegar a “o melhor método” e sim, a partir de uma situação problema seja, uma fábrica de baterias chumbo ácido e das condições e recursos

disponíveis sugerir o que seria a nosso ver o método ou combinação de métodos que mais efetivamente nos ajudarão na formulação de soluções, juntamente com outros tipos de estudos, visando a melhoria das condições da atividade.

A escolha das que variáveis a serem consideradas para o trabalho é de suma importância. Seja, por exemplo, a qualidade da água utilizada no laboratório. Vai se estar lidando com quantidades na casa de 10^{-6} g/m³ de atmosfera amostrada. Vai se trabalhar não com uma água destilada usual, mas com uma água levada aos limites de pureza possível tecnicamente. A maioria dos métodos abaixo descritos inclui uma etapa de digestão com ácido nítrico – HNO₃. Um ácido do tipo PA, isto é, pró análise, satisfatório para uma grande quantidade de procedimentos analíticos, não seria adequado, melhor dizendo, não poderia ser usado. Ácidos adequados para estas análises custam muito mais que os usualmente usados.

A seguir descreveremos sucintamente os métodos NIOSH para chumbo e seus compostos na atmosfera e em outros meios (NIOSH, 1994).

MÉTODO 7082 – CHUMBO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM CHAMA – AAS (ABREVIATURA EM INGLÊS)

Próprio para chumbo elementar e compostos de chumbo exceto derivados alcoilados de chumbo (organometálicos). É método específico dando como resultado concentrações expressas em chumbo elementar não sendo um método multielementar. Também não é capaz de distinguir entre um ou outro composto de chumbo. Não é portanto um método para dizer como o chumbo se apresenta ligado quimicamente a quaisquer outros elementos químicos ou, em outras palavras, que compostos de chumbo se encontram em determinada amostra. Por exemplo, partindo de uma mistura de óxido de chumbo (PbO) e sulfeto de chumbo (PbS) o resultado da análise nos dará a quantidade total do elemento chumbo presente sem nos informar que compostos deste estão presentes e em que quantidades. A NIOSH indica uma faixa de trabalho de 0,05 mg até valores > 1 mg/m³ para uma amostra de 200 L.

Amostragem – já descrita anteriormente.

Análise – digestão da amostra, calibração e controle de qualidade, medição.

Para os volumes mínimo e máximo de amostragem indicados para o método, isto é, 200

(duzentos) L @ 0,05 mg/m³ e 1500 (hum mil e quinhentos) L e considerando o TLV-TWA de 0,05 mg/m³ teremos 10 µg e 75 µg de Pb colhidos no filtro respectivamente. O peso total do material colhido no filtro poderá ser maior dependendo da composição do material coletado seja apenas chumbo elementar, por exemplo fumos do metal, ou compostos outros do elemento além de poeiras com outras composições. Para os Limites de Tolerância brasileiros e a adoção de medidas corretivas toda vez que atingido fosse o mesmo, teríamos para 0,10 mg/m³ e 0,05 mg/m³ quantidades de chumbo de 20 µg e 10 µg respectivamente para o volume coletado de 200L e para o volume máximo de 1500L quantidades de 150 µg e 75 µg, respectivamente. O Anexo 11 da NR 15 nos fala de no mínimo 10 (dez) amostragens instantâneas espaçadas entre si de 20 (vinte) minutos. Em contacto telefônico com o FUNDACENTRO – SP procuramos definir o que seria “instantânea” e, nos foi informado, que a prática daquela instituição era utilizar para situações convencionais um tempo de amostragem de 15 (quinze) minutos. Também, uma vazão comumente praticada é de 2 (dois) L/min. Sob essas condições, poderíamos em um dia de trabalho de 8 (oito) horas “acomodar” 12 (doze) coletas de amostras devidamente intervaladas incluindo período de refeição, totalizando um volume de 2L/min x 15min x 12 corridas = 360 L amostrados. Nas concentrações de 0,10 mg/m³ e 0,05 mg/m³ este volume carrearía 36 µg e 18 µg de chumbo para o filtro. A faixa estudada para o método de 10 µ e 200 µg de peso do elemento chumbo coletado no filtro cobre as nossas necessidades. O valor estimado para o limite de detecção do método é 2,6 µg por amostra. Quando da avaliação do método para a recuperação analítica que vem a ser a razão entre o valor real da amostra e o valor recuperado utilizando um valor real de 200 µg de Pb por amostra e, para as espécies químicas Pb, PbS e PbO₂ as seguintes taxas de recuperação foram verificadas:

Tabela 1. Recuperação Analítica para o Método NIOSH 7082.

| Espécie | Método de digestão | Recuperação Analítica (em %) |
|---------------------------------------|--|------------------------------|
| Pb metal | HNO ₃ somente | 92 ± 4 |
| Pb metal | HNO ₃ + H ₂ O ₂ | 103±3 |
| PbO (óxido de chumbo) | HNO ₃ somente | 93±4 |
| PbS (sulfeto de chumbo) | HNO ₃ somente | 93±5 |
| PbO ₂ (peróxido de chumbo) | HNO ₃ somente | 82±3 |
| PbO ₂ (peróxidodechumbo) | HNO ₃ + H ₂ O ₂ | 100±1 |

(NIOSH, 1994)

O método acima descrito, a data de publicação do NMAM – Fourth Edition era entre os

três (7082, 7105 e 7300) o único que tinha sido avaliado totalmente e, diga-se de passagem, também o mais barato entre os três.

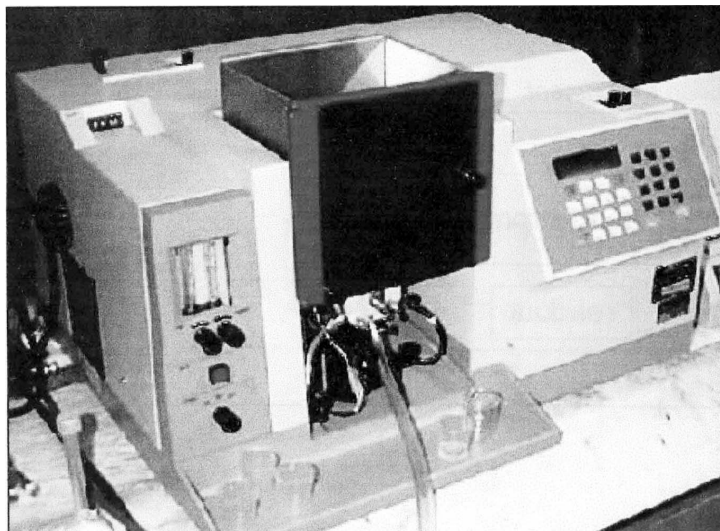


Figura 4. Espectrômetro de absorção atômica de chama. CHP - Home. Disponível em <<http://www.chem.vt.edu/chem-ed/spec/atomic/aa.html>>. Acesso em 13/09/2003.

MÉTODO 7105 – CHUMBO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA – FORNO DE GRAFITE - GFAAS (ABREVIATURA EM INGLÊS)

É um método ao qual se aplicam algumas observações comuns ao método anterior. De fato a adição do forno de grafite tem como grande vantagem o aumento de sensibilidade do anterior fazendo com que possam ser detectadas quantidades, logo concentrações, bem menores que as do método 7082. A semelhança do método 7082 não ele não é aplicável para análises de organometálicos contendo o elemento e tendo como resultado de análise apenas chumbo elementar não sendo distinguidas diferentes espécies químicas contendo chumbo uma da outra. A sensibilidade do método é tamanha que se aconselha a utilização do método NIOSH 7082 - Chumbo por Espectrofotometria de Absorção Atômica com Chama, se altas concentrações forem esperadas. O limite de detecção do método por amostra é de 0,02 μg o

que deixa bem claro as pequenas quantidades do metal passíveis de detecção.

Se utilizarmos o volume amostrado de 360 L do exemplo anterior e o LT para o Pb da NR 15 no seu Anexo 11 que é de $0,1 \text{ mg/m}^3$ teríamos depositados no filtro ao final da análise $36 \text{ } \mu\text{g}$ de Pb. Se, mantidos o tempo das corridas e o número delas, isto é, 15 minutos e 12 respectivamente, mas variando a vazão da bomba para 4L/min , a máxima do método, teríamos 720 L amostrados e $72 \text{ } \mu\text{g}$ de chumbo coletados no filtro e, portanto, dentro da faixa de aplicação que é de $0,05$ a $100 \text{ } \mu\text{g}$ por amostragem Aplicados os volumes de $1\text{L} @ 0,05 \text{ mg/m}^3$ e 1500L preconizados pela NIOSH e aplicado o LT do Anexo 11 teríamos $0,1 \text{ } \mu\text{g}$ e $150 \text{ } \mu\text{g}$ do elemento colhidos no filtro. A faixa de trabalho, como indicada pela NIOSH é de $0,002 \text{ mg}$ até valores $> 1 \text{ mg/m}^3$ para uma amostra de ar de 200L . A NIOSH aconselha adotar-se o método 7082, nteriormente descrito, no caso de estar se esperando altas concentrações do metal.

O processo de análise é algo mais elaborado que o anterior e o equipamento necessário é mais caro Este método até a publicação do NMAM de 1994 não tinha sido avaliado na extensão que fora aplicada ao Método 7082. Não resta dúvida de que são conseguidas sensibilidades maiores em termos de quantidades detectadas de chumbo. Existem outras diferenças entre os dois métodos mas, a adição de um forno de grafite e utilização de mudanças em reagentes e técnicas, irá converter o aparelho utilizado no Método 7082 para trabalhar com o Método 7105. Não são modificações modestas em termos de custos. Também, a medida que trabalha-se com métodos mais sensíveis, maiores ficam as cobranças em termos de desempenho e treinamento de pessoal que irão se somar aos custos de equipamentos e outros.

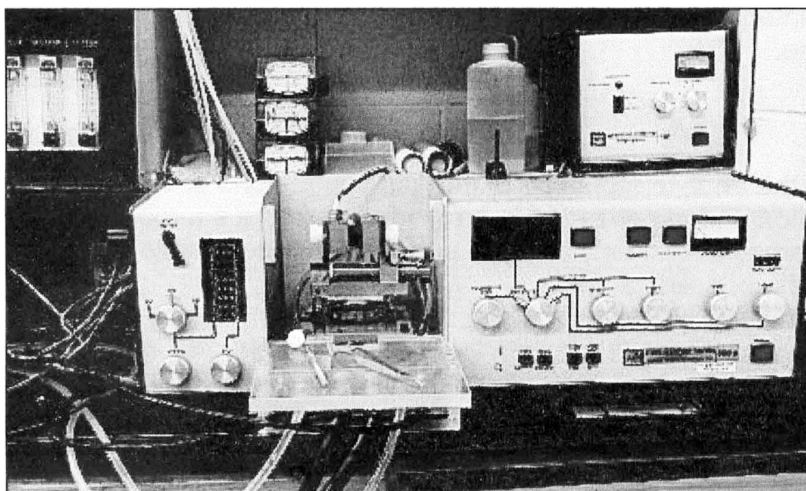


Figura 5. Espectrômetro de absorção atômica com forno de grafite. CHP - Home. Disponível em <<http://www.chem.vt.edu/chem-ed/spec/atomic/aa.html>>. Acesso em 13/09/2003.

MÉTODO 7300 – ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA POR PLASMA – ICP-AES (ABREVIATURA EM INGLÊS)

Este método trabalha numa faixa de 0,005 a 2,0 mg/m³ para cada elemento em uma amostra de 500 L. É um método de análise simultânea mas não é específico. Em outras palavras – com uma simples análise podem-se determinar vários elementos químicos sem, contudo, dizer que compostos desses elementos estão presentes. As etapas são basicamente com algumas diferenças dos já descritos Métodos 7082 e 7105. A sua faixa de trabalho em termos de quantidade do elemento retida no filtro por amostra vai de 2,5 µg a 1000 µg e volumes mínimo e máximo de 50 L e 2000 L. Este método cobre com folga as necessidades e exigências para avaliação ambiental do Pb. Avaliado para quantidades conhecidas depositadas no filtro de 2,5 µg e 1000 µg do elemento atingiram-se recuperações de 105% e 95% respectivamente. Os métodos 7082, 7105 e 7300 são bastante semelhantes na sua coleta e preparação de amostra. A metodologia de leitura é comum e é empregado o mesmo equipamento. Os métodos 7105 e 7300 na sua fase de tratamento da amostra diferem do método 7082, mais simples e mais barato. A um preço muito mais caro poderá ser substituída, no Método 7300, a operação de detecção se for utilizada a técnica de Espectrometria de Massa. Esta, dado ao seu preço elevado, não é usualmente empregada na detecção rotineira de chumbo e está disponível em alguns centros e instituições com maiores disponibilidades financeiras.

A seguir vão se apresentar outros métodos analíticos. No contexto do nosso trabalho são métodos menos referenciados ou, até, não passíveis de aplicação.

