MARIANA MALERONKA FERRON

Intoxicação ambiental por chumbo em crianças de uma vila de Porto Alegre e avaliação ambiental preliminar das possíveis fontes de contaminação

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Programa de: Medicina Preventiva
Orientador: Prof. Dr. Nelson da Cruz Gouveia

São Paulo
2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Ferron, Mariana Maleronka
Intoxicação ambiental por chumbo em crianças de uma vila de Porto Alegre e avaliação ambiental preliminar das possíveis fontes de contaminação / Mariana Maleronka Ferron.. -- São Paulo, 2010.
Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Programa de Medicina Preventiva.
Orientador: Nelson da Cruz Gouveia.

Descritores: 1.Chumbo 2.Prevalência 3.Saúde ambiental 4.Riscos ambientais 5.Poluentes ambientais 6.Intoxicação do sistema nervos por chumbo na infância

USP/FM/DBD-150/10

A população e aos colegas de trabalho da Vila Dique, por todo o aprendizado.

Agradecimentos

Ao meu orientador Prof. Dr. Nelson da Cruz Gouveia*, pela orientação competente e compreensiva e por sua disponibilidade e presença em todos os momentos do desenvolvimento deste estudo.*

Ao Prof. Dr. Paulo Hilário Nascimento Saldiva *por sua generosidade e conhecimento.*

A toda equipe da Unidade de Saúde Santíssima Trindade*,* ***Vila Dique e ao Grupo Hospitalar Conceição,*** *pelo financiamento inicial e apoio ao projeto.*

A Andre Klafke de Lima*, preceptor e colega, pela orientação inicial sempre presente, incentivo na continuidade do trabalho e por sua imprescindível ajuda na organização das discussões com a equipe e coleta de dados e* ***Felipe Anselmi Correa****, pelo incentivo ao trabalho e conhecimento da realidade local.*

A Dra Maria Cristina Giacomazzi*, pelas discussões que tanto contribuíram para o entendimento do sentido e importância das atividades de pesquisa.*

Aos auxiliares de enfermagem da Unidade Básica de Saúde Vila Dique*, especialmente* ***a Isabel Cristina Vogt Pinheiro e Erni Luis Marchioretto,*** *que coletaram as amostras de sangue e auxiliaram a coleta de dados.*

Aos Agentes Comunitários de Saúde, Miranda, Rosangêla, Rosane, Lori , Aixa e Aramito*, sempre dispostos a compartilhar o conhecimento da área de estudo e auxiliar nas coletas de dados e discussões com a comunidade.*

A população da Vila Dique*, que contribuiu não apenas com a participação na doação de amostras de sangue, mas nas conversas e discussões que possibilitaram o entendimento dos problemas locais.*

Aos colegas do Departamento de Medicina Preventiva: Mateus e Miriam *pelo apoio e a* ***Rogério Prado****, pela orientação nas análises estatísticas.*

A Dra Regiani Carvalho de Oliveira*, pela orientação e análise laboratorial das amostras ambientais.*

A Dra Rubia Kuno e a equipe da CETESB*, por suas críticas pertinentes e sugestões para superar as dificuldades encontradas na realização do trabalho.*

A toda equipe da Unidade de Saúde Vila Dalva*, funcionários, gerente e residentes, pela liberação para a realização de todas as atividades necessárias e incentivo constante.*

A minha mãe*, por seu exemplo e disponibilidade, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. A meu padrasto* ***David Chalers Meissner,*** *pelas correções e traduções.*

A meu pai, *por seu incentivo e apoio em todos os momentos.*

A meus irmãos Fabio e Pedro e a meus amigos *queridos pelas idéias e suporte ao longo deste trabalho.*

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas

Lista de Figuras

Lista de Fotos

Lista de Gráficos

Lista de Tabelas

Resumo

Summary

1 INTRODUÇÃO 2

1.1 Intoxicação por chumbo: aspectos clínicos 5

1.1.1 Mecanismos de absorção e toxicidade. 8

1.1.2 Diagnóstico 10

1.1.3 Fatores de risco e vulnerabilidade 12

1.1.4 Recomendações internacionais 14

1.2 Dimensão do problema: epidemiologia da intoxicação por chumbo 15

1.2.1 Intoxicação por chumbo em crianças no mundo 15

1.2.2 Intoxicação por chumbo em crianças no Brasil 20

1.3 O chumbo no meio ambiente: fontes e monitoramento ambiental do problema 24

1.3.1 Fontes responsáveis por intoxicação humana 25

1.3.2 Monitoramento de compartimentos ambientais: a questão da contaminação por chumbo. 30

2 ÁREA DE ESTUDO – VILA DIQUE 41

2.1 Características socioeconômicas 44

2.2 Características geofísicas 47

2.3 Contaminação ambiental da área 48

3 OBJETIVOS 55

4 MÉTODOS 57

4.1 Estudo de prevalência 57

4.2 Análises ambientais preliminares 60

5 RESULTADOS 65

5.1 Resultados do estudo de Prevalência 65

5.2 Análises ambientais preliminares 70

6 DISCUSSÃO 75

7 CONCLUSÃO 85

ANEXOS 88

REFERÊNCIAS 93

Lista de Abreviaturas

BVS	Biblioteca Virtual em Saúde
CDC	Centers for Disease Control and Prevention – United States
CVE	Centro de Vigilância Epidemiológica
CO	Monóxido de carbono
DALYs	Disability-adjusted life years
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
CEASA	Central de Abastecimento de Porto Alegre
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DMAE	Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre
DMLU	Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre
DMHAB	Departamento Municipal de Habitação de Porto Alegre
EDX	Espectrometria de Fluorescência de Raio-X.
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul
IC	Intervalo de Confiança
IBGE	Instituo Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IP_{10}	Partículas Inaláveis
MMWR	Morbidity and Mortality Weekly Report
µg/dL	Microgramas por decilitro
µg/g	Microgramas por gramas
mg/kg	Miligramas por kilograma
NO_2	Dióxido de nitrogênio
NHANES	National Health and Nutrition Examination Surveys
O_3	Ozônio
OMS	Organização Mundial de Saúde
PB	Chumbo
[Pb]	Concentração de chumbo
PTS	Partículas Totais em Suspensão
QI	Quociente de Inteligência
S	Enxofre
SO_2	Dióxido de enxofre
UNEP	United Nations Environment Programme
US-PSTF	United State Preventive Service Task Force

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa da localização da Vila Dique em Porto Alegre 53
Figura 2 - Mapa da Área de Estudo 53
Figura 3 - Pontos de coleta de amostras e equipamentos da Vila Dique 61
Figura 4 - Árvore de Cinamomo com as folhas 62
Figura 5 - Pontos com maior concentração de chumbo no solo..... 72
Figura 6 - Pontos com maior concentração de chumbo nas cascas. 73

Lista de Fotos

Foto 1 - Creche e Galpão de Reciclagem 43
Foto 2 - Condições precárias das moradias..... 45
Foto 3 - Coleta e reciclagem de resíduos sólidos na Vila Dique..... 47
Foto 4 - Terreno alagado após chuva na Vila Dique..... 48
Foto 5 - Lixo acumulado próximo as moradias 50

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Qualidade do ar na Estação CEASA 2007-2009 52
Gráfico 2 - Histograma da distribuição da concentração sérica de chumbo. 68

Lista de tabelas

Tabela 1 - Prevalência de intoxicação por chumbo na população geral de crianças em diversas partes do mundo. 19
Tabela 2 - Estudos com avaliação de prevalência de intoxicação por chumbo em crianças realizado no Brasil 24
Tabela 3 - Distribuição de frequência das variáveis analisadas 66
Tabela 4 - Distribuição de frequência dos níveis de chumbo no sangue..... 67
Tabela 5 - Análise univariada 69
Tabela 6 - Modelo múltiplo 70
Tabela 7 - Resultado das análises ambientais ([Pb]µg/g)..... 71

Resumo

Ferron, MM. Intoxicação ambiental por chumbo em crianças de uma vila de Porto Alegre e avaliação ambiental preliminar das possíveis fontes de contaminação [dissertação]. São Paulo:Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2010. 101p.