MÉTODO 7507 – SULFETO DE CHUMBO – DIFRAÇÃO DE RAIOS X

O sulfeto de chumbo (PbS) não é espécie química usualmente relatada como presente na atmosfera de fábricas de bateria chumbo ácido. Este método é específico para determinação de sulfeto de chumbo de permeio outras substâncias encontradas em particulados gerados em atividades de mineração.

MÉTODO 7701 – CHUMBO POR ULTRA SOM/VOLTAMETRIA DE REDISSOLUÇÃO

ANÓDICA (ULTRASOUND/ASV – ABREVIATURA EM INGLÊS)

Próprio para chumbo elementar, compostos de chumbo exceto derivados alcoilados do metal (organometálicos).

Análise, digestão calibração e controle de qualidade.

Este método é aplicável para medição “in situ”, já que o instrumento é portátil e pode ser usado no campo para determinação de Pb em filtros. Também pode ser usado para preparação e análise baseadas em laboratórios. A faixa de trabalho é (pelo menos) $0,20 \text{ mg/m}^3$ a $5,00 \text{ mg/m}^3$ para uma amostra de 120 L a amostragem é feita com a mesma aparelhagem que os métodos anteriores e seus volumes mínimo e máximo são respectivamente 20 L @ $0,05 \text{ mg/m}^3$ e 1500 L.

MÉTODO 7702 – CHUMBO POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X – MEDIÇÃO NO CAMPO POR INSTRUMENTO PORTÁTIL (XRF – ABREVIATURA EM INGLÊS)



Figura 6. Niton XLt 300 – Analisador de chumbo por fluorescência de Raios X. Niton Corporation. Disponível em <http://www.fondiselectronic.com/Niton/XLt300_fichiers/xlt300.gif>. Acesso em 20/11/2003.

Este método é próprio para chumbo elementar e compostos de chumbo exceto derivados alcoilados (organometálicos).

Tal como todos os métodos apreciados aqui este método aplica o conjunto de amostragem e o filtro já descritos anteriormente.

Ele foi avaliado para amostragens de ar colhidas em filtros somente. É aplicável a análises no campo para avaliações iniciais ou para aplicação onde a análise em laboratório não é possível. O filtro que foi usado para a coleta pode ser processado posteriormente para a aplicação de um método mais preciso. A leitura efetuada pelo método é não destrutiva e a amostra resulta preservada. A faixa de trabalho é de 17 μg a 1500 μ por amostra. Os volumes mínimo e máximo recomendados são respectivamente 570L @ 30,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 1900L @ 9,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. O limite de detecção é de 6 μg por amostra.

Pelo fato de poder ser aplicado no campo e propiciar a feitura de análises subseqüentes por outros métodos acreditamos que este método tem grande potencial para aplicação mais intensa e servir como indicador para a necessidade ou não de estudos que utilizem mais precisos

MÉTODO 7700 – CHUMBO NO AR POR “SPOT” TESTE QUÍMICO

Este método é apenas qualitativo e desenhado para uso no campo. A presença de chumbo é indicada por uma mudança de cor pela aplicação de reagente específico. Mesmo após a realização do ensaio pode ser feita a determinação quantitativa em laboratório dos filtros e outros materiais utilizados como suporte através da aplicação dos métodos 7082,7105 e 7300 ou equivalentes. Os volumes mínimo e máximo são respectivamente 10L @ 0,05 mg/m^3 e 240 L. Métodos que permitem uma avaliação preliminar quantitativa como o 7702 ou qualitativa como o 7700 e não destroem a amostra apresentam uma vantagem significativa.

MÉTODO 7700 – CHUMBO POR ESFREGAÇÃO DE SUPERFÍCIES

Esse método é mais um método de obtenção de amostras do que de análise propriamente dita. Através do esfregação da superfície a ser examinada com um meio adequado, determina-se a contaminação por chumbo e seus compostos. Toalhas descartáveis de papel umedecido que contenham baixos níveis de chumbo residual por exemplo a Wash' DriTM, marca fabricada nos Estados Unidos, são esfregadas sobre uma superfície pré delimitada por um gabarito que normalmente é uma moldura de plástico ou aço delimitando uma área de 10 cm x 10 cm. Após a coleta analisa-se o meio de coleta por um método quantitativo adequado. Lembrando-se que a área circunscrita é de 100 cm^2 (10 cm x 10 cm) o limite de

detecção é de 2 µg de Pb por amostra (0,02 µg/cm² para uma área de 100 cm²) para os métodos quantitativos NIOSH 7082 e 7300 e 0,1 µg de Pb (0,001 µg/cm² para uma área de 100cm²) para o método NIOSH 7300.

No caso de estarmos trabalhando em áreas confinadas não permitindo o uso da moldura descrita delinea-se com fita do tipo “crepe” ou semelhante a área a amostrar e com uma régua ou fita métrica medem-se as dimensões calculando-se após a área da figura delimitada.

A Tabela 2 resume os dados de material coletado nos filtro e as quantidades de chumbo retido. São considerados volumes mínimo e máximo cobertos pelos métodos NIOSH e valores de LT e para adoção de medidas corretivas (Anexo 11 da NR-15), 100 µg/m³ e 50 µg/m³ respectivamente para os valores mínimos e máximos de vazão para o método que são exibidos nas colunas finais (NIOSH, 1994).

Tabela 2. Síntese dos dados da NIOSH em relação aos métodos de análise de chumbo levando em conta valores do Anexo 11 da NR-15.

| Número NIOSH | Método | Volumes Amostra (em litros) | | Faixa para Amostra (em µg) | Para Condições e Volumes (em µg) | |
|--------------|--------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------------|---------|
| | | min | max | | min | max |
| 7082 | | 200 ^a | 1500 | 10 a 200 | 20-10 | 150-75 |
| 7105 | | 1 ^a | 1500 | 0,05 a 100 | 20-10 | 150-75 |
| 7300 | | 50 | 2000 | 2,5 a 1000 | 5-2,5 | 200-100 |
| 7505 | | 600 | 1000 | 30 a 2000 | n.a | n.a |
| 7701 | | 20 ^a | 1500 | 0,31 a 1000 | 2-1 | 150-75 |
| 7702 | | 570 ^b | 1900 ^c | 17 a 1500 | 57-29 | 190-95 |
| 7700 | | 10 | 240 | n.a | n.a | n.a |
| 9100 | | n.a | n.a | n.a | n.a | n.a |

(NIOSH, 1994; Araújo, Benito & Souza 2002)

(a) @ 0,05 µg/m³; (b) @ 30 µg/m³; (c) @ 9,0 µg/m³; (n.a) não aplicável

3.5 Métodos de Avaliação de Chumbo em Fábricas de Baterias

3.5.1 Considerações Iniciais

As indústrias de baterias automotivas utilizam o chumbo com o seu principal componente. Como já foi afirmado anteriormente este metal tem características de resistência química e propriedades físicas que o tornam particularmente notável. De uma autoridade há pouco tempo – “ o chumbo é um metal maravilhoso – de fato um metal estratégico e tem uma variedade de usos quando manuseado com inteligência. Porém o chumbo é também um dos metais mais tóxicos para os seres humanos. Com níveis elevados de chumbo nos nossos sistemas o chumbo influencia o desenvolvimento do cérebro e afeta o funcionamento apropriado dos órgãos como os rins e o fígado. As crianças nos seus anos iniciais absorvem o chumbo de cinco a oito vezes mais que os adultos. **Conseqüentemente o envenenamento por chumbo tornou-se a maior doença de origem ambiental afetando as crianças habitando as cidades dos países em desenvolvimento.** (o ressaltado é do autor deste trabalho) (George, 2002) como já documentado no penúltimo parágrafo de 2.1.5 não é uma preocupação de países do Terceiro Mundo, apenas.

Neste capítulo serão apresentados alguns pontos sobre a obtenção do mineral na Natureza, a utilização do metal na fabricação de baterias , as etapas desta fabricação e os riscos inerentes do processo. Deve ficar clara a natureza meramente informativa deste, já que o objetivo aqui é fazer referência aos referir aos riscos do processo que afetem a disposição de pontos de amostragem e a seleção do que seriam as providências e decisões a serem tomadas se deseja-se monitorar as condições ambientais numa indústria de baterias seja para verificar a que tipo de agressões estão sujeitos os trabalhadores, seja para correlacionar dados clínicos, por exemplo análises de sangue e outras, com as atividades e locais de trabalho dos operários. Estas informações poderão indicar entre outras, a necessidade de mudanças em procedimentos e matérias primas, enclausuramento de máquinas e equipamentos, instalação de equipamentos de ventilação, treinamento e até educação.

3.5.2 A Mineração do Chumbo e Obtenção de Chumbo Elementar e Outras Matérias Primas Utilizadas no Fabrico de Baterias

As distribuições geológicas e geográficas do chumbo e do zinco são idênticas.

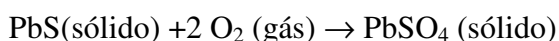
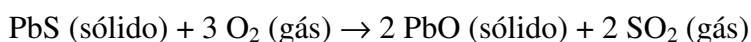
Estes metais ocorrem em depósitos minerais de uma forma intimamente mixta e raramente se encontram livres um do outro. Ainda que o chumbo se encontre na Natureza sob a forma de carbonato – PbCO_3 (cerusita) e de sulfato – PbSO_4 (anglesita) quase todo o chumbo negociado é obtido do sulfeto – PbS (galena). Os principais países produtores do metal são os Estados Unidos da América, Canadá, Austrália e México (Biswas & Nirvan, 2002).

E fato que muito do chumbo atualmente utilizado é reciclado. Esta tendência tem sido aplicada a muitos outros materiais como , por exemplo, o vidro, a sucata ferrosa e não ferrosa e, em outro campo, os óleos lubrificantes “usados”. Reciclagem , na verdade, bem explorada pode redundar em ganho ambiental.

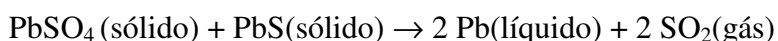
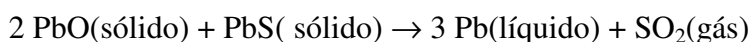
No entanto, esta abordagem de gerência de recursos pode causar significativo impacto ao meio ambiente. Alguns países dos chamados desenvolvidos proíbem ou dificultam essa operação quando se trata de velhas baterias. Fica aberto um “mercado” para esta sucata que desemboca nos países ditos em vias de desenvolvimento. E ai a operação se torna por vezes um verdadeiro pesadelo ambiental. Os ganhos ambientais se reduzem ainda mais quando se leva em conta o tremendo impacto que uma recuperação ambiental , muitas vezes envolvendo o isolamento de extensas áreas que se tornam verdadeiros “ campos minados “ ambientais e, como o que já aconteceu no Brasil, a imposição de uma grande carga aos serviços de saúde comunitária.

E como se pode obter o chumbo metálico? ... Ou, em outras palavras, como se pode descrever a metalurgia do chumbo?...

Na primeira fase o minério se ustula ao ar até que uma parte do sulfeto passe a óxido e a sulfato e o restante do sulfeto queda inalterado. Assim:



Na segunda fase se impede a entrada de ar e se eleva a temperatura com o qual os produtos oxidados podem reduzir-se por intermédio do sulfeto remanescente. Desta forma:



O metal fundido que assim é obtido se aquece em presença de ar para oxidar as

impurezas tais como o arsênico, antimônio e cobre que formam uma escória e se separam. A prata e o ouro são separados pelo método Parkes (Babor & Aznaréz, 1962).

No Brasil os minérios de chumbo estão praticamente esgotados e os subprodutos que contém compostos deste metal (concentrados de chumbo) gerados pelas indústrias mineradoras de outros metais têm sido exportados. Daí resulta que o chumbo metálico para a fabricação de baterias automotivas chumbo ácidas têm sido suprido por importação e pela reciclagem de baterias exauridas nas indústrias nacionais (FAPESP, 2003). E fato que da pureza do metal utilizado dependem qualidade e durabilidade ficando os dois atributos mencionados evidentemente prejudicados (Cervo, 2002). O quadro abaixo além de nomear os materiais componentes de uma bateria convencional, explicita a participação percentual, em peso, de cada em daqueles.

Tabela 3. Participação percentual (em peso) dos diversos itens que são utilizados na manufatura de uma bateria chumbo-ácida.

| Item | Composição | % em peso |
|-------------------------|---|-----------|
| Chumbo metálico | idem | 30% |
| Polipropileno | idem | 7% |
| Solução ácida | H ₂ O + H ₂ SO ₄ | 21% |
| Massa ativa (pastelão) | chumbo metálico + PbO + PbO ₂ + PbSO ₄ | 35% |
| Outros | | 7% |

(FONTE: FAPESP, 2003).

Da Tabela 3 acima ressalta-se a participação ponderável do metal na massa ativa do assim chamado pastelão e que, normalmente é carga agregada a outros resíduos ricos em compostos de chumbo, para as recuperadoras deste metal. Uma complicação adicional é que o processo pirometalúrgico convencional é fonte de potencial poluição atmosférica pois gera SO_x e particulados de chumbo (FAPESP, 2003).

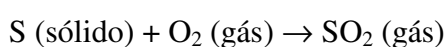
Os impactos ambientais e de saúde ocupacional em relação aos outros materiais que participam da fabricação de baterias não são a preocupação principal. Vai-se, no entanto, e até porque não são efeitos desprezíveis, fazer uma breve menção. Polipropileno, ácido sulfúrico, os plásticos que envolvem as baterias para seu despacho para os distribuidores e lojas varejistas e quaisquer outros materiais envolvidos no processo têm implicações ambientais.

Transporte, manuseio, disposição final são atividades que podem ser bastante impactantes dependendo do caso. Também, embora estejam praticamente esgotadas as reservas de minério de chumbo no Brasil, operações de mineração são uma das fontes principais de impactos ambientais por todo o mundo. E, é claro, a obtenção de chumbo metálico e óxido de chumbo usados nas baterias.

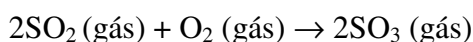
Para os componentes não contendo chumbo segue-se um pequeno comentário.

O polipropileno, material componente da “caixa” da bateria onde estão as placas e a solução ácida é um polímero de origem petroquímica. A indústria do petróleo é fonte potencial de impactos substanciais ao meio ambiente e, embora os seus impactos mais divulgados pela “mídia” sejam os advindos de grandes derramamentos de óleo resultado de acidentes na atividade de transporte a exploração, refino, distribuição e utilização dos produtos de petróleo tem conseqüências no campo ambiental.

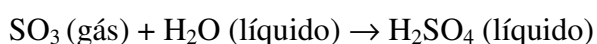
A solução ácida utilizada nas baterias chumbo ácido nada mais é que uma solução aquosa de ácido sulfúrico - H_2SO_4 . Usualmente o ácido sulfúrico é obtido pela oxidação em dois estágios do enxofre. no primeiro estágio o enxofre é oxidado a dióxido de enxofre – SO_2 na reação abaixo:



E, na segunda etapa, o SO_2 é oxidado cataliticamente na reação abaixo:



E, finalmente, a absorção e reação com água:



Curiosamente, o primeiro método industrial de obtenção de ácido sulfúrico cuja produção contínua começou nos princípios do século XIX utilizava as chamadas “ câmaras de chumbo”, isto é, vasos revestidos internamente com o metal, graças a sua resistêcia ao meio reacional bastante agressivo típico deste processo (Babor & Aznaréz, 1962).

3.5.3 As Baterias Chumbo-Acidas

O invento da bateria chumbo ácido deve-se a Gaston Plante (Orthez 1834 – Bellevue, Hauts de Seine 1889) que só teve desenvolvimento industrial vinte anos mais tarde (Grande

Enciclopédia Larousse Cultural, 1995).

A partida e funcionamento dos veículos automotores dependem em quase sua totalidade de baterias ou acumuladores elétricos. Isto inclui a manutenção de diversas funções, mesmo quando o motor não está funcionando. Assim, em situações de emergência, dispositivos de segurança podem ser mantidos operacionais por bom período de tempo com a energia em corrente contínua disponibilizada por aquelas fontes de energia.

Exercendo, em parceria com os dínamos e alternadores, o papel central no sistema de suprimento elétrico dos veículos, as baterias atuais são constituídas de seis células ligadas em série cada uma com uma tensão de 2,1 volts logo totalizando uma voltagem total de cerca de 12 volts. Na verdade estas baterias são comercializadas como “baterias de 12 volts”. Cada célula individual é formada por duas placas, a positiva de peróxido de chumbo (PbO_2) e a negativa de chumbo metálico.

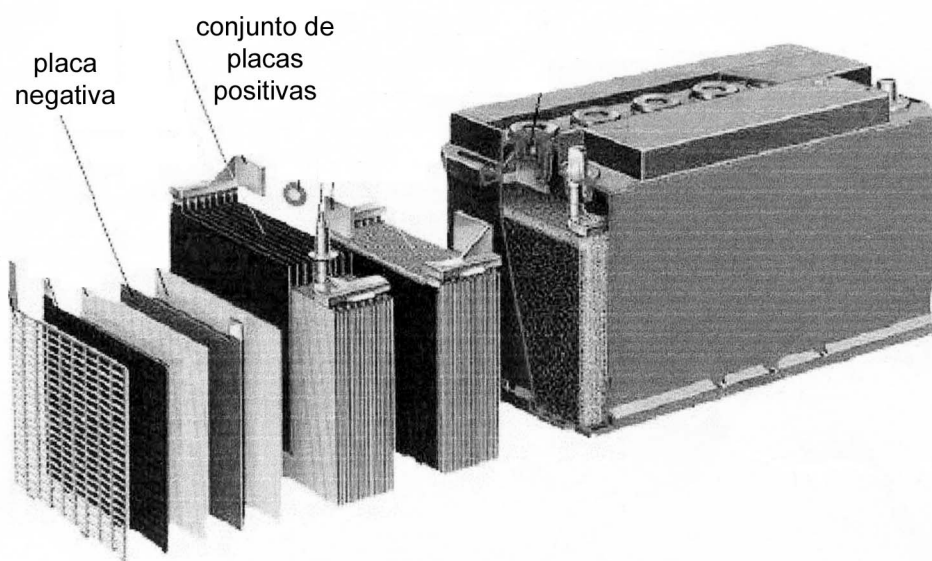


Figura 7. Detalhes internos de bateria automotiva (Eurobat). Fonte: EUROBAT.

O processo de produção / trabalho 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 formação deste. 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 em questão. 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 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 & Vargas, 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 podendo ser também denominado semi-artesanal, uma vez que o trabalhador tem conhecimento e habilidade para desenvolver as tarefas (Fleury & Vargas, 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 que vai ser finalizado como produto.

Assim prosseguindo o enfoque na idéia inicial de elementos num processo de trabalho, em que “o homem se utiliza de meios para transformar o objeto em produto”, ou seja, onde o trabalhador é quem realiza todos os movimentos (o meio), para gerar o resultado. Dessa maneira, ele estará sempre exposto em contato direto ou indireto, de forma irrestrita, a qualquer contaminante que se apresente ao longo do processo de trabalho, onde neste caso é o chumbo.

Ao longo das etapas do processo de trabalho, o procedimento de fundição de chumbo é desenvolvido de forma intermitente, podendo ser considerado um dos pontos de maior geração de contaminação. Em relação a possibilidade de contaminação por chumbo, embora todas as etapas apresentadas gerem algum tipo de risco, para a contaminação do ar interno, o processo de fundição pode ser considerado o de maior importância, seguido pelo de soldagem, e dos que realizam manipulação das grades, destacando-se os da montagem das grades (Araújo, 1996).

A descrição das etapas que são desenvolvidas, nesta categoria de indústria de baterias, compreende (Cervo, 2002; Fortes, 2003):

Montagem das placas – os trabalhadores realizam movimentos repetitivos encaixando as grades de chumbo nos conectores formando as placas. Estas são acomodadas em função da polaridade desejada, estando preparadas para a fase seguinte. 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.

Soldagem – utiliza-se um maçarico para soldar as placas de chumbo nos pinos e conectores. Na realização desta tarefa o trabalhador deve se utilizar de Equipamentos de Proteção Individual como óculos de proteção contra radiações e máscaras de proteção respiratória para evitar que a liberação do monóxido de carbono provocada pelo maçarico seja respirada.

Montagem II – outro processo de montagem é realizado, só que neste são as placas no interior das caixas das baterias, que normalmente são constituídas de borracha ou plásticos endurecidos, como o poliestireno ou o polipropileno, onde são agrupadas de acordo com sua polaridade.

Lacre – é o processo de lacragem 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 risco maior de queimaduras nos trabalhadores já que as temperaturas são altas. Ocorre também geração de vapores prejudiciais aos trabalhadores.

Enchimento das baterias – processo em que se enchem as baterias com solução aquosa de ácido sulfúrico (H_2SO_4). O ácido sulfúrico fica armazenado em galões menores para ser posteriormente diluído com água em tonéis de plástico maiores. O procedimento de enchimento das baterias, se realiza em uma depressão extensa porém rasa, no chão da fábrica (usualmente denominada “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 (quarenta e oito) horas. As baterias recebem a carga proveniente de um carregador via cabos. As voltagens e amperagens são indicadas por medidores. O controle da operação é feito pelos próprios trabalhadores escrevendo em um quadro a data e a hora para controle da operação.

Resfriamento – Ocorre após a carga, visando resfriar as baterias aquecidas em decorrência da operação anterior. As baterias permanecem em repouso sobre prateleiras por aproximadamente três horas.

Embalagem – é a última atividade do processo, na qual um trabalhador é responsável por envolver a bateria em plástico e selando a embalagem com uso de ar quente.

Estocagem – após estarem embaladas, as baterias são colocadas na área de estocagem aguardando as encomendas.

Na realização das atividades acima as pessoas envolvidas poderão, como foi descrito, estar sujeitas a riscos de variável intensidade. E também de diversas naturezas. Esta combinação intensidade e natureza vai estar intimamente ligada a atividade que os operários diretamente ligados ao processo mesmo ou outros empregados exercendo atividades de apoio administrativo, por exemplo, cuja exposição será diferente em intensidade pelo menos. Assim em duas pequenas indústrias de baterias do Município do Rio de Janeiro foi realizado um recente levantamento (Cervo, 2002) e que deu origem a mapas de risco dos quais um deles está no capítulo de anexos deste trabalho.

Também no caso das reformadoras de baterias a abertura das caixas das baterias usadas 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 são recebidas assim como do local de depósito de sucata 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 o processo de trabalho de reciclagem das baterias chumbo-ácidas, existem fontes potenciais de poluentes que devem receber cuidados específicos, a partir da abertura e lavagem das baterias (Fortes, 2003).

Em termos de riscos eles são classificados em cinco categorias:

- Físico
- Químico
- Biológico
- Ergonômico

➤ Acidentes

E quanto aos graus de intensidade:

- Pequeno
- Médio
- Grande

Em alguns postos de trabalho os riscos são predominantemente resultantes de uma determinada causa. Já, em outros, se pode encontrar uma variedade de combinações de tipos de riscos e intensidades.

Assim, por exemplo, na indústria II, citada na referência acima, enquanto na operação de carregamento com ácido das baterias recém montadas os riscos são com predominância clara da modalidade risco químico na operação de montagem/soldagem convivem com este, todavia em menor intensidade, os riscos físicos, ergonômicos e de acidentes.

Campanhas de medição de condições ambientais nas fábricas de baterias deverão levar em conta um levantamento prévio no sentido de escolher locais e atividades que melhor nos instrumentem na escolha de alternativas. Fica claro o objetivo final e mais importante da proteção do ambiente e dos por ele afetados.

O fato de serem as indústrias acima pesquisadas de pequeno porte, não dever ser motivo para excessiva tranqüilidade. Indústrias de porte mais elevado, têm um potencial maior de causarem impactos significativos como nos esclarecem os bastante recentes acontecimentos no ano de 2002 envolvendo decisões judiciais que extrapolam de muito aquelas restritas a questões de saúde ocupacional. As decisões acima diziam respeito às agressões no entorno da instalação visando demonstrar, como se isto fosse ainda necessário, que este tipo de atividade que lida com o metal tóxico mais disseminado no mundo não somente afeta a qualidade de vida e, em casos extremos a própria manutenção da vida, dos que trabalham com chumbo, e o utilizam sem maiores cuidados, até para lazer, incluindo a vizinhança inadvertida. Foram deferidos liminarmente pela 4ª Vara Cível de Bauru, entre outros, os seguintes pedidos (os grifos são do autor deste trabalho):

Suspensão imediata das atividades do setor metalúrgico da ré – o que ocorreu com a colocação de 19 lacres judiciais nas devidas instalações da empresa- e a multa de R\$10.000,00 (dez mil reais) por dia de descumprimento;

Obrigatoriedade da empresa em pagar os custos relativos ao levantamento da presença de chumbo no sangue da população num raio de 1000 (mil) metros da fábrica (levantamento esse que deve ser realizado pelas Secretarias Estadual e Municipal de Saúde);

A decretação da indisponibilidade dos bens da ré, de seus sócios e representantes legais como forma de garantia do pagamento das indenizações e das penalidades cabíveis pelos possíveis danos causados ao meio ambiente.

Da reunião do Grupo Técnico do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente em 23-24 de maio de 2002 em Basiléia, Suíça resultou uma minuta para ser comentada até 30 de setembro do mesmo ano. Vamos ressaltar a nota acauteladora em relação ao chumbo abaixo traduzida:

Cautela: o chumbo recuperado, e em especial as baterias, não deve ser fundido a céu aberto mas somente em vasos especialmente equipados. Os trabalhadores devem utilizar equipamentos de proteção individual como protetores faciais aprovados. Eles devem também trocar de roupa e banhar-se ao fim da jornada de trabalho de tal forma a não carrear poeira contendo chumbo para seus lares. (UNEP, 2002).