Introdução: Intoxicação ambiental por chumbo é uma questão extensamente investigada em diversos países. No Brasil existem poucos estudos sobre o tema, em sua maioria realizada em locais com relato prévio de contaminação do meio ambiente.
O objetivo deste estudo é a determinação da prevalência de intoxicação por chumbo em crianças de uma Vila na cidade de Porto Alegre sem relatos prévios de contaminação do meio ambiente por chumbo e com fatores de risco descritos na literatura. Além disso, foram avaliados fatores associados e possíveis fontes de contaminação.
Metodologia: Estudo transversal de prevalência com amostra randomizada de crianças de 0 a 5 anos, em que foi medido o nível de chumbo no sangue e aplicado um questionário para avaliação de fatores associados. Posteriormente, foi realizada uma avaliação ambiental preliminar com análise direta do solo e indireta da poluição atmosférica, utilizando bioindicadores, na tentativa de averiguar possíveis fontes de contaminação.
Resultados: 97 crianças participaram do estudo (83.6% da amostra selecionada), com prevalência de intoxicação por chumbo encontrada de 16.5% ([Pb] sanguíneo ≥ 10,0µg/dL). Reciclagem de lixo, nível educacional do pai e idade estiveram relacionados a um aumento na concentração de chumbo no sangue.
Foram encontrados níveis elevados de chumbo no solo e pouca indicação de poluição atmosférica por este metal.
Discussão: Encontrou-se uma prevalência significativa de intoxicação por chumbo e as possíveis fontes de contaminação nesta comunidade parecem ter relação com atividades de reciclagem de lixo. Outros estudos sobre a questão com a população infantil em geral devem ser conduzidos, bem como avaliações de possíveis fontes locais e gerais, para que se possa dimensionar corretamente essa questão no Brasil.

Summary

Ferron, MM. Environmental lead intoxication in a neighborhood of the city of Porto Alegre and preliminary environmental investigation of the possible local sources. [disertation]. São Paulo:Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2010. 101p.

Introduction: Environmental lead intoxication is an extensively investigated issue in several countries. In Brazil, there are only a few studies on the theme, most of which were carried out in places with previous reports of environmental lead contamination.

The objective of this study was to determine the prevalence of lead intoxication in children, from a neighborhood of the city of Porto Alegre without previous descriptions of environmental lead contamination, but with risk factors described in the literature and additionally to evaluate associated factors and possible local sources of contamination.

Methodology: Cross-sectional study of prevalence with random sample of children aged 0 to 5, in which the level of lead in the blood was measured and a questionnaire was applied to evaluate associated factors. Afterwards, a preliminary environmental evaluation was carried out with direct analyses of soil and indirect analyses of air pollution, using bioindicators, in an attempt to verify possible local sources of contamination.

Results: 97 children participated in the study (83.6% of the selected sample), with 16.5% of the sample showing intoxication (blood [Pb] ≥ 10.0 µg/dL). Waste recycling at home, father's educational level and age were factors related to an increase in the concentration of lead in the blood.

High levels of lead were found in the soil and there was little indication of lead deposition through atmospheric emissions.

Discussion: A significant prevalence of lead intoxication was found and the possible sources of contamination in this community seem to be related to activities of waste recycling. Other studies on this matter in children in the general Brazilian population should be carried out, as well as assessments of possible sources and local risk factors.

Introdução

1 INTRODUÇÃO

Exposições a substâncias xenobióticas ou contaminantes são conhecidas como responsáveis por danos à saúde, principalmente entre crianças e adolescentes, apesar de haver ainda incerteza sobre sua magnitude e distribuição regional. Em estudo que investigou o impacto de fatores ambientais na saúde, o European Center for Environmental and Health considerou que exposição a poluição atmosférica interna e externa, água não potável, intoxicação por chumbo e causas externas são responsáveis por um terço da carga de doenças atribuída a crianças e adolescentes de 0 a 19 anos na Europa (Valent et al, 2004).

Apesar de não ser um agente de mortalidade importante, intoxicação por chumbo é considerada uma das principais causas de morbidade atribuída a exposições ambientais, atingindo dimensões globais. Na Europa, estima-se que problemas decorrentes da intoxicação por chumbo em crianças e adolescentes sejam responsáveis por 1,4% dos anos de vida ajustados a incapacidade (disability-adjusted life years - DALYs) (Valent et al, 2004).

A utilização de chumbo pela humanidade, assim como os problemas decorrentes de seu uso, remonta a antiguidade. Tal fato é relatado, por exemplo, na Roma antiga, onde este elemento era empregado em recipientes de água e vinho (WHO, 2000).

Com o processo de industrialização, a intoxicação por chumbo tornou-se comum entre trabalhadores do século XIX e XX. O primeiro relato de intoxicação com crianças ocorreu na Austrália, em 1892, sendo causada por exposição à pigmento contendo chumbo (Fassin e Naudé, 2004).

Em níveis elevados, acima de 50 µg/dL, a intoxicação por chumbo pode levar a encefalopatia e a morte. A intoxicação crônica, atualmente diagnosticada através do valor limite de nível sanguíneo de chumbo de 10 µg/dL, de acordo com o Centers for Disease Control and Prevention (CDC) dos Estados Unidos da América (EUA) e da organização Mundial da Saúde (OMS), é responsável por danos irreversíveis no sistema nervoso central (UNEP, 2008; CDC, 2007).

A contaminação por chumbo pode ser proveniente de resíduos de áreas industriais ou de mineração, causando geralmente intoxicação ocupacional e de populações que vivem nas proximidades destas fontes. Entretanto, outras fontes podem estar dispersas no ambiente, levando a intoxicação de populações maiores, ainda que os níveis sanguíneos de chumbo detectados nestas populações sejam menores (Freitas, 2005)

As fontes dispersas no ambiente são variadas. O chumbo adicionado à gasolina como antidetonante foi uma das principais causas de contaminação ambiental e humana durante o século XX, e por esse motivo foi banido na maioria dos países industrializados (UNEP, 2009). Apesar de a intoxicação crônica ter diminuído após a retirada deste metal da gasolina, o problema ainda apresenta prevalência significativa.

Assim, processos industriais primários em indústrias de beneficiamento e fundição de chumbo; processos industriais secundários, que utilizam chumbo como parte de sua matéria prima; resíduos de mineração; poluição automotiva de outras origens; tintas, entre outros, podem ser atualmente responsáveis pelos níveis de intoxicação por chumbo em crianças (UNEP, 2008).