3.5.4 Os Métodos Aplicados

Para a determinação quantitativa de chumbo na atmosfera de fábricas de baterias chumbo-ácidas a metodologia praticamente unânime para a maioria das situações envolve a utilização de equipamento de amostragem padrão já descrito e os métodos NIOSH 7082, 7105 e 7300 ou similares (INRS, 12/09/00), (ISO, 1993) (NIOSH, 1994) para análise. Esses métodos são dependentes do transporte do material coletado até um laboratório. O tipo de equipamento, seu custo, o manuseio de filtros, sua digestão e a leitura dos resultados requerem um ambiente adequado, cuidados, formação e contínuo treinamento e aperfeiçoamento do pessoal envolvido. Na descrição feita neste trabalho foram apresentadas as características dos métodos disponíveis e o tipo de sensibilidade esperados. Em muitos casos, necessita-se de um método que possa ser utilizado para uma primeira avaliação no campo permitindo análises mais detalhadas em ambiente de laboratório. Esse método é o 7702 da NIOSH (NIOSH, 1994; Dost, 1996). No seu item APLICABILIDADE afirma-se: “Este método foi avaliado somente para amostras atmosféricas depositadas sobre filtros. A faixa de trabalho deste método é $0,017 \text{ mg/m}^3$ até $1,5 \text{ mg/m}^3$. Este é um método analítico portátil para aplicação no campo particularmente útil para avaliação de amostras de exposição inicial ou para aplicações onde a análise em laboratório é impraticável. Adicionalmente, o

método é não destrutivo; as amostras no campo podem ser mais tarde analisadas no laboratório. O método é aplicável a todas as formas de chumbo elementar incluindo fumos de chumbo, e todos os outros aerossóis contendo chumbo”..

Em comparação com outros métodos de campo existentes – NIOSH 7701 e NIOSH 7700 as vantagens em favor do método 7702 são grandes.

Em resposta a uma consulta por “e-mail” a OSHA foi recebida, em 06/06/03, cópia de uma correspondência enviada pela OSHA a NITON Corporation referindo-se especificamente ao princípio de medida do método NIOSH 7702. Vão abaixo traduzidos os parágrafos mais diretamente pertinentes:

“A OSHA reconhece que a Housing and Urban Development (HUD) e a Environmental Protection Agency (EPA) consideram os analisadores de fluorescência de Raios X aceitáveis para analisar chumbo em tinta ao nível de liberação de $1,0\text{mg}/\text{m}^2$. Nós também reconhecemos que alguns instrumentos podem medir precisamente a níveis substancialmente mais baixos. Entretanto, por favor, fique sabedor de que enquanto analisadores de fluorescência de Raios X podem ser um método aceitável de análise para atender as exigências da HUD e da EPA, as preocupações da OSHA são diferentes daquelas da HUD e da EPA.

A missão da OSHA é prover um ambiente de trabalho seguro e saudável para os trabalhadores americanos. Para realizar esta tarefa na área do chumbo, nos caçamos primariamente nas medidas atmosféricas para determinar o nível de exposição do empregado. A OSHA não considera qualquer método que dependa somente na análise de materiais em bruto ou conteúdo superficial de chumbo (ou outro material tóxico) ser aceitável para prever seguramente a exposição dos empregados a contaminantes atmosféricos.

Sem resultados da monitoração atmosférica ou sem o benefício de dados históricos ou objetivos (incluindo amostragem de ar que demonstre claramente que os empregados não têm possibilidade de ficar expostos acima do nível de ação durante qualquer processo, operação ou atividade) a análise de amostras em bruto ou superficiais não pode ser usada para determinar a exposição do empregado a atmosferas. Portanto, a interpretação descrita na carta de 1 de Março de 1999 está correta” (OSHA, 2003).

4. ANÁLISE DOS DADOS – ESTUDO DE CASO

4.1 Considerações Iniciais

Até o momento foram descritas situações, no sentido de mostrar como a atividade de monitorar os ambientes de trabalho é parte integrante de uma preocupação viva e presente visando propiciar melhores condições de trabalho, em particular nas pequenas e médias empresas de fabricação de baterias do tipo chumbo-ácida.

Neste capítulo serão apresentados levantamentos feitos aqui e que complementarão aqueles apresentados no Capítulo 1. Não se tem a intenção de ser abrangente e cobrir todo o tipo de situação existente. De fato o que se procurou foi, considerando tempo-espaço, mostrar o quão diversas podem ser as atividades e locações em que o chumbo aparece e atua na saúde dos trabalhadores e, eventualmente de seus familiares..Em breve serão apresentados os dados da “INDÚSTRIA II” já referida e estudada, bem como os métodos que melhor se adequariam para que nela se implantasse uma monitoração ambiental. Esta adequação, assim e esperado, será compreensiva o suficiente para cobrir o segmento já mencionado de pequenas e médias manufaturas.

A preocupação com a saúde da população em geral e com a melhoria das condições de trabalho em particular tem progressivamente levado as pessoas e as organizações a procurar se defender dos perigos reais que envolvem o seu dia a dia e seu trabalho. Foi mencionado no Capítulo 1 o papel das inclusões e o seu potencial de provocar danos, prejudicar a qualidade de vida e até matar. Esses danos têm um potencial maior de ocorrer onde as medidas de proteção ao trabalhador, manuseio da matéria prima sem os devidos cuidados e afinal uma sociedade onde os níveis de desemprego são, para não dizer o pior, preocupantes. No nosso caso o levantamento abaixo ilustra bem a questão.

4.2 Levantamento de Dados da Indústria Estudada

Já foram realizados alguns levantamentos nas indústrias de baterias chumbo-ácidas do estado do Rio de Janeiro. Araújo, Piveta & Moreira (1999) apontam como problema básico de contaminação ambiental observada residindo na emissão e dispersão de poeira contendo chumbo por todo o ambiente da fábrica contaminando o ar, as superfícies (chão e bancadas), as roupas e mãos dos trabalhadores facilitando sua absorção. Assim a culpa pela contaminação normalmente atribuída ao trabalhador depende, na realidade, do processo de produção, das condições de trabalho e da manutenção de um ambiente insalubre e inadequado.

Cervo (2002) apresenta em seu trabalho duas indústrias de baterias situadas na cidade do Rio de Janeiro e que no trabalho foram chamadas “INDÚSTRIA I” e “INDÚSTRIA II”. A assim chamada “INDÚSTRIA I” emprega vinte e duas pessoas entre a produção e outras atividades. A “INDÚSTRIA II” emprega oito pessoas e utilizando suas instalações e operários o CESTEJ-FIOCRUZ produziu o vídeo “CARGA PESADA – AS INDÚSTRIAS DE BATERIAS CHUMBO ÁCIDAS E A SAÚDE DO TRABALHADOR”.

Esta segunda indústria nos fornece o vídeo e o mapa de análise de risco (Anexo 3).

A pobreza de recursos se reflete desde os equipamentos utilizados para realizar as diversas operações que são necessárias para se chegar ao produto final que refletem a necessidade de minimizar ao máximo os custos para um produto cuja margem de lucro é pequena até equipamentos de proteção coletiva e individual.

O vídeo aponta com detalhes as inúmeras situações e condições que, para a indústria em particular precisam ser estudadas no sentido de se melhorar os níveis de saúde ocupacional dos trabalhadores. Apesar da particularidade do documento, este não é algo que descreva uma situação somente ocorrida ocorra ali.

4.3 Discussão sobre a Metodologia de Amostragem e Análise Melhor Aplicada ao nosso Problema – Avaliação de Custos

A utilização deste método e dispositivos é muito difundida em vários países e por instituições de renome daí ser conveniente a discussão que, em torno dele, fez o INRS (2001) e da qual foram separados alguns trechos que seguem no parágrafo abaixo.

Malgrado a utilização corrente deste dispositivo em numerosos países, existem poucos dados deste amostrador em termos de sua eficácia de amostragem em função do tamanho das partículas. O estudo de um dispositivo de geometria semelhante (Chung, Ogden & Vaughan, 1987) empregava um amostrador montado numa configuração de amostragem individual sobre um manequim da altura de um homem e era possível modificar a orientação do mesmo em relação a direção do vento externo. O dispositivo estava montado de tal sorte que o orifício de entrada estava direcionado para a frente e seu eixo estava aproximadamente em posição

horizontal, A baixa velocidade do vento exterior (velocidade = $0,6 \text{ m.s}^{-1}$) com a face para o vento e uma vazão de amostragem de 1 L/min^{-1} , a eficácia de amostragem é próxima de 0,9 para um diâmetro aerodinâmico das partículas inferior a $18 \mu\text{m}$. Se a vazão é mais elevada (2 ou 4 L/min^{-1}) a eficácia é mais próxima de 0,8. Esta diferença é relativamente pequena e traduz a débil sensibilidade da eficácia da amostragem vis a vis a vazão para este tipo de instrumento. Aos resultados obtidos a uma vazão de 2 L/min^{-1} para valores superiores de velocidade de vento mostram um decréscimo mais acentuado na eficácia de amostragem cerca de 0,5 para a velocidade de vento de igual a $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ e 0,3 para a velocidade de $3,5 \text{ m.s}^{-1}$. Em outros estudos mais recentes os resultados apontam para o mesmo problema. mas, aponta o estudo do INRS , há um grande número de complicadores ligados a , por exemplo, a dificuldade em obter um aerossol homogêneo em concentração e granulometria num mesmo plano de horizontal da zona de medida do túnel de vento. Conclui o trabalho que os estudos feitos com o cassete de 37 milímetros de diâmetro foram efetuados em condições de operação muito variadas; eles sofrem aliás com numerosas imperfeições ao nível experimental ligadas em grande parte às dimensões relativamente importantes dos túneis de vento que foram utilizados. A situação atual, conclui o trabalho, não permite a modelagem do comportamento deste amostrador como ocorre igualmente para outros tipos de amostradores de fração inalável e de calcular suas performances em termos de “bias” e de imprecisão, como está previsto pela norma europeia PrEN 13205. Também, estima o trabalho, que o dispositivo de amostragem cassete fechado de 37mm de \varnothing aerodinâmico, entre outras conclusões, é bem adaptado para análises se metais e metalóides pela facilidade de recuperação dos depósitos internos ou da mineralização direta no próprio cassete.

Em termos de custos, aqui no Brasil, seguem os valores aproximados abaixo, utilizando um valor base para o dólar americano de R\$3,00/dólar:

- kit de bomba amostradora - 1385 (mil trezentos e oitenta e cinco) dólares
- calibrador de bomba – 2365 (dois mil trezentos e sessenta e cinco dólares) dólares
- cassete porta-filtro – 25 (vinte e cinco) dólares
- membrana de éster de celulose – 140 (cento e quarenta) dólares – caixa com 50 unidades

O que somado dá um valor aproximado de 3915 (três mil novecentos e quinze dólares) lembrando que as membranas são material de consumo e um ítem de reposição permanente e que apenas um cassete porta –filtro pelo fato de ser feito de material que de tempos em tempos necessita de reposição e de necessitar de um número maior de exemplares permitindo uma continuidade na amostragem, recomenda um maior número para estes itens. Sejam duas caixas de membranas e seis cassetes porta-filtros totalizando , também aproximadamente

4180 (quatro mil,cento e oitenta) dólares.

Quanto ao método de análise a imensa maioria dos trabalhos se refere aos métodos 7082, 7105 e 7300 da numeração da NIOSH ou equivalentes de outras entidades. Assim , embora muitas das nossas instituições possuam equipamentos mais sofisticados sendo que o próprio CESTEJ utilizou o forno de grafite acoplado a absorção atômica, é sugerido o método de absorção atômica , método NIOSH 7082 ou equivalente. É claro que na disponibilidade de executar uma metodologia mais precisa e metodologia no caso é sinônimo de aparelho não há nenhum impedimento. A tabela abaixo reúne os diversos itens de custo que usou-se na comparação.

Tabela 4. Custos comparados em dólares americanos de diversas metodologias NIOSH para amostragem e análise de chumbo em ambiente de trabalho.

| Método | Caracterização | Conjunto | | Aparelhagem | | Total | Observações |
|---------------|--|------------------------|-----------|--|-----------|-------|------------------------------------|
| | | Amostrador Tipo (1) | Custo (1) | para Análise Tipo (2) | Custo (2) | | |
| NIOSH 7082 | amostragem atmosférica + análise | bomba + filtro | 4180 | absorção atômica | 50000 | 54180 | - |
| NIOSH 7105 | idem | idem | 4180 | absorção atômica + forno de grafite | 87000 | 91180 | inclui gerador de hidrogênio |
| NIOSH 7300 | idem | idem | 4180 | absorção atômica com plasma | 93000 | 97180 | - |
| NIOSH 7701 | idem | idem | 4180 | ultra som + voltametria de redissolução anódica | 25000 | 29180 | - |
| NIOSH 7702 | idem | idem | 4180 | fluorescência de Raios X | 15000 | 19180 | - |

(1) Custos em dólares americanos @ R\$3,00/dólar incluindo 6 cassetes porta-filtros + 2 caixas de filtros; (2) custos em dólares americanos incluindo equipamento para purificação d'água + forno microondas para digestão da amostra.

RECOMENDAÇÕES

Proposta de um Método Geral para Aplicação em Indústrias de Baterias Semelhantes à Estudada

Como resultado dos dados dos capítulos anteriores e das necessidades de um método efetivo em que as preocupações com o custo possam ser incorporados sem prejuízo da qualidade propõe-se o método da absorção atômica NIOSH 7082 ou equivalente como método base para avaliação das indústrias de baterias chumbo ácidas. Esta proposta se baseia, entre outras razões, nas apontadas abaixo:

- é o método padrão para muitas campanhas em vários países e por várias instituições sendo inclusive, sob outras condições de amostragem e preparação de amostras utilizado para determinação de chumbo em outros meios , sangue, por exemplo.
- há razoável disponibilidade do aparelho e por conseqüência, de elementos treinados no seu uso no Brasil.
- das três modalidades empregando o mesmo princípio para efetuar a medição, isto é, métodos NIOSH 7082, 7105 e 7300 o método 7082 é o mais barato.

O que fica evidente nos trabalhos realizados inclusive pelo CESTEH-FIOCRUZ, já referido, é que têm sido usados variantes mais precisas e mais caras comparativamente ao método escolhido. Estar sugerindo um método mais barato não contraindica os métodos mais dispendiosos. Reflete uma preocupação com custos compatível com as necessidades do nosso país. Sempre que se tiver acesso a métodos mais precisos obviamente vai se ter mais vantagens do que ao utilizarmos o método sugerido. Fica claro que as exigências necessárias para cobrir as necessidades de uma avaliação da responsabilidade desta serão satisfeitas plenamente pelo uso do método sugerido.

Recomendações

Em todos os trabalhos publicados sobre o assunto é unânime a preocupação com a saúde do trabalhador evidenciando o tanto de preocupação a respeito das conseqüências do chumbo sobre os trabalhadores e, direta ou indiretamente, sobre seus dependentes. Esgotar as recomendações que o assunto suscita não é o caso. As listadas abaixo procuraram cobrir alguns pontos de relevância não ficando restritas àquelas ligadas diretamente ao tema do trabalho.

- As campanhas de monitoração deverão a par das amostragens de ar incluir as análises de Pb-S. Mesmo trabalhando-se num ambiente que, pelas medições de qualidade do ar esteja em concordância com as disposições legais não se deve prescindir das informações colhidas nos próprios indivíduos. Pode-se estar enfrentando uma situação em que o transporte de material particulado contendo chumbo pelo trabalhador para sua casa seja ponto a considerar se, por acaso, esse trabalhador estiver operando em um ambiente contaminado e não dispor de uma muda de roupa para troca e/ou não se banhar após a jornada de trabalho Como estas ocorrências se encontram referidas na literatura, confirmadas por campanhas de medição que envolveram a descoberta de elevadas concentrações de chumbo no sangue , a preocupação cabe.
- Fazer com que o processo de avaliação seja um processo de participação, em todas as etapas, por parte daqueles que devem ser o objeto maior dos estudos. As medições, resultados, melhorias nas condições etc. devem embutir um constante diálogo e estimular a participação ativa dos trabalhadores.
- Necessidade de um trabalho que estabeleça um fórum de discussão permanente e atualizado que tenha apoio institucional para recolher dados e realizar estudos visando a melhoria das condições de trabalho e acompanhamento da saúde do trabalhador. Embora a nossa discussão esteja centrada nas indústrias de baterias chumbo ácidas é evidente que o número de atividades utilizando o metal é muito mais abrangente. Citamos, apenas como exemplo as atividades das indústrias eletroeletrônicas e os serviços de solda de radiadores automotivos muitas delas realizados em condições precárias.
- Acompanhamento das pesquisas em relação a novos métodos analíticos que possam oferecer maior flexibilidade em termos de tempo e custo de modo a fornecer, por exemplo, resultados imediatos de análise.
- Realização de campanhas educativas junto a pequenos e médios fabricantes mas que possam ser acompanhadas por apoio material já que esta atividade, na escala a que

estamos nos referindo não tem capacidade de realizar por conta próprias estas determinações. O custo de R\$500,00 (quinhentos reais) por uma coleta e análise de chumbo no ar é um valor aproximado de mercado.

➤ Seguir as orientações do INMETRO que são aplicadas a validação de métodos de ensaios químicos e a utilização de métodos normalizados emitidos por órgãos reconhecidos gozando de credibilidade na comunidade científica ou publicados em livros e/ou periódicos de reconhecida autoridade. Um laboratório para empregar esses métodos necessita demonstrar que tem condições de operar de maneira adequada os métodos, dentro das condições específicas existentes em suas instalações, antes de implantá-los (INMETRO, 2003). Um método já validado por um órgão de reconhecida credibilidade não necessita de sofrer nova validação pelo laboratório que pretende empregá-lo mas, sua adoção envolverá treinamento e familiarização. O Dutch Board of Accreditation apresenta as suas exigências em relação a validação de métodos analíticos e que levam em conta diversas características do método em questão.(vanZonen et al., 1999). Mesmo laboratórios acreditados, participando em recente programa de determinação de chumbo no sangue que envolveu vinte e três laboratórios de nove países da América Latina, ao receberem quatro amostras de concentração real conhecida, apresentaram nas duas primeiras determinações desvios significativos em comparação com esse valor. As duas últimas análises feitas em amostras enviadas cerca de seis meses depois, já apresentaram uma melhor performance por parte dos laboratórios participantes (PAHO/GTZ, 2000).

CONCLUSÕES

Demonstrou-se que o chumbo no decorrer da história tem acompanhado o homem em um número muito grande de aplicações e penetrado o seu corpo,. O chumbo não tem nenhuma participação positiva nos processos vitais e, quando incluso no organismo humano, deve ser expulso. É indiscutível que, na impossibilidade de abrir mão das vantagens e aplicações do metal, a ênfase deve estar dirigida no sentido da exploração inteligente. A busca por melhores condições de trabalho é um item que não pode ser ignorado e/ou postergado.

Este trabalho centrou-se na amostragem e determinação de chumbo e seus compostos inorgânicos na atmosfera. Com base nos métodos disponíveis, a discussão com especialistas, consultas a bibliografia especializada e da avaliação das condições locais chegou-se a indicação de um método adequado de amostragem e análise satisfazendo aos critérios de seleção.

As dificuldades encontradas, das quais pode-se ressaltar a seleção dos artigos relevantes de uma vasta bibliografia a avaliar, foram centradas na seleção e análise das metodologias aplicadas nas pesquisas divulgadas, para o confronto crítico.

Como já descrito no capítulo anterior há base para se acreditar na vantagem que se pode obter com a aplicação, após estudo cuidadoso de suas limitações, do método NIOSH 7702 – Fluorescência de Raios X ou equivalente para avaliação “in loco” dos ambientes de trabalho e das amostragens individuais, podendo ser realizada com equipamentos de pequeno tamanho e peso (portáteis), como descrito no método. Esta metodologia já tem sido empregada inclusive para determinações de chumbo “in vivo” de trabalhadores. Pode-se, com a adoção de uma tecnologia que gere dados, para indicar quais pontos merecerão melhor atenção, investindo na aplicação de recursos humanos e materiais de modo a atingir os objetivos. Como, não foram encontrados na bibliografia referências a utilização no Brasil dessa técnica para os fins dos estudos fica a sugestão para um desdobramento a pesquisar.

Uma preocupação maior, e que não deve ser ignorada, é a capacidade de pequenas firmas em poder enquadrar-se nas exigências legais em relação a avaliação de riscos. Não se pode contar com a admissão de profissionais especializados por parte de atividades que operam em condições tão restritivas como as referidas. A formação de pessoas capazes de fazer um trabalho de mediação é questão relevante. Esta formação é uma necessidade a ser satisfeita constituindo-se numa das tarefas dos grupos governamentais que hoje prestam assistência às pequenas e médias empresas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH, 1999 TLV's® e BEI's®, edição de 1999. Trad. Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais (ABHO). 175p., 1999.

ARAÚJO, GIOVANNI M. de; BENITO, JUAREZ (Col.); SOUZA, CARLOS. R.C.de (Col.) *Normas Regulamentadoras Comentadas*, 3ª ed., Rio de Janeiro: Green Management Editora, 2002.

ARAÚJO, ULISSES 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 Toxicologia Ocupacional, 1996.

ARAÚJO, ULISSES C.; PIVETTA, FÁTIMA R.; MOREIRA, JOSINO C. *Avaliação da Exposição Ocupacional ao Chumbo: Proposta de uma Estratégia de Monitoramento para Prevenção dos Efeitos Clínicos e Sub-Clínicos*. In: *Cadernos de Saúde Pública*, v.XV, n.1, 1999.

BABOR, JOSEPH. A.; AZNARÉZ, JOSÉ I. *Química General Moderna*, 6ª ed., Barcelona: Editorial Marin, 1144p., 1962.

BISWAS, D.K.; NIRVAN, Y.P.S. *Understanding Lead and Lead Based Alloys*. Disponível em: <www.leadpoison.net/general/UNDERSTADING.htm>. Acesso em:23/10/2002.

CALIFORNIA DEPARTMENT OF HEALTH SERVICES. *Occupational Lead Poisoning Prevention Program, Blood Lead Levels in California Workers 1995-1999*, 3p., 2002.

CANFIELD, RICHARD L.; HENDERSON JR., CHARLES R.; CORY-SLECHTA, DEBORAH A.; COX, CHRISTOPHER; JUSKO, TODD A.; LANPHEAR, BRUCE P. *Intellectual Impairment in Children with Blood Lead Level Concentrations below 10 µg per Deciliter*. In: *The New England Journal of Medicine*; v.CCCXLVIII, n.16, p.1517-1526, 2003.

CARDENAS-BUSTAMANTE, OMayda; VARONA-URIBE, MARCELA E; NUÑEZ-

TRUJILLO, SANDRA M.; ORTIZ-VARÓN, JAIME E.; PEÑA-PARRA, GERMÁN E. *Correlación de Protoporfirina Zinc y Plomo em Sangre em Trabajadores de Fábricas de Baterías, de Bogotá, Colômbia*. In: *Salud Pública de México*, v.XLIII, p.1-7, 2001.

CARNAP, RUDOLF; GARDNER, MARTIN (Ed.). *An Introduction to the Philosophy of Science*. New York: Dover Publications Inc, p.62, 1995.

CENTER FOR DISEASE CONTROL – CDC, DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, PREVENTING LEAD POISONING IN YOUNG CHILDREN: A *Statement by the Center for Disease Control*, Atlanta: CDC, 1991.

_____. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry – ATSDR, Public Health Statement for Lead*. Disponível em: <atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/phs8817.html>. Acesso em 1997.

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*. Rio de Janeiro: DESMA/FEUERJ/UERJ, 2002.

CHRISPIM, PEDRO H.S.; FACHINI, ROBERTO G. *Serviços de Caldeiraria Pesada Envolvendo Produtos Perigosos*. In: Seminário de Segurança Industrial, 5., Instituto Brasileiro de Petróleo, Fortaleza, CE, 1987.

CHUNG, K.Y.K.; OGDEN, T.L.; VAUGHAN, N.P. *Wind Effects on Personal Dust Samplers*. In: *J. Aerosol Science*, v.XVIII, n.2, pp.159-174, 1987.

COELHO, RICARDO M.P.; GRECO, MAGDA K.B. *Teores de Metais Pesados em Organismo Zooplânctonico e na Macrofito Eichhornia Crassipes no Reservatório da Pampulha, Belo Horizonte, MG*. In: *Água em Revista*, ano VI, n.10, pp.64-69, 1988.

COMMONWEALTH OF MASSACHUSETTS, Department of Labor and Industries, Division of Occupational Hygiene. *Health Hazards in Massachusetts Industries, Lead Storage Battery Manufacture*. Disponível em: <www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/download.txt>. Acesso em: 17/11/2002.

COMPUTER TAKE BACK CAMPAIGN in collaboration with HEALTH CARE WITHOUT

HARM. *Environmentally Preferable Procurement Guidelines for Electronic Products – Draft*: April 16, 2003 . Disponível em: <www.computertakeback.com/legislation_and_policy/hchw_procurement.cfm>. Acesso em: 16/08/2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. *Resolução nº257*. In: *Diário Oficial da União*, Brasília, 30/06/1999.

DOST, A.A. *Monitoring Surface and Airborne Inorganic Contamination in the Workplace by a Field X-Ray Fluorescence Spectrometer*. In: *Annals of Occupational Hygiene*, 40, n.5, pp.589-610, 1996.

FEIGL, F. *Análisis Cualitativo Mediante Reacciones a la Gota – Aplicaciones Inorgánicas y Orgánicas*, Madrid: Paraninfo, p.66,1949.

FLEURY, A.C.C.; VARGAS, N. (Org.) *Organização do Trabalho: Uma Abordagem Interdisciplinar; Sete Estudos sobre a Realidade Brasileira*, 1ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 1983.