Os dados relativos à prevalência de intoxicação por chumbo em crianças, não relacionada a uma fonte de processamento industrial primário ou de mineração deste metal, são variáveis, dependendo geralmente das medidas de prevenção adotadas pelos países.

Apesar de não haver recomendação internacional para rastreamento universal de intoxicação por chumbo em crianças, diversos países como EUA, Alemanha e República Tcheca realizam avaliações periódicas de sua população com a finalidade de elaborar políticas públicas e adotar medidas de prevenção necessárias (Schulz et al, 2009; CDC, 2007; Bariova et al, 2006).

Alguns fatores de risco como pobreza, proximidade de vias de tráfego intenso e moradia em área urbana encontram-se associados com a intoxicação ambiental por chumbo (CDC, 2007).

Entretanto, apesar da dimensão global desse problema e de sua morbidade comprovada, no Brasil existem poucos estudos realizados com crianças em regiões onde não existem relatos prévios de contaminação ambiental por chumbo.

Essas avaliações tornam-se ainda mais relevantes para as populações infantis expostas aos fatores de risco, tais como descritos pela literatura.

Diante da necessidade de tais investigações, o presente trabalho procurou examinar a dimensão da intoxicação por chumbo, relacionando-a com fatores de risco ambientais e sociais, em uma população definida de crianças da Vila Dique, zona norte da cidade de Porto Alegre, região sem descrição prévia de contaminação do meio ambiente por chumbo. A área de estudo escolhida apresenta diversos fatores de risco apontados pela literatura para intoxicação por chumbo em crianças. Entre esses fatores destaca-se o elevado grau de pobreza da população local, grande exposição dos habitantes ao lixo e a proximidade de possíveis fontes emissoras de chumbo, como uma avenida com tráfego intenso, uma área industrial próxima e o Aeroporto Internacional Salgado Filho. De acordo com os registros da Unidade Básica de Saúde local, não existe relato prévio de contaminação ocupacional por chumbo em indivíduos que habitam a Vila Dique.

1.1 Intoxicação por chumbo: aspectos clínicos

A intoxicação crônica por chumbo, apesar de não levar diretamente a morte, é responsável por déficits cognitivos irreversíveis, especialmente em crianças, cujo sistema nervoso encontra-se em desenvolvimento, sendo uma

importante causa de morbidade atribuída a exposições ambientais (CDC, 2007; Valent et al, 2004).

Quando os níveis de chumbo no sangue são muito elevados, excedendo 50 µg/dl, pode ocorrer uma intoxicação aguda, levando a encefalopatia e morte, sendo este um problema menos freqüente nos dias atuais (CDC, 2007; Tong e von Schirnding, 2000).

Os efeitos neurotóxicos do chumbo em níveis mais baixos que aqueles que causam intoxicação aguda, tais como menor Quociente de Inteligência (QI) e deficiência cognitiva, vem sendo descritos pela literatura há vários anos. Tais trabalhos são baseados em diversos estudos transversais e prospectivos. Existem, desde 1991, evidências consistentes de que a concentração de chumbo no sangue, mesmo em níveis menores que os encontrados na intoxicação aguda, causam efeitos adversos no sistema nervoso central de crianças (Lanphear et al, 2006).

A maior parte destes estudos utilizou como desfecho primário o Quociente de Inteligência. O QI tem sido empregado por sua forte propriedade psicométrica. Sua ampla utilização o torna um importante instrumento na determinação de valores comparativos entre estudos (Lidsky e Schneider, 2003).

Recentemente o CDC realizou uma revisão da literatura que envolveu 23 estudos, desenvolvido em 16 populações distintas. Nessa revisão observou-se novamente a relação inversamente proporcional entre níveis

sanguíneos de chumbo e o QI, já apontada em estudos anteriores (CDC, 2007).

Apesar de sua importância, a medida de QI nem sempre está corretamente relacionada a déficits cognitivos. Em contraste com baterias de testes de inteligência, como a medida de QI, testes neuropsicológicos são geralmente mais sensíveis na detecção de danos cerebrais, além de serem importantes na avaliação das funções neurocognitivas diretamente afetadas (Lidsky e Schneider, 2003).

Em um estudo de coorte realizado em Boston, crianças expostas ao chumbo foram submetidas a testes neuropsicomotores e sua performance relacionada aos níveis de chumbo no sangue aos 6, 12, 18, 24 e 57 meses. Nos testes de aprendizado verbal e flexibilidade cognitiva, as crianças apresentaram déficits de acordo com níveis de chumbo (Lidsky e Schneider, 2003).

Vários estudos indicam que os déficits neuropsicomotores e de QI encontrados na infância persistem durante a vida adulta. Em 1998, foi realizado um estudo comparando duas populações de adultos jovens, uma exposta a intoxicação por chumbo no passado e outra não. Os resultados apontaram para uma forte associação entre exposição remota ao chumbo e pior desempenho em testes neuropsicológicos. (Stokes et al, 1998)

Por outro lado, uma das dificuldades na determinação da relação entre os níveis de chumbo no sangue e os problemas de desenvolvimento

cognitivo diz respeito ao possível viés relacionado com o baixo nível socioeconômico (Lidsky e Schneider, 2003).

O baixo nível socioeconômico, como condição isolada, pode relacionar-se com dificuldades de desenvolvimento cognitivo e performance em testes de inteligência por outras causas que não somente a intoxicação por chumbo, como o menor acesso das crianças a escolas e baixo nível educacional dos pais (Lidsky e Schneider, 2003).

Por esta razão, a maioria dos estudos que investigam a relação entre os efeitos da intoxicação por chumbo no sistema nervoso central de crianças realiza um controle estatístico rigoroso do nível socioeconômico dos participantes (Lidsky e Schneider, 2003).

Para minimizar este viés outros estudos foram realizados apenas com crianças de condição socioeconômica mais favorecida. Um dos trabalhos mais importantes neste sentido foi desenvolvido por Needleman e colegas. Foram investigadas 158 crianças brancas, com inglês como língua nativa, pertencentes à classe média, e os resultados confirmaram a relação entre o nível sanguíneo de chumbo e déficits cognitivos, sem que houvesse o possível viés do nível socioeconômico. (Needleman et al, 1979).

1.1.1 Mecanismos de absorção e toxicidade.

Rotas primárias de absorção do chumbo são a via respiratória e digestiva, sendo que a absorção por via cutânea não se mostrou importante.

O chumbo, também apresenta transmissão materno-fetal (Klassen,2004, Lidsky e Schneider, 2003).

O chumbo é filtrado nos rins e a porção não absorvida é excretada nas fezes. O chumbo absorvido é transportado pelo sangue, parte pelos eritrócitos e parte pelo plasma, responsável por disponibilizar a maior quantidade deste metal para outros tecidos. O chumbo penetra em todos os tecidos, seguindo a distribuição do cálcio. Sua meia vida no sangue é semelhante aquela dos eritrócitos, de aproximadamente 36 dias, enquanto que no cérebro ele permanece por dois anos e nos ossos pode permanecer por décadas (Klaassen, 2004).

Crianças são mais suscetíveis que adultos já que absorvem proporcionalmente mais chumbo pelo trato gastrointestinal. Além disso, grande parte do chumbo absorvido chega ao sistema nervoso central, principalmente nas crianças com idade inferior a cinco anos. Como estão em desenvolvimento, tornam-se mais vulneráveis aos efeitos tóxicos do chumbo (Kuno, 2009; Lidsky e Schneider, 2003).