FORTES, J.D.N. *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*. Tese de Doutorado apresentada a FIOCRUZ/ENSP, ENSP, Rio de Janeiro, 2003.

FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO – FAPESP, Processo Fapesp 01/03444-0. *Recuperação de Chumbo Metálico por um Processo Eletrohidrometalúrgico – Empresa Global Eletroquímica Ind. e Com. de Metais Ltda*. In: Disponível em: <Watson.fapesp.Br/PIPEM/Pipe9/engmat2.htm>. Acesso em: 31/03/2003.

GEORGE, ABRAHAM M. *Conference on Lead Poisoning Prevention & Treatment, Bangalore,India, Introductory Remarks by Organizer & Host*. Disponível em: <www.leadpoison.net/general/intro.htm>. Acesso em: 12/12/2002.

GORRASI, TÉRSIO. *Desmontagem de Tanques contendo Chumbo Tetraetila – monitoração biológica e ambiental nos trabalhos de Publicação Interna Petrobrás*, 1987.

GRANDE ENCICLOPÉDIA LAROUSSE CULTURAL. Larousse 1995, Nova Cultural,

6113p., 1998.

GRAY, KIMBERLY A. *Envenenamento por chumbo é ligado a plantas. O GLOBO*, Caderno Ciência e Vida, p.36, 22/11/2003.

HEALTH & SAFETY EXECUTIVE – HSE. *HSE Press Release E032:02 – 27 February 2002, HSE Statistics on Worker Blood-Lead Levels*. Disponível em: <www.hse.gov.uk/press/2002/e02032.htm>. Acesso em: 2002.

HER MAJESTY STATIONERY OFFICE – HMSO. *Statutory Instrument N°543, The Control of Lead at Work Regulations*, 1998.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE – INRS. *Métropol – Metaux-Metalloïdes, Fiche 003*, 11p. Mise à jour 12/09/00.

_____. *Stratégie d'évaluation de l'Exposition et Comparaison aux Valeurs Limites*. In: *Cahiers de Notes Documentaires, Fiche A*, 23p. Mise à jour 12/09/00.

_____. *Métropol – Échantillonnage des Aérosols, Généralités, Fiche H1*, 12p. Mise à jour 15/03/01.

_____. *Métropol – Échantillonnage Individuel de la Fraction Inhalable d'un Aérosol par "Cassette Fermée", Fiche H2*, 6p. Mise à jour 15/03/01.

_____. *Métropol – Anions Minéraux, Fiche 009*. Mise à jour 10/06/02.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – INMETRO. *Orientações sobre Validação de Métodos de Ensaio Químicos, DOQ-CGCRE-008, Revisão : 01*, pp. 1-35, 03/2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. *International Standard ISO 9855:1993(E), Ambient Air — Determination of the Particulate Lead Content of Aerosols Collected in Filters — Atomic Absorption Spectrometric Method*, pp.1-7, 1993.

KENDALL, R.J.; LACHER, T.E.; BUNCK, C.; DANIEL, B.; DRIVER, C.; GRUE, C.E.;

LEIGHTON, F.; STANSLEY, W.; WATANABE, P.G.; WHITWORTH, M. *An Ecological Risk Assessment of Lead Shot Exposure in non Waterfowl Avian Species: Upland Birds and Raptors*. In: *Environmental Toxicol Chem*, 15, pp.4-20, 1996.

KRUTCH, J.W. *The Modern Temper – A Study and a Confession*. New York: Harvest Books, 169p., 1956.

LANPHEAR, B.P.; CANFIELD, R.L.; HENDERSON, C.R.; CORY-SLECHTA, D.A.; COX, C. *Environmental Exposure to Lead and Childrens Intelligence at Blood Lead Concentrations below 10 Micrograms per Deciliter*. In: *Pediatric Res*, 49(4pt 2 Suppl.):16A, 2001.

LANPHEAR, BRUCE. *Novas provas sobre os males do chumbo*. O GLOBO, Caderno Ciência e Vida, p.22, 19/04/2003.

MILLER, J.G. *The Nature of Living Systems*. In: *Behaviorial Science*, v.XVI, pp.290-291, July 1971.

MINISTRY OF ENVIRONMENT AND FORESTS. *Notification, Battery (Management and Handling) Rules, 2000*. New Delhi, pp.1-17, 2001.

MITCHELL, James K. (Ed.). *The Long Road to Recovery*. United Nations University Press, 1996.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH – NIOSH. *Manual of Analytical Methods Fourth Edition*, 1994.

NEEDLEMAN, H.L. *History of Lead Poisoning in the World*. Disponível em: <www.leadpoison.net/general/history.htm>. Acesso em: 12/12/2002.

NICKERSON, S.P. *Tetraethyl Lead: a Product of American Research*. In: *J. Chem Educ.* 31, pp.560-571, 1954.

NIESINK, RAYMOND J.M.; de VRIES, JOHN; HOLLINGER, MANNFRED A. (Eds.) *Toxicology – Principles and Applications*. Boca Raton / New York / London / Tokyo: CRC Press, p.3, 1996.

OBERHANGER, J. *Dismantling of Chemical Plants Handling Hazardous Substances*. In:

Loss Prevention and Safety Promotion in the Processin Industry, Second International Symposium. Heidelberg, RFA, 06-09/09/1977.

OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION – OSHA. *Salt Lake City Technical Center, Inorganic Methods Evaluation Protocol.* Disponível em: <www.osha-slc.gov/dts/sltc/methods/imeprotocol/index.html>. Acesso em: 29/09/2001.

_____. *Use of X-ray fluorescence (XRF) is not acceptable to determine employee lead exposure.* Disponível em: <www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=INTERPRETATI>. Acesso em: 06/06/03.

PAHO/GTZ QA QC PROGRAM ON BLOOD LEAD. *Final Report.* Disponível em: <www.cepis.org.pe/eswww/repamar/gtzproye/progbloo/progbloo.html>. Acesso em: 08/01/2004.

PALAZUELOS-RENDÓN, EDUARDO. *Efectos del Plomo en la Salud Infantil.* In: *El Plomo en America – Estrategias para la Prevención, Conferencia para la Reducción de la Exposición al Plomo en America, Cuernavaca, Morcelos, México*, p.67, 8-10/05/1995.

PIRKLE, J.L.; BRODY, D.J.; GUNTER, E.W.; KRAMER, R.A.; PASCHAL, D.C. *et al.* *The Decline in Blood Lead Levels in the United States: the National Health and Nutrition Examination Surveys(NHANES).* In: *J.Am. Med. Assoc.* 272(4), pp.284-291, 1994.

RAMAZZINI, BERNARDINO. *As Doenças dos Trabalhadores.* 2^a ed. Trad. Raimundo Estrela. São Paulo: FUNDACENTRO, 269p, 1999.

RICH, GERALD A. *Air Pollution Update.* In: *Pollution Enginnering*, v.XX, n.5, pp.40-49, 1988.

SAKURAI, H. *Brief Introduction to Occupational Exposure Limits in Japan.* In: *Journal of Occupational Health*, 39, pp.247-260, 1997.

SCOTT, WILFRED W.; FURMAN, N.H. (Ed.) *Standard Methods of Chemical Analysis.* 5th ed. New York: D. Van Nostrand, p.517, 1950.

SKC COMPREHENSIVE CATALOG AND AIR SAMPLING GUIDE. *International Edition*, 168p., 2002/2003.

THE FRANKLIN INSTITUTE ONLINE. *The Human Brain Protection*. Disponível em: <www.fi.edu/brain/lead/index.html>. Acesso em: 31/07/2003.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. *Workshop on The Phase Out of Leaded Gasoline in East Africa – Cleaner Air in East Africa's Cities through Cleaner Fuels*. Gigiri, Nairobi, 5-7/06/2002.

_____. *Technical Guidelines for the Environmentally Sound Recycling/Reclamation of Metals and Metal Compounds Controlled under the Basel Convention*. Secretariat of the Basel Convention, 42p., 2002.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. *Technology Transfer Network, Air Toxics Website, Lead Compounds*. 5p. Disponível em: <www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/lead.html>. Acesso em: 13/10/2002.

VAN ZONEN, PIET ; HOOGERBRUGGE , RONALD ; GORT, STEVEN M. ; VAN DE WIEL, HENK J. ; VAN'T KLOOSTER, HENK A.. *Some Practical Examples of Method Validation in the Analytical Laboratory*. In Trends in Analytical Chemistry ,18,nos. 9+10,1999.

VINCENT, R.; JEANDEL, B. *Analyse des résultats archivés dans la base de données COLCHIC*. INRS, Cahiers de Notes Documentaires, n.187, pp.62-72, 2^o trimestre, 2002

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. *Hazard Prevention and Control in the Work Environment: Airborne Dust*. Geneva,1999..

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, RJ, 2001.

_____. *Métodos de Amostragem e Análise de Poluentes Gasosos*. Trabalho final de disciplina realizada no DESMA/FEUERJ/UERJ – Área de Controle de Poluição, RJ, 2001.

ALHADEFF, C.M.; FORTES, J.D.N.; MATTOS, U.A.O. *Air Pollutant Control Systems for*

Small Industries – The Case Study of Lead-Acid Battery Industries. In: 27th ICOH International Congress on Occupational Health, Foz de Iguaçu, 2002.

_____. *Sistemas de Retenção de Contaminantes Atmosféricos – O Caso de Pequenas e Médias Indústrias de Baterias Chumbo-Ácidas*. IX ENASSMA, Santos, SP, 2002.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. *Standard test Method for Lead In Gasoline by Atomic Absorption Spectroscopy*, D 3237 – 97, 1997.

AMPTEK. *X Ray Fluorescence*. Disponível em: <www.amptek.com/xrf.html>. Acesso em: 06/06/2003.

BEER, TOM; ZIOLKOSKI, FRANK. *Environmental Risk Assessment: an Australian Perspective*. In: *Supervising Scientist Report 102*. Australian Academy of Science Fenner Conference on the Environment, Canberra, Australia, ISBN O 642 24301 8,1995.

CALIFORNIA CODE OF REGULATIONS, § 5216, Lead, Appendix B. Disponível em: <www.dir.ca.gov/title8/5216.html>. Acesso em 11/07/2003.

CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY – CCOHS. *What is the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Recommended Exposure Limit for Lead?* Disponível em: <www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/lead/working_lead.html>. Acesso em: 08/05/2003.

_____. *How Workplace Chemicals Enter the Body*. Disponível em: <[www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/how_chem.html? print](http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/how_chem.html?print)>. Acesso em 16/05/2003.

CARTON, B.; JEANDEL, B. *Le Risque Saturnin – Informations Fournies par la Base de Données COLCHIC*. In: *Cahiers de Notes Documentaires*, n.151, pp.229-236, 1993.

CARVALHO, F.M.; SILVANY-NETO, A.M.; LIMA, M.E.C.; TAVARES, T.M.; ALT, F. *Lead and Cadmium Poisoning among Workers in Small Establishments for Repairing Batteries in Salvador, Brazil*. In: *Revista de Saúde Pública*, v.XIX, n.5, pp.411-420, 1985.

CHAVES, CLAUDIA A. *Estratégia de Amostragem de Riscos Químicos: Proposta para uma*

Instalação de Distribuição de Combustíveis Líquidos. Tese de Mestrado apresentada ao Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente, Universidade Federal Fluminense, 205p, 2003.

ERMOLENKO, A.E.; KHELKOVSKIY-SERGEEV, N.A.; KRAVCHENKO, O.K. *New Hygienic Requirements in Work with Lead*. In: *Meditina Truda I Promyshlennaya Ekologiya*, n.5, pp.34-37, 2001.

FREUND, EUGENE; SELIGMAN, PAUL J.; CHORBA, TERENCE L.; SAFFORD, SUSAN K.; DRACHMAN, JONATHAN G.; FULL, HARRY F. *Mandatory Reporting of Occupational Diseases by Clinicians*, *MMWR Recommendations and Reports*, June 22, 1990. Disponível em: <www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00001666.htm>. Acesso em 27/08/2003.

HODGKINS, D.G.; ROBINS, T.G.; HINKAMP, D.L.; SCHORK, M.A.; KREBS, W.H. *A Longitudinal Study of the Relation of Lead in Blood to Lead in Air Concentrations among Battery Workers*. In: *BR J IND MED*, v.XLIX, n.40, pp.241-248, 1992.

HODGKINS, D.G.; HINKAMP, D.L.; ROBBINS, T.G.; SCHORK, M.A.; KREBS, W.H. *Influence of High Past Lead-in-Air Exposures on the Lead-in-Blood Levels of Lead-Acid Battery Workers with Continuing Exposure*. In: *J OCCUP MED*, v.XXXIII, n.7, pp.797-803, 1991.

HODGKINS, D.G.; ROBBINS, T.G.; HINKAMP, D.L.; SCHORK, A.; LEVINE, S.P.; KREBS, W.H. *The Effect of Airborne Lead Particle Size on Worker Blood-Lead Levels : An Empirical Study of Battery Workers*. In: *J OCCUP MED*, v.XXXIII, n.12, pp.1265-1273, 1991.