Os mecanismos que levam a toxicidade por chumbo são vários, sendo os principais a competição e substituição dos íons de Ca, a alteração da homeostase do Ca, o dano direto a mitocôndria e as membranas mitocôndriais, a longa meia vida no cérebro e a saída lenta dos locais de acumulação. Estes mecanismos são responsáveis por diversos efeitos, como apoptose celular, estresse oxidativo, alteração na liberação de neurotransmissores, alteração na densidade de receptores de neurotransmissores, entre outros (Lidsky e Schneider, 2003).

No que diz respeito à transmissão materno-fetal de chumbo, ela ocorre em razão do metal possuir a propriedade de ultrapassar a barreira placentária. Existe uma forte relação entre plumbemia materna e aquela verificada em sangue retirado do cordão umbilical do recém-nascido. Além disso, como o chumbo se acumula no tecido ósseo, uma exposição remota da mãe pode causar este tipo de transmissão. Outra forma de transmissão importante diz respeito ao fato de o nível de chumbo encontrado no leite materno estar relacionado com o encontrado no sangue materno (Lidsky e Schneider, 2003).

1.1.2 Diagnóstico

A concentração de chumbo em sangue venoso, medida por espectrofotometria de absorção atômica em forno de grafite pode detectar baixos níveis deste metal no sangue, com desvio padrão pequeno. Este método é utilizado atualmente como marcador para a definição da intoxicação por chumbo, estando relacionado, geralmente, com exposição recente (CDC, 2007; Freitas, 2005).

Outros marcadores sanguíneos como a medida de zincoporfirina podem ser utilizados na avaliação da contaminação por este metal, principalmente, em casos de exposição tardia, porém sua sensibilidade parece menor que a medida do nível de chumbo no sangue (Freitas, 2010).

Para avaliar a contaminação por este metal ocorrida por exposição no passado, é possível utilizar os níveis de chumbo medidos na tíbia e patela, já que este metal permanece no organismo por décadas. Essa avaliação pode ser realizada atualmente através da utilização de técnicas não invasivas, como o caso da fluorecência de Raio-X (Kuno, 2009).

Os valores limites para o diagnóstico de intoxicação por chumbo modificaram-se ao longo dos anos. Em 1975 o CDC considerava 30 µg/dL de chumbo no sangue como limiar para intoxicação crônica em crianças. Em 1985 este valor passou para 20 µg/dL e, finalmente, em 1991, chegou a 10 µg/dL, valor atualmente utilizado pelo CDC e OMS (Freitas, 2005).

Apesar do CDC e OMS utilizarem um valor limite para o diagnóstico da intoxicação por chumbo, alguns estudos demonstram que os déficits cognitivos em crianças relacionam-se de maneira contínua e inversamente proporcional aos níveis de chumbo no sangue. Sendo assim, não é possível atualmente, uma definição de nível seguro de concentração sanguínea de chumbo, a partir do qual não existam efeitos adversos a saúde de crianças (Bernard, 2003).

Além do valor limite utilizado para definição da intoxicação por chumbo, outra possibilidade para a avaliação de exposições populacionais são os valores de referência (VR). Esses valores são derivados estatisticamente a partir dos resultados de medidas em amostras de um grupo da população em geral (Kuno, 2009).

Baseado em dados do German Environmental Survey, realizado entre 2003 a 2006, a Alemanha passou a considerar como valor de referência para a concentração de chumbo sanguíneo em crianças os níveis de 3,5 µg/dL (Schulz et al, 2009). A República Tcheca, a partir de estudo semelhante, realizado no período de 2001 a 2003, adotou como valor de referência para a concentração de chumbo sanguíneo em crianças 5,5 µg/dL (Bariova et al, 2006).

A definição de um valor de referência para exposição pode ser útil no caso da contaminação por chumbo, já que os efeitos adversos a saúde advindos da exposição por este metal estão relacionados com níveis de chumbo sanguíneo inferiores ao definido como limiar para o diagnóstico de intoxicação por chumbo (Schulz et al, 2009).

1.1.3 Fatores de risco e vulnerabilidade

Os principais fatores de risco associados à intoxicação por chumbo são o baixo nível socioeconômico, a moradia em áreas urbanas, a proximidade a vias de tráfego intenso, a moradia em casas antigas cuja pintura contenha chumbo, a exposição ao lixo industrial e doméstico e o contato com água contaminada. Além disso, práticas tradicionais como o uso de alguns medicamentos e cosméticos, estão associadas com maior risco para de contaminação por chumbo (UNEP, 2008; Tong e von Schirnding, 2000).

Apesar de terem sido atualmente adotadas medidas restritivas em relação ao uso de chumbo para a fabricação de tintas, a residência em moradias antigas, em mal estado de conservação, ainda pode ser considerada como fator de risco para contaminação por chumbo. Nos EUA, estima-se que 4,1 milhões de residências possuam pintura com pigmento de chumbo (CDC, 2007).

No Brasil a normatização em relação à concentração de chumbo permitida na fabricação de tintas imobiliárias, de uso infantil e escolar, vernizes e materiais similares foram estabelecidos através da Lei 11762, de 2008 (Brasil, 2008).

O baixo nível socioeconômico da população pode ser considerado fator de risco para exposição ambiental ao chumbo, uma vez que áreas mais empobrecidas podem conter um maior número de moradias antigas e exposição ao lixo. É fato, também, que existe uma relação entre maior absorção de chumbo e algumas carências nutricionais, como no caso de deficiências de cálcio, ferro, zinco e proteína (Freitas, 2005; Lidsky e Schneider, 2003).

Existem indícios de que o baixo nível socioeconômico apresenta relação com o aumento da vulnerabilidade das crianças aos efeitos neurotóxicos da intoxicação por chumbo. Estes indícios foram observados tanto em estudos com animais, como em estudos com populações humanas (Lidsky e Schneider, 2003)

Além do nível socioeconômico, outro aspecto que influencia a vulnerabilidade das crianças a intoxicação por chumbo parece ser genético. Pelo menos três genes já identificados podem estar relacionados com este mecanismo (Lidsky e Schneider, 2003).

1.1.4 Recomendações internacionais

As principais medidas de controle para prevenir a intoxicação ambiental crônica por chumbo dizem respeito a intervenções nas possíveis fontes de contaminação humana.

Nos Estados Unidos, medidas como a retirada do chumbo adicionado à gasolina e a proibição de sua utilização na fabricação de tintas e em latas de comida parecem ter sido responsáveis pela dramática redução na prevalência do problema naquele país. Segundo dados do National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), essa prevalência passou de 77% no período de 1976 a 1980, para 2,2% em 1999, chegando a 1,6% em 2002 (CDC 2007).

Medidas de controle individual, como utilização de quelantes de chumbo em crianças com nível de intoxicação inferior a 45 µg/d, limpeza repetida de casas, aconselhamento para o problema e limpeza do solo de áreas contaminadas, não demonstraram evidência de melhora no desfecho clínico de crianças com o problema, nem na redução dos níveis sanguíneos de chumbo das crianças afetadas (Rischitelli et al, 2006; U. S. PSTF, 2006).