ILLINOIS DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH. *Declining Incidence and Severity of adults with Elevated Blood Lead in Illinois, 1991-2000*. In: *Health and Hazardous Substances Registry Newsletter*, Spring 2001, 2p.

INGLES, O. *A Linguistic Approach to Hazard, Risk and Error*. In: HANDMER, J. et al. (Eds.) *New Perspectives on Uncertainty and Risk Centre for Resource and Environmental Studies*. Canberra and Australian Counter Disaster College, Mt. Macedon, pp.66-78, 1991.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE – INRS. *Valeurs Limites*

d'Exposition Professionnelle aux Agents Chimiques en France. In: *Cahiers de Notes Documentaires – Hygiène et Sécurité du Travail*, n°174, 20p.,1999.

_____. *Evaluation de l'Exposition au Plomb Atmosphérique dans l'Air dès lieux de Travail.* In: *Cahiers de Notes Documentaires – Hygiène et Sécurité du Travail*, n°177, 5p, 1999.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY – INCHEM. *Environmental Health Criteria 3.* Published under the joint sponsorship of UNEP and WHO, Geneva: WHO,143p., 1977.

JENSEN, P.L.; ALSTRUP, L.; THOFFT, E. *Workplace Assessment: A Tool for Occupational Health and Safety Management in Small Firms?* In: *Applied Ergonomics*, v.XXXII, n.5, pp.433-440, 2001.

JOLLY, C.D. *Portable Low-Cost Analyzer for Toxic Metal Aerosol.* In: *Crisp Data Base National Institutes of Health*, 1999.

KNUTSON, EARL O.; LIOY, PAUL J. *Measurement and Presentation of Aerosol Size Distributions.* In: *Air Sampling Instruments.* HEUNY, SUSANNE V. – Techn. Edit., 7th ed.. Cincinnati: ACGIH , pp.59-72, 1989.

LINDENBOOM, ROBIN. *Lead Management Program.* Disponível em: <www.uiowa.edu/~hpo/IndustrialHygiene/Lead.htm>. Acesso em: 28/05/2003.

LIPPMAN, MORTON. *Size - Selective Health Hazard Sampling.* In: *Air Sampling Instruments.* HEUNY, SUSANNE V. – Techn. Edit., 7th ed. Cincinnati: ACGIH, pp.163-194, 1989.

_____. *Sampling Aerosols by Filtration.* In: *Air Sampling Instruments.* HEUNY, SUSANNE V.- Techn. Edit., 7th ed. Cincinnati:ACGIH, pp.305-336, 1989.

LONDRIGAN, P.S.; TODD, A.C. *Lead Poisoning.* In: *Western Journal of Medicine*, v.CLXI, n.2, pp.135-139, 1994.

MANUAIS DE LEGISLAÇÃO ATLAS. *Segurança e Medicina do Trabalho*. 36^a ed. São Paulo: Atlas, 1997.

MATTOS, U.A.O.; FORTES, J.D.N. *Um Perfil das Micro-Empresas do Tipo Metal-Mecânico no Município do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: DESMA/FEUERJ, 2001.

MAZUR, ALLAN. *Why Do We Worry about Trace Poisons?* Disponível em: <www.fplc.edu/risk/vol7/winter/mazur.htm>. Acesso em: 02/08/2003.

NATIONAL CONFERENCE OF STATE LEGISLATURES – NCSL. *Environment, Energy and Transportation Program , 1999 State Lead Poisoning Prevention Statutes*. 28p. Disponível em: <www.ncsl.org/programs/ESNR/pblaw99.htm>. Acesso em: 1999.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH – NIOSH. *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards*. Disponível em: <www.cdc.gov/niopsh/npg/npgd0368.html>. Acesso em: 10/08/2003.

NIEMEYER, SHIRLEY; GRISSO, ROBERT; WOLDT, WAYNE ; HELDEN, KATHLEEN. *Handling Wastes: Vehicle Batteries*. Disponível em: <www.ianr.edu/pubs/wastemgt/nf195.htm>. Acesso em: 13/10/2002.

OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION – OSHA. *ICP Analysis of Metal /Metalloid Particulates from Solder Operations, Method Number: ID-206*, 12p, 1991.

_____. *Metal & Metalloid Particulates in Workplace Atmospheres (Atomic Absorption), Method Number: ID-121*, 26p, 2002.

OLSSON, MARTIN; BORJESSON, JIMMY; MATTSON, SÖREN. *Vivo XRF Analysis*. Disponível em: <www.rfa.mas.lu.se/research/xrf/xrf.html>. Acesso em: 13/10/2002.

OSTERODE, W.; REINING, G.; MÄNNER, G.; JÄGER, J.; VIERHAPPER, H.. In: *Thyroid 10*. pp.161-164, 2000.

PACA, V.H.M.; MATTOS, U.A.O.; FORTES, J.D.N. *Processo de avaliação da Poluição Atmosférica em Áreas Urbanas Mistas*. In: *XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia*

Sanitária y Ambiental, Cancun, México, 2002.

PANALYTICAL. *X-Ray Fluorescence*. Disponível em: <www.panalytical.com/technologies/xrf>. Acesso em: 06/06/2003.

PARK, DONG-UK; PAIK, NAM-WOM. *Effect on Blood Lead of Airborne Lead Particles Characterized by Size*. In: *Annals of Occupational Hygiene*, v.XLVI, n.2, pp.237-243, 2002.

RANTANEN, JORMA. *Chemical Safety - A Key Issue in Occupational Health*. In: *Chemical Safety*, v.IV, n.1, 1997.

SAXENA, S.K. *System for them Control of Major Accident Hazards in India*. In: *Chemical Safety*, v.IV, n.1, 1997.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. *Manejo Ambientalmente Racional de Baterias Ácidas de Plomo en Centro América y el Caribe – Reporte de Proyecto*, República Dominicana, 49p., 2002.

SENES CONSULTANTS LIMITED. *Development of a Draft Paper on the Hazard Characteristics H11 (Chronic Toxicity)*, Prepared for Secretariat of the Basel Convention , UNEP, 17p., 2002.

SHUBO, A.M.R.; PORTELA, L.F.; GÓMEZ, M.B.; TABALIPA, A.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, Rio de Janeiro: CESTE/ENSP/FIOCRUZ, 2001.

SORKINA, N.S.; MOLODKINA, N.N.; ERMOLENKO, A.E.; LOBANOVA, E.A.; LEGOSTAEVA, I.L.. *Materials to Adjust MAC for Lead in The Air of Workplace*. In: *Dianchi/Battery*, v.XXVIII, n.5, pp.18-24, 1998.

STATE OF MICHIGAN, ENVIRONMENTAL SERVICES DIVISION. *Case Study: Source Reduction in the Auto Industry, # 3904*, 11p., 1994.

THE INTERNATIONAL LEAD MANAGEMENT CENTER, BASEL CONVENTION TECHNICAL WORKING GROUP. *What Is a Lead Acid Battery and why Recycle Used*

Batteries. In: *Workshop for the Environmentally Sound Management of Used Lead Acid Batteries in Central America and the Caribbean*. Trinidad, 4p., 2001.

THOMAS, V.M. *The Elimination of Lead in Gasoline*. In: *Annu. Rev. Energy Environ.*, 20, pp.301-324, 1995.

TODD, ANDREW C.; PARSONS, PATRICK J.; SPENCER, CARROLL; GERAGHTY, CIARAN; FUAD, KHAN A.; TANG, SHIDA; MOSHIER, ERIN L. *Measurements of Lead in Human Tibiae. A Comparison between K-Shell X-Ray Fluorescence and Electrothermal Atomic Absorption Spectroscopy*. In: *Phys. Med. Biol.* 47, pp.673-687, 2002.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. *Environmental Technology Verification Program, Verification Statement, Field Portable X-Ray Fluorescence Analyzer*. EPA-VS-SCM-06, 3p., 1998.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. *Lead Compounds*. Disponível em: <www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/lead.html>. Acesso em: 03/05/2003.

_____. *Humans and Lead Fishing Sinkers*. Disponível em: <www.epa.gov/cgi-bin/epaprintonly.cgi>. Acesso em: 16/05/2003.

VANHOOF, C.; CHEN, H.; BERGHMANS, P.; CORTHOUTS, V.; DE BRUCKER, N.; TIREZ, K. *A Risk Assessment Study of Heavy Metals in Ambient Air by WD-XRF Spectrometry Using Aerosol-Generated Filter Standards*. In: *X-Ray Spectrometry*, 32, pp.129-138, 2003.

WIEDERHOM, M.D.; EHRENKRANTZ, D.; MIGNONE, L.I.; FREY, M.J.; BREIDBART, S.E.; ROMANO, A.; DAGLEY, S.; PIAZZA, S.; DEVINE, P.; DWECK, H.S. *et al. Maternal Lead Toxicity in a Suburban County of New York City*. In: *Pediatr.Res.*, Apr, 37 (4Pt 2):117A, 1995.

ZHONGXU, DAI; DIHUA, WANG; JINYUN, ZOU; YUNHONG, ZHOU. *A Study on Lead Carbonate as Electrode Materials of Lead-acid Battery*. In: *Huanjing Kexue*, 20(3), pp.55-58 1999.

ANEXOS

TOXICOLOGIA – Um breve relato

A Toxicologia tem tido um desenvolvimento que acompanha o de outros ramos de conhecimento. Valendo-se do fato de depender dos conhecimentos gerados, entre outras, pela Biologia, Química e Medicina ela tem contribuído para um exercício mais seguro das atividades de numerosas profissões. O desenvolvimento das especialidades ditas forenses tem permitido o esclarecimento até de ocorrências a partir de evidências com séculos de idade.

Estou incluindo, na parte destinada aos anexos, um texto com informações básicas sobre o tema. É dada especial atenção aos aspectos históricos do tema procurando mostrar o progresso no conhecimento das propriedades dos agentes e como a utilização destes em muito precedeu seu estudo sistematizado e científico.

Neste Anexo vai se explorar com mais profundidade o tema Toxicologia. Primeiramente serão apresentadas informações gerais que irão fazer melhor entender a importância deste ramo de estudo e, em seguida, se poder melhor compreender como ele é importante na adoção de medidas de proteção e controle.

Etimologicamente, a palavra toxicologia é derivada do grego “toxikon”, ou seja, veneno. Logo Toxicologia é, literalmente falando, o estudo dos venenos.

De acordo com Niesink, Vries & Hollinger (1996) os objetivos sociais da Toxicologia são os seguintes:

1. Elucidar as propriedades venenosas (tóxicas) das substâncias químicas.
2. Empreender pesquisas científicas de maneira a aumentar o conhecimento em relação às características tóxicas das substâncias químicas.
3. Avaliar os perigos das substâncias em relação aos organismos, levando em conta as concentrações presentes destas substâncias no meio ambiente (estimativa de risco).
4. Aconselhar a sociedade acerca das medidas de controle e prevenção dos efeitos nocivos das substâncias químicas (controle de perigo).

Desde há muito o homem se deparou com as propriedades venenosas de certas plantas e animais. Por exemplo, o timbó boticário, *Lonchocarpus peckoltii*, disseminado em uma grande extensão das florestas tropicais brasileiras, tem sua seiva largamente utilizada para

atordoar peixes sem tornar sua carne venenosa e, dada esta propriedade, é utilizado pelos nossos índios (Grande Enciclopédia Larousse Cultural, 1995). O “comigo ninguém pode”, nome comum a duas plantas – *Dieffenbachia picta* e *Dieffenbachia seguine*, planta ornamental

Anexo 1 - 1/3

em muitas casas brasileiras pode levar à morte crianças e animais que mastiguem suas folhas ou caule (Grande Enciclopédia Larousse Cultural, 1995).

No reino animal é bem conhecido o nosso baiacuarara, *Iagocephalus levis*, membro de uma vasta família de peixes distribuída por todo o mundo e cujo consumo sem o devido cuidado na sua preparação pode levar à morte (Grande Enciclopédia Larousse Cultural, 1995).

As pessoas no correr da história, utilizaram estas propriedades para se livrar de seus inimigos ou com outras finalidades. E só nos lembrar de Lucrecia Borgia, famosa envenenadora, e Sócrates, o até hoje presente filósofo grego que foi obrigado a beber uma infusão de cicuta – *Conium maculatum* (Grande Enciclopédia Larousse Cultural, 1995).

Não somente produtos derivados de plantas e animais podem exibir essas propriedades. Afinal o chumbo e seus derivados pode fazer adoecer, prejudicar a qualidade de vida e até matar.

Às propriedades tóxicas das substâncias ditas naturais as atividades das indústrias e laboratórios de pesquisa acresceram as propriedades tóxicas de novas substâncias que, não existiam anteriormente na Natureza. Na verdade a atividade humana tem dado lugar a , pode-se afirmar, condições em mutação contínua e, as quais a nossa herança genética tem sido forçada a enfrentar. As vezes com conseqüências desastrosas...