Atualmente, o CDC, a OMS e a United States Preventive Services Task Force (US-PSTF) não recomenda a realização de rastreamento da população infantil assintomática, havendo pouca evidência de sua necessidade em crianças de alto risco (Rischitelli et al, 2006;US-PSTF, 2006).

1.2 Dimensão do problema: epidemiologia da intoxicação por chumbo

A revisão bibliográfica baseou-se no Medline e em dados da literatura científica hospedadas na Biblioteca Virtual de Saúde (BVS-BIREME-PAHO-WHO, www.bireme.br) que permite acesso ao LILACS e SciELO, bases de dados específicas para publicações Latino-Americanas em português e espanhol.

1.2.1 Intoxicação por chumbo em crianças no mundo

Foram considerados para a revisão bibliográfica sobre a prevalência de intoxicação por chumbo no mundo, apenas os estudos com a população de crianças sem relatos de exposição à contaminação, em decorrência do contato com resíduos provenientes de atividades de processamento primário ou de mineração de chumbo.

Dados relativos a estudos e revisões sistemáticas de abrangência nacional foram encontrados apenas em pesquisas realizadas nos EUA,

Europa e China. Nos demais países foram utilizados dados provenientes de estudos menores, onde a população infantil avaliada não apresentava relato prévio de exposição os resíduos de mineração ou proveniente de fundições de chumbo.

A prevalência de intoxicação por chumbo na população de crianças é muito variável e, geralmente, tem relação com as medidas de prevenção primária adotada pelos países no controle deste problema.

Os EUA têm desenvolvido avaliações sistemáticas com crianças sobre a concentração de chumbo no sangue há vários anos. Dados do NHANES apontam que os níveis de chumbo no sangue maiores que 10 µg/dL, na população geral de crianças, de 1 a 5 anos de idade dos EUA, diminuiu de 88.2% entre os anos 1976 a 1980, para 1.6% no período compreendido entre 1999 e 2002. A média geométrica da concentração de chumbo sanguínea encontrada entre os anos de 1999 e 2002 foi de 1.9µg/dL (CDC, 2007).

São considerados fatores de risco nos EUA a moradia em casas antigas, a proximidade de vias de tráfego intenso, a residência em áreas urbanas e o baixo nível socioeconômico (CDC, 2007).

O problema da prevalência de intoxicação por chumbo em diversos países europeus foi abordado em Relatório da OMS de 2004. Foram observados dados provenientes de 24 estudos e inquéritos populacionais realizados entre os anos de 1996 a 2000, com crianças de 0 a 4 anos, sem

exposição prévia definida por chumbo. A partir dos resultados de prevalência encontrados, os países foram divididos em três grupos (Valent et al, 2004):

- Grupo A: prevalência de 0,1%, composto por Croácia, República Tcheca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Itália, Portugal, Espanha, Suécia e Reino Unido.
- Grupo B: prevalência de 2%, composto por Armênia, Bulgária, Polônia, Turquia e Iugoslávia.
- Grupo C: prevalência de 17%, composto por Rússia e Hungria.

No México, na cidade de Morelos, foi conduzido um estudo que analisou os resultados da concentração de chumbo no sangue de 232 crianças, de 1 a 12 anos, atendidas por motivos variados em um hospital da cidade. A prevalência encontrada foi de 29,3% e os principais fatores de risco considerados foram à utilização de potes contendo chumbo para o cozimento de alimentos e armazenamento de água, além da moradia próxima a local de tráfego intenso (Meneses-González et al, 2003).

Na Argentina, na cidade de La Plata, em um estudo com de amostras de sangue de crianças que compareceram a um hospital local, por motivos diversos, foram avaliadas 93 crianças de 6 meses a 5 anos de idade. A prevalência encontrada foi de 10,8% e os principais fatores associados à intoxicação por chumbo foram à idade e a realização de atividades contaminantes. Foram consideradas como atividades contaminantes a coleta e reciclagem de metais, queima de cabos e reciclagem de baterias automotivas pelos pais das crianças (Disalvoa et al, 2009).

Na Índia, foi conduzido em escolas da cidade de Nova Deli um estudo de prevalência com 190 crianças de 4 a 6 anos. Foi encontrada uma prevalência de 18,7% e a principal fonte de contaminação, segundo os autores, está relacionada com a poluição veicular (Kalra et al, 2003).

Na China, em uma revisão sistemática que incluiu 32 estudos realizados entre os anos de 1994 a 2004, a prevalência de intoxicação por chumbo estimada foi de 33,8% da população geral de crianças, com uma tendência de diminuição após o ano de 2000, quando o uso do chumbo como aditivo à gasolina foi banido. Segundo os autores da pesquisa os principais fatores relacionados com níveis sanguíneos mais elevados de chumbo foram à idade, sexo masculino e a moradia próxima a áreas industriais (Shunqin e Jinliang, 2006).

No continente africano, apenas um estudo foi encontrado. Tal trabalho foi desenvolvido na cidade de Johanesburgo, África do Sul e analisou a concentração de chumbo no sangue de 632 crianças, de 6 a 9 anos de idade, selecionadas em sete escolas. Os resultados encontrados apontaram uma prevalência muito elevada, com 78% das crianças apresentando níveis sanguíneos de chumbo maiores que 10µg/dL. A principal fonte de contaminação, de acordo com os autores, consistia no chumbo adicionado à gasolina. Também, foram considerados fatores de risco o nível educacional da mãe, presença de fumantes em casa, consumo de alimento enlatados e habitação em moradias irregulares (Mathee et al, 2002).

Em estudo conduzido a partir da avaliação realizada com 779 crianças, de 4 a 12 anos, em escolas primárias da cidade de Dhaka, Bangladesh, a prevalência de intoxicação por chumbo encontrada foi de 87,4%. Segundo os autores do trabalho, os valores de prevalência estavam relacionados com a poluição atmosférica, em razão da adição do chumbo à gasolina, no período do estudo (Kaiser et al, 2001).

A tabela 1 demonstra os principais resultados sobre a prevalência de intoxicação por chumbo na população geral de crianças e as possíveis fontes de contaminação, a partir da análise realizada pelos autores.

Tabela 1 - Prevalência de intoxicação por chumbo na população geral de crianças em diversas partes do mundo.

País - Cidade	População	Prevalência	Principais fontes segundo autores	Referência
Europa A	0-4 anos	0,10%	População geral sem fonte definida	Valent et al, 2004
EUA	1-5 anos	1,60%	População geral sem fonte definida	CDC, 2007
Europa B	0-4 anos	2,00%	População geral sem fonte definida	Valent et al, 2004
Argentina- Cidade de La Plata	6m-5 anos	10,80%	Atividades de coleta e reciclagem de metal, queima de cabos e reciclagem de baterias automotivas. I	Disalvoa et al, 2009
Europa C	0-4 anos	17%	População geral sem fonte definida	Valent et al, 2004
Índia – Cidade de New Dheli	4-6 anos	18,40%	Poluição veicular	Kalra et al, 2003
México – Cidade de Morelos	1-12 anos	29,70%	Utilização de cerâmicas contendo chumbo para alimentação e armazenamento de água	Meneses-González et al, 2003
China – Artigo de revisão utilizando dados de 27 cidades ou províncias	0-6 anos	33,80%	Resíduos industriais e poluição veicular	Shunqin e Jinliang, 2006
África do Sul –Cidade de Johannesburg -	6-9 anos	78%	Gasolina com chumbo	Mathee A et al, 2002
Bangladesh – Cidade de Dhaka	4-12 anos	87,40%	Gasolina com chumbo.	Kaiser et al, 2001

* Europa A: Croácia, República Tcheca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Itália, Portugal, Espanha, Suécia e Reino Unido.
** Europa B: Armênia, Bulgária, Polônia, Turquia e Iugoslávia.
*** Europa C: Rússia e Hungria.

1.2.2 Intoxicação por chumbo em crianças no Brasil

No Brasil, foram encontrados apenas oito estudos que avaliaram a prevalência de intoxicação por chumbo em crianças.

Em 1993 foi realizado um estudo em uma creche de Salvador, com 129 crianças de 2 a 39 meses. Em 32,6% das crianças avaliadas foram encontrados níveis sanguíneos de chumbo acima de 10 µg/dL, com concentração média de 10,7 (DP7, 9). Os autores do estudo não discutem possíveis causas dessa contaminação, porém no período do estudo o chumbo havia recentemente sido retirado como aditivo da gasolina automotiva no Brasil, existindo a possibilidade de contaminação residual por esta fonte (Carvalho et al, 2000).

Outro estudo avaliou os níveis sanguíneos de chumbo de 64 crianças e adolescentes residentes da comunidade de Manguinhos, área urbana da cidade do Rio de Janeiro. Os resultados apontam para uma prevalência de intoxicação por chumbo de 5%, porém não há dados sobre a faixa etária destes indivíduos. Foram encontrados nesta população 25% de crianças e adolescentes com concentração sanguínea de chumbo acima de 6 µg/dL. Estiveram associados à maior concentração sanguínea de chumbo a escolaridade dos pais, o destino do esgoto e a limpeza pouco freqüente das moradias. As possíveis fontes de contaminação por chumbo foram à proximidade com vias de tráfego intenso e estabelecimentos industriais localizados na área de estudo (Mattos et al, 2009).

Todos os outros estudos foram realizados em áreas onde havia indicação prévia de contaminação do meio ambiente por chumbo, em decorrência de processos industriais ou de mineração.

Um dos casos mais importantes de intoxicação por chumbo no Brasil ocorreu na cidade de Santo Amaro da Purificação, na Bahia. Neste município funcionou a partir de 1960 uma fundição de chumbo subsidiária da Companhia multinacional Penarroya, que empregava cerca de 260 trabalhadores e produzia aproximadamente 32 000 toneladas de barras de chumbo por ano (Carvalho et al, 1986). De acordo com relatos da própria fundição, cerca de 500.000 toneladas de escória do forno, contendo 1% a 3% de chumbo, foram despejadas no meio ambiente desde o início de seu funcionamento. As atividades da fundição foram encerradas em 1993 (Silvany-Neto et al, 1989).

Nesta região foram realizados pelo menos três estudos avaliando a prevalência de intoxicação por chumbo na população infantil. No primeiro estudo, Carvalho avaliou, em 1986, 555 crianças de 1 a 9 anos residentes num raio de 900 metros da fundição. A prevalência de intoxicação por chumbo relatada no estudo foi de 75%. Entretanto, na época da pesquisa o limiar para o diagnóstico da intoxicação por chumbo, utilizado pelos autores, era de 20µg/dL. A concentração média de chumbo no sangue destas crianças foi de 59.1 µg/dL(DP25. 0) (Carvalho et al, 1986).

Em outro estudo realizado em 1992, com 101 crianças de 1 a 5 anos, residentes em um raio de 500 metros da fundição, a prevalência encontrada foi de 97%. O indicador biológico utilizado neste estudo não foi à

concentração sanguínea de chumbo e sim a medida de zincoporfirina sanguínea (Silvany-Neto et al 1996).

Posteriormente, em 1998, foi realizada uma pesquisa, ainda na cidade de Santo Amaro da Purificação, com 47 crianças de 1 a 4 anos, residentes em um raio de 1 km da fundição desativada. Os níveis sanguíneos de chumbo encontrados excediam 10µg/dL em 88% destas crianças, com concentração média de chumbo de 17.3 (DP 7.3) (Carvalho et al, 2003).

Na cidade de Cubatão, Estado de São Paulo, existem estudos sobre a contaminação ambiental associados à poluição provocada pela existência na região de um importante pólo siderúrgico e petroquímico. Apesar das medidas de controle instituídas a partir de 1984, pela CETESB, um estudo realizado no ano de 1988 observou que os peixes da região consumidos pela população local apresentavam altas concentrações de chumbo (Santos Filho et al, 1993).

No ano de 1993, ainda na cidade de Cubatão, foi conduzido um estudo com 251 crianças, na faixa de 1 a 10 anos de idade, moradoras de seis bairros próximos ao rio Cubatão. Em 92,9% das crianças, os níveis sanguíneos de chumbo estavam acima de 10 µg/d e a concentração média foi de 17.2 µg/dL(DP5. 8). Vale lembrar que neste período o chumbo havia recentemente sido retirado como aditivo da gasolina automotiva no Brasil (Santos Filho et al, 1993).

Em outra avaliação realizada pela CETESB (1994), também, em Cubatão, foram analisadas as concentrações médias de chumbo no sangue de 199 crianças de escolas da região, com idade de 3 a 5 anos. As médias de chumbo no sangue variaram entre 5,02 e 18,51µg/dL, porém não há descrição do número de crianças com níveis sanguíneos acima de 10µg/dL (Azevedo et al, 1994).

Na região do Vale do Ribeira, na cidade de Adrianápoles, Estado de São Paulo, foram desenvolvidas atividades de mineração de chumbo e instalada uma fundição deste metal, que encerrou suas atividades em 1995. Neste local, Paoliello (2002) analisou amostras de sangue de 295 crianças com idade entre 7 e 14 anos, residentes em áreas rurais e urbanas nas proximidades da região. Foi encontrada uma prevalência de intoxicação por chumbo de 59%. A mediana de concentração de chumbo foi de 11.25µg/dL (Paoliello et al, 2002).

Na cidade de Bauru, no Estado de São Paulo, em 2002, a CETESB constatou a emissão de partículas de chumbo acima de níveis aceitáveis por uma indústria de acumuladores. Após notificação, foi realizado um estudo que avaliou 857 crianças com idade de 0 a 12 anos, encontrando a prevalência de 36,6% de intoxicação por chumbo, com média de concentração de chumbo de 9.28µg/dL (Padula et al, 2006).

O resumo dos estudos brasileiros que avaliaram a prevalência de intoxicação por chumbo no Brasil encontra-se descritos na tabela 2.