Estima-se que a cada ano mais de 2000 (dois mil) novos compostos químicos são introduzidos no mundo e que mais de 60000 (sessenta mil) diferentes substâncias orgânicas são comercializadas hoje em dia. Para que nos assegurássemos da inocuidade delas deveríamos testa-las ou tê-las testado em profundidade. E manter em funcionamento contínuo uma rede de entidades testando e retestando os produtos novos e os já existentes. O ideal é que cada novo produto sofresse um escrutínio cuidadoso e exaustivo antes de ser lançado para consumo. Nenhum país ou entidade multilateral do mundo possui recursos e, forçoso é reconhecer, poder para se contrapor às pressões do mercado.

O parágrafo anterior nos adverte ainda que, muitas vezes, um problema deixa de ser individual e assume o caráter de uma verdadeira tragédia ambiental. São essas ocorrências aqui e ali, difundidas por uma rede de comunicação em tempo real, que tem nos chamado a agir e obrigado mais e mais a questionar a inteligência de certas decisões de governos e entidades cujas verdadeiras finalidades, no mínimo desafiam a lógica e a ética. Fica a impressão forte, muitas vezes, de que se procurou mais encobrir que prevenir.

Anexo 1 - 2/3

Já no século XV se advertia para a necessidade de cautela. Paracelso, o famoso médico suíço (1443-1541), afirmou a verdade até hoje indiscutível de que “todas as coisas são venenos ... é somente a dose que as torna não venenosas” (Grande Enciclopédia Delta Larousse Cultural, 1995).

Posteriormente Bernardino Ramazzini (1999) nos mostra no livro “De Morbis Artificum Diatriba” – “As Doenças dos Trabalhadores” – onde profissão por profissão de uma seleção das existentes na época se faz um relato muitas vezes lúgubre e assustador das afecções a que estavam sujeitos os trabalhadores em consequência das condições de trabalho, das práticas, meios e substâncias químicas manuseadas sem o menor cuidado. O que nos passa o trabalho é que embora já se conhecessem os perigos e consequências, muitas pessoas continuassem a praticar e passar, por um processo mais comum na época e hoje ainda observável nos países mais pobres, as suas experiências de pai para filho.

Mais próximo da nossa época e já trabalhando com maior rigor científico o terceiro nomeado é Bonaventura Orfila médico e químico francês de origem espanhola (1787-1853), pai da moderna Toxicologia, tendo, participado no caso Lafarge, célebre episódio de envenenamento por arsênico, julgado em 1840 no Tribunal Criminal de Tulle. A Orfila são devidas, entre outras as seguintes obras, “Tratado dos Venenos” (1815), “Lições de Medicina Legal” (1823) e “Pesquisas sobre o Envenenamento com Acido Arsenioso” (1841) (Grande Enciclopédia Larousse Cultural, 1995).

A citação destes três importantes estudiosos teve a finalidade de mostrar algo bem sucinto sobre os primórdios. Presentemente muitos cientistas e instituições dedicam tempo, recursos humanos e dinheiro na pesquisa das propriedades tóxicas das substâncias e na melhoria das condições de trabalho. Aqui no Brasil entidades como a Fundação Oswaldo Cruz e a Fundacentro são exemplos bons disto.

Infelizmente, não apenas o lado bom existe. O horror da Primeira Guerra Mundial onde ocorreu uma vasta utilização de agentes químicos como o gás cloro e mais recentes episódios por todo o mundo, demonstra de quanto o engenho humano e recursos melhor aplicáveis em outras iniciativas podem ser aplicados para a agressão dos semelhantes e da Natureza.

ATIVIDADES E OCUPAÇÕES ENVOLVENDO CHUMBO (CDC,1997)

OCUPACIONAIS

- Encanadores, funileiros
- Mineradores de chumbo
- Reparadores de automóveis
- Fabricantes de vidro
- Trabalhadores em estaleiros
- Gráficos
- Trabalhadores em indústrias de plásticos
- Refinadores e fundidores de chumbo
- Policiais
- Soldadores e cortadores de aço
- Trabalhadores em construção civil
- Trabalhadores em manufatura de produtos de borracha
- Atendentes em postos de gasolina
- Trabalhadores na fabricação de baterias
- Trabalhadores na construção de pontes
- Instrutores em “stands” de tiro

AMBIENTAIS

- Tinta a base de chumbo
- Lixiviado de canalizações de chumbo
- Solo, poeira, próximos de indústrias que usam chumbo , estradas casas pintadas com tintas a base de chumbo

- Material cerâmico
- Gasolina etilada
- “Hobbies”
- Artesanato de cerâmica vitrificada
- Tiro ao alvo em “stands” de tiro
- Soldagem com chumbo (eletroeletrônica)

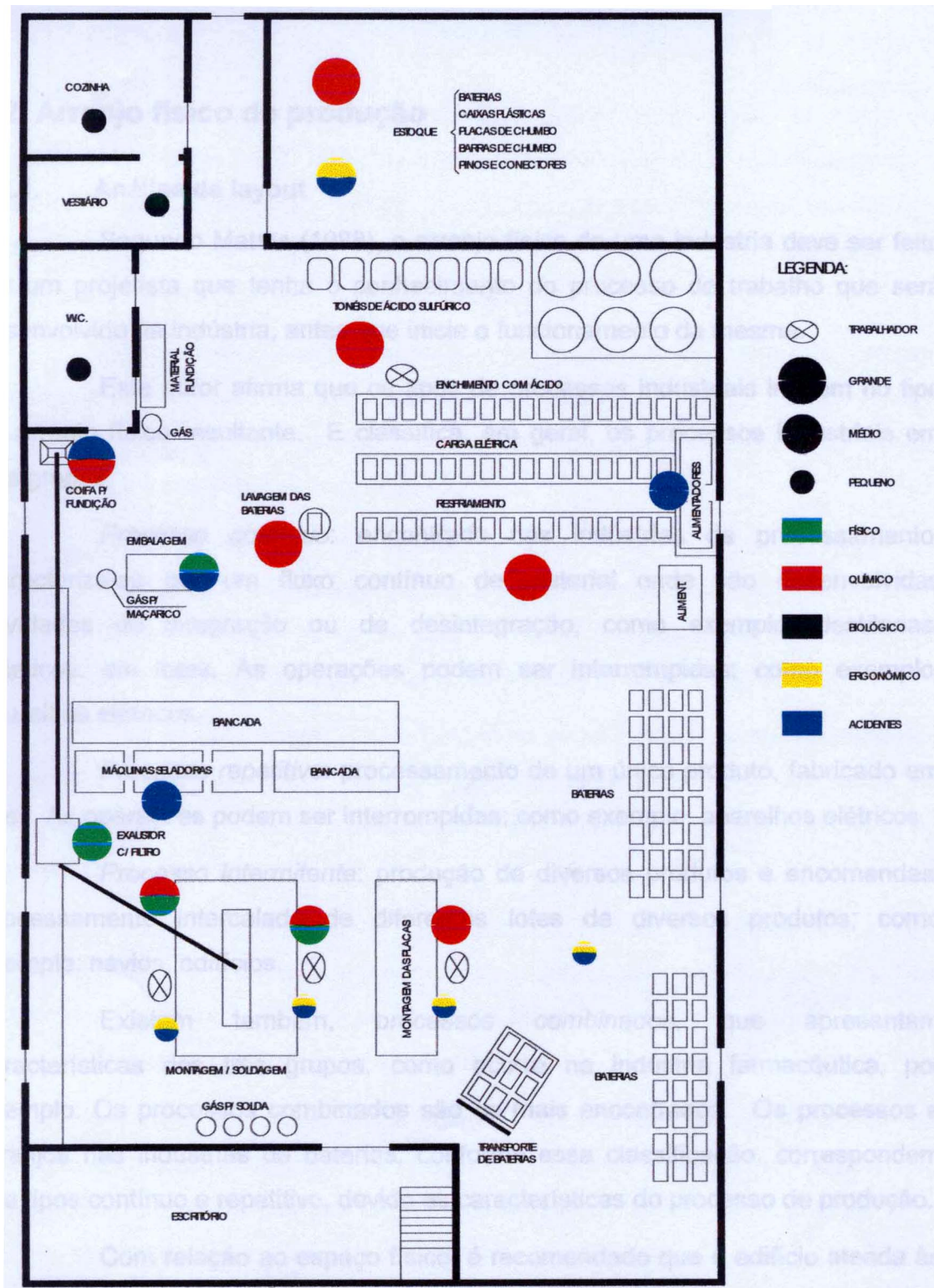
Anexo 2 - 1/2

- Pintura
- Preparação de chumbo de caça e chumbadas de pesca
- Fabricação de vitrais
- Reparação de automóveis e barcos
- Reforma de casas

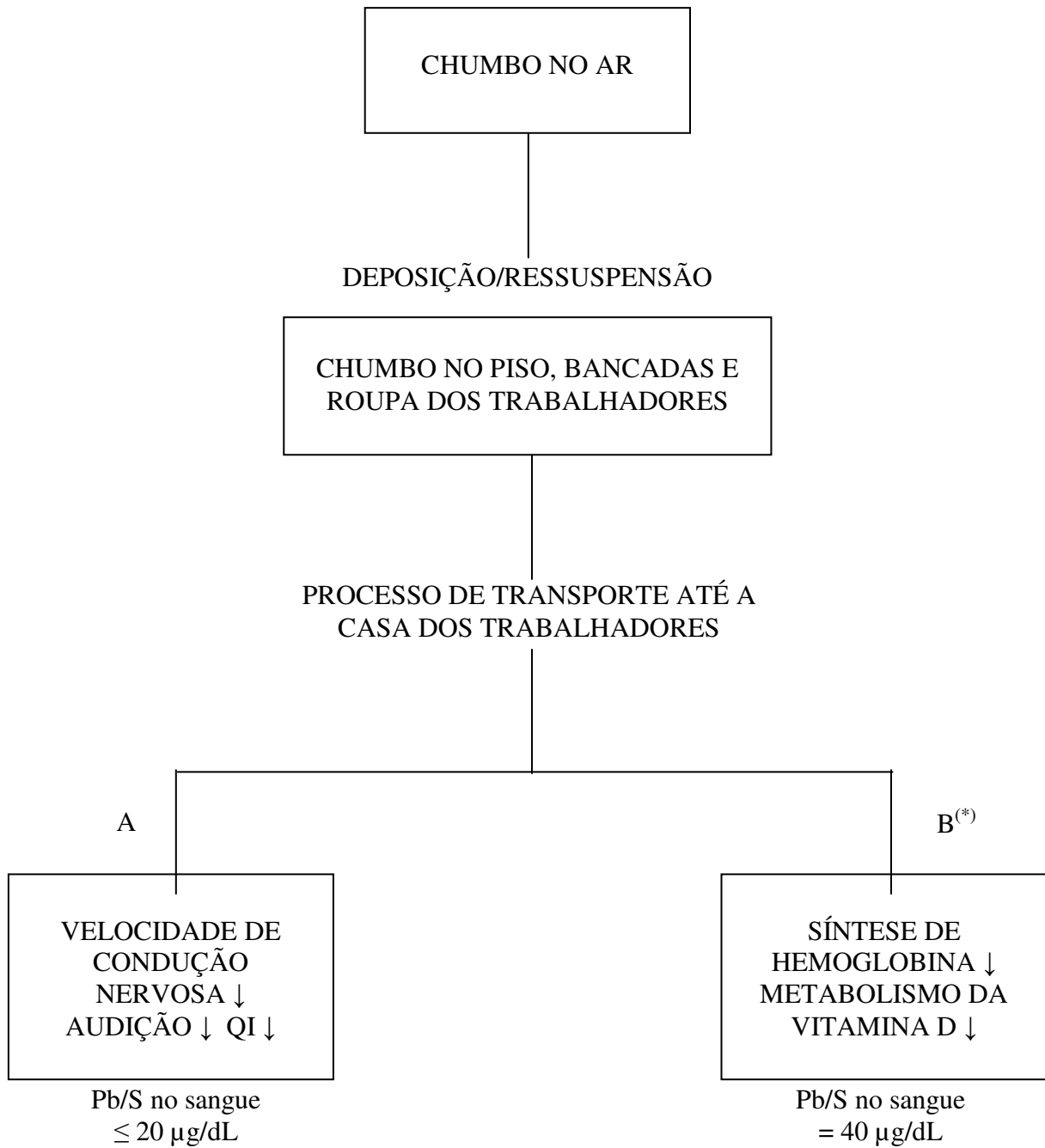
USO DE SUBSTÂNCIAS

- Medicina popular
- Alimentos “naturais”
- Cosméticos
- Uísque feito em casa
- “Envenenamento” de gasolina

Mapa de riscos da Indústria II (Cervo, 2002)



Modelo Conceitual dos Efeitos do Pb/S (Chumbo no Sangue) em crianças baseado em “Ecological Risk Assessment of Lead Shot Exposure in non Waterfowl Avian Species” Kendall *et al.* (1996).



(*) devem ser adicionados aos efeitos em A.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)