Tabela 2 - Estudos com avaliação de prevalência de intoxicação por chumbo em crianças realizado no Brasil

Local	População	Prevalência	Possíveis fontes	Referência
Santo Amaro da Purificação	555 crianças 1-9 anos	75%*	Fundição de chumbo desativada.	Carvalho et al, 1986
Santo Amaro da Purificação	101 crianças de 1-5 anos	97,00%	Fundição de chumbo desativada.	Silvany-Neto et al, 1996
Santo Amaro da Purificação	47 crianças 1-4 anos	88,00%	Fundição de chumbo desativada.	Carvalho et al, 2003
Cubatão	251 crianças de 1-10 anos	92,90%	Pólo Petroquímico e Indústrias Siderúrgicas	Santos Filho et al, 1993
Salvador	129 crianças de 2-39 meses	32,60%	Sem referencia a possíveis fontes	Carvalho et al, 2000
Vale do Ribeira	295 crianças de 7 a 14 anos	59,00%	Antigo polo de mineração de chumbo	Paoliello et al, 2002
Bauru	857 crianças de 0-12 anos	36,60%	Indústria de acumuladores	Padula et al, 2006
Rio de janeiro - comunidade de Manguinhos	64 crianças e adolescentes 0-16 anos	5%	Tráfego e Indústrias	Mattos et al, 2009

*VR 20µg/dL

1.3 O chumbo no meio ambiente: fontes e monitoramento ambiental do problema.

O chumbo é um elemento naturalmente presente na terra, sendo utilizado pelo homem desde a antiguidade. Em cinco milênios, estima-se que mais de 300 milhões de toneladas de chumbo tenha sido liberada para o meio ambiente, a maioria nos últimos 500 anos (Tong e von Schirnding, 2000).

No século XX, com a aceleração do processo de industrialização ocorreu um aumento substancial de chumbo no meio ambiente, em decorrência principalmente de sua adição à gasolina. O consumo de chumbo

aumentou consideravelmente entre 1965 e 1990, chegando a 5.6 milhões de toneladas ((Tong e von Schirnding, 2000).

Entre os anos de 1979 a 1990, nos países desenvolvidos o consumo aumentou pouco, devido a medidas de controle, principalmente a retirada do chumbo como aditivo à gasolina automotiva. Entretanto, no mesmo período, o consumo de chumbo aumentou significativamente nos países em desenvolvimento, passando de 315.000 para 844.000 toneladas (Tong e von Schirnding, 2000).

O chumbo é um material que uma vez depositado no meio ambiente, não se degrada.

1.3.1 Fontes responsáveis por intoxicação humana

Atualmente, são consideradas como principais fontes de contaminação humana por chumbo a deposição residual deste metal decorrente de seu uso como aditivo à gasolina automotiva, a poluição veicular, os resíduos de mineração e seu processamento primário, os resíduos industriais, a presença em pigmentos, entre outros.

Poluição veicular

Os resíduos depositados no meio ambiente, em decorrência da adição do chumbo à gasolina automotiva, ainda são atualmente uma fonte importante de contaminação humana, uma vez que este metal não se

degrada facilmente nos compartimentos ambientais, principalmente no solo (UNEP, 2008)

Apesar do chumbo não ser mais utilizado na maioria dos países, algumas nações ainda o adicionam à gasolina. Segundo Relatório do United Nations Environment Programme (UNEP) de 2009 estes países são: Afeganistão, Coréia do Norte, Miamar, Argélia, Egito, Iraque, Tunísia, Iêmen, Albânia, Bósnia, Sérvia, Montenegro e Iugoslávia (UNEP, 2009).

A retirada progressiva da adição de chumbo à gasolina no Brasil iniciou-se em 1989, em função da instauração do Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool). Inicialmente, esta medida foi adotada pela Petrobrás, que atendia no período a 98% do mercado nacional de gasolina. Entretanto, continuaram a adicionar chumbo à gasolina, até 1992, a Refinaria de Manguinho e a Refinaria Ipiranga, responsáveis por 2% do fornecimento nacional de gasolina (Paolielloa e De Capitani, 2007).

A Lei 7823 que regulamentou a substituição do chumbo pelo etanol em todo território nacional, data de 1993. Em 2001, a portaria 309, da Agência Nacional de Petróleo (ANP), em conjunto com Regulamento ANP n° 5, do mesmo ano, fixou o limite máximo de chumbo permitido na gasolina, enquanto contaminante, em 0, 005g/lL (Freitas, 2005)

No Brasil a gasolina de aviação ainda contém chumbo, de acordo com dados da ANP (Brasil, 2009).

É importante lembrar que a poluição veicular atmosférica, mesmo com a retirada do chumbo da gasolina, tem se mostrado uma fonte relevante

de contaminação ambiental por este metal. Em estudo que analisou os poluentes gerados por emissões veiculares, foi constatada emissão de chumbo pelo escapamento dos carros e pelo desgaste pneumático. Essas emissões ocorrem em decorrência da presença de chumbo nos componentes dos tanques de gasolina e nas rodas (Schauer et al, 2006).

Atividades de mineração e processamento primário de chumbo

As atividades de mineração e processamento do chumbo em fundições primárias são responsáveis por diversos casos de contaminação ambiental e ocupacional, sendo exemplos a cidade de Santo Amaro da Purificação, na Bahia e Adrianápoles, no Vale do Ribeira (Paoliello e De Capitani, 2007).

As atividades de mineração de chumbo no Brasil concentram-se, atualmente, na Mina do Morro do Agudo, município de Paracatu, Minas Gerais, sendo sua produção exportada, já que as indústrias de beneficiamento primário de chumbo pararam de funcionar no Brasil em 1996 (Freitas, 2005 e DNPM, 2008).

O chumbo utilizado no Brasil provém de importações ou da reciclagem de material proveniente de baterias automotivas e resíduos industriais. As usinas recicladoras de chumbo no país encontram-se principalmente nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Pernambuco, Rio Grande do Sul e Paraná (DNPM, 2008).

Uso industrial

Por suas características específicas, como excepcional maleabilidade, baixo ponto de fusão, alta resistência à corrosão, alta densidade, alta opacidade ao Raio X e gama, reação eletroquímica com ácido sulfúrico e estabilidade química no ar, solo e água, o chumbo é utilizado em diversas atividades industriais (Panttarot e Figueiredo, 2006).

No Brasil, a indústria de acumuladores responde por 95,65% do consumo interno de chumbo, utilizado, principalmente, na fabricação de baterias de automóveis (89,86%) e, também, em baterias industriais (5,8%). Em seguida, vêm os óxidos utilizados na indústria química, eletrônica, vidro, cerâmica, pigmentos e indústria siderúrgica, que juntos respondem por 4,35% do consumo (DNPM, 2008).

As principais causas de intoxicação ocupacional no Brasil ocorrem atualmente em locais de reciclagem de baterias e fundições secundárias de médio porte (Paolielloa et al, 2007).

Pigmentos contendo chumbo

Uma das fontes estudadas como causadora de intoxicação por chumbo em crianças tem sido a pintura de moradias antigas, que pode conter pigmento deste metal.

A contaminação por essa fonte ocorre geralmente por ingestão direta de fragmentos descascados da pintura. Outra possibilidade de contaminação ocorre através de um sintoma conhecido como “pica”, observado em alguns

tipos de carência nutricional, que leva as crianças a ingerirem pedaços de tijolos e terra (Freitas, 2005).

Conforme citado anteriormente, os limites de chumbo permitido na fabricação de tintas imobiliárias, de uso infantil e escolar, vernizes e materiais similares foram fixados no Brasil em 2008 (Brasil, 2008)

Água

A contaminação da água pode ocorrer pelo contato da mesma com resíduos provenientes, principalmente, de atividades industriais e de mineração (Freitas, 2005).

Existem indícios também, de acordo com um estudo, de que os tratamentos convencionais para melhorar a qualidade da água, ao modificarem suas propriedades químicas, podem desestabilizar a camada de revestimento de chumbo nas tubulações e levar a corrosão de soldas contendo este material (Renner, 2010).

Outras Fontes

A contaminação humana pode ocorrer através do consumo de alimentos contaminados ou cujas embalagens contenham chumbo em sua composição.

No Brasil, em 1998, a Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos fixou os limites máximos de tolerância de contaminantes químicos em alimentos (Brasil, 1998). A norma regulamentar que determinou a

retirada do chumbo como liga na soldagem de embalagens de alimentos foi editada em 1999 (Brasil, 1999).

Além disso, outra possível forma de contaminação pode ocorrer através do cigarro, pois ele possui chumbo em sua composição (Freitas, 2005).

Utilizados principalmente nos países asiáticos, alguns tipos de cosméticos e medicamentos tradicionais contém chumbo em sua composição, o que pode estar relacionado com a intoxicação humana por este metal (UNEP, 2008, Freitas, 2005).

1.3.2 Monitoramento de compartimentos ambientais: a questão da contaminação por chumbo.

O risco da exposição humana a materiais contaminantes pode ser estimado através de medidas periódicas de determinadas substâncias em amostras ambientais de solo, ar e água (Kuno, 2009).

Alguns tipos específicos de contaminantes são objeto de monitoramento ambiental sistemático, seguindo a legislação e normatização ambiental vigente.

No Brasil o órgão federal responsável pelo estabelecimento de normas, critérios e padrões relativos ao controle e manutenção da qualidade do meio ambiente é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Este órgão foi instituído pela Lei 6.938 de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, sendo regulamentado pelo Decreto 99.274, de

1990. O CONAMA possui caráter consultivo e deliberativo (Brasil, 1981; Brasil, 1990). Cabe aos órgãos ambientais dos Estados e Distrito Federal a fiscalização da legislação em vigor, além do desenvolvimento de indicadores de qualidade ambiental local

No Rio Grande do Sul, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), é o órgão responsável pela aplicação e fiscalização da legislação ambiental em vigor, além da operação do licenciamento ambiental

Solo

Diversas regiões do mundo, entre elas EUA, Reino Unido e Austrália têm conduzido estudos de abrangência nacional para avaliar a concentração de chumbo no solo e determinar potenciais riscos de exposição humana a este metal (Markus e McBratney, 2007).

Em áreas urbanas residenciais dos EUA, foram encontradas concentrações médias de chumbo no solo de 115 mg/kg, enquanto que em áreas de alto risco para este tipo de contaminação, como nas proximidades de rodovias e áreas industriais, esse valor chegou a 1275 mg/kg. No Reino Unido, nos solos residenciais de Londres, a concentração média de chumbo encontrada foi de 656 mg/kg. Em diversas cidades australianas, as concentrações de chumbo permaneceram inferiores a 100 mg/kg (Markus e McBratney, 2007).

Podem influenciar na diferença entre os resultados encontrados na concentração de chumbo a composição mineral de cada tipo de solo, além

do fato de os estudos utilizarem diferentes técnicas de coleta e análise laboratorial (Markus e McBratney, 2007).

Para analisar a qualidade dos solos, devem ser utilizados valores orientadores, derivados de dados locais, levando em consideração os fins para os quais este solo será utilizado, geralmente dividido em solos para agricultura, residenciais e industriais (Carlon e D'Alessandro, 2007).

No Brasil, o Estado de São Paulo, por intermédio de sua agência ambiental, a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), baseado em levantamentos realizados em diversas regiões do Estado, estabeleceu em 2001 os "Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo". Tais valores foram atualizados em 2005 (CETESB, 2005).

De acordo com a orientação da CETESB, a referência de qualidade (VRQ), ou seja, solo considerado limpo é de 17 mg Pb/Kg. O valor de prevenção (VP), ou seja, a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo para chumbo é de 72mg/Kg. Já o valor de intervenção (VI), a concentração acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana é de 300mg Pb/Kg, para áreas residenciais. Para a determinação dos valores de referência de São Paulo foi utilizada a metodologia analítica 3050 e 3051b, padronizada pela United States Environmental Agency (US-EPA), na determinação de substâncias inorgânicas por técnicas espectrométricas. (CETESB, 2005).

De acordo com a Resolução 420, de 2009, do CONAMA, os órgãos ambientais competentes dos Estados e Distrito Federal, deverão estabelecer valores de referência de qualidade para substâncias químicas em solos, até o ano de 2013 (Brasil, 2009)

Com relação ao Rio Grande do Sul, não foram encontrados valores de referência para solo, nem dados relativos a avaliações realizadas na cidade de Porto Alegre.

Ar

Os parâmetros de qualidade do ar foram definidos no Brasil pela Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990. A concentração de sete poluentes pode ser utilizada para esta avaliação, sendo eles: Partículas Totais em Suspensão (PTS), de composição variada, incluindo metais pesados; Fumaça; Material Particulado ou Partículas Inaláveis (PI_{10}), compostos de material sólido ou líquido suspenso no ar com dimensões inferiores a 10 micrometros; Dióxido de Enxofre (SO_2); Dióxido de Nitrogênio (NO_2); Monóxido de Carbono (CO) e Ozônio (O_3) (Brasil, 1990).

É de atribuição das agências ambientais estaduais a avaliação destes parâmetros.

Neste sentido, no Rio Grande do Sul, a FEPAM possui uma rede de monitoramento automática da qualidade do ar, que avalia sistematicamente a concentração de Material Particulado (PI_{10}), Dióxido de Enxofre (SO_2) e Sulfeto de Hidrogênio. Essas avaliações são efetuadas em sete bases na

Região Hidrográfica do Guaíba, sendo três estações de monitoramento fixas, na cidade de Porto Alegre (FEPAMa, 2010).

Além das bases de monitoramento automático, a FEPAM, também, possui uma rede de monitoramento manual, que analisa Partículas Inaláveis (PI_{10}), Dióxido de Enxofre (SO_2) e Partículas Totais em Suspensão (PTS), em três estações em Porto Alegre.

A estação mais próxima da área de estudo (Vila Dique), pertence à rede de monitoramento manual e fica localizada na Central de Abastecimento de Porto Alegre (CEASA) (FEPAMb, 2010).

É necessário ressaltar que o monitoramento atmosférico convencional não mede diretamente a concentração de metais. Por essa razão, podem ser utilizadas técnicas auxiliares para este tipo específico de avaliação (Carneiro, 2004).

O biomonitoramento é uma técnica experimental que permite avaliar a resposta de organismos vivos frente a diversos elementos poluentes, entre eles o chumbo. Tal técnica possui vantagens como custos reduzidos, eficiência para o monitoramento de áreas amplas e por longos períodos de tempo, além permitir a avaliação de elementos químicos em baixas concentrações atmosféricas (Carneiro, 2004).

As informações podem ser deduzidas ou pelas mudanças que ocorrem nos organismos estudados ou pela concentração de poluentes específicos nos tecidos monitorados (Szczepania e Biziuk, 2003).

Técnicas de biomonitoramento com liquens, musgos, cascas e folhas de árvores têm sido utilizadas desde 1970 em diversas regiões do mundo. Tal procedimento pode ser desenvolvido de duas maneiras: biomonitoramento passivo, quando os espécimes analisados estão presentes no campo, e o biomonitaramento ativo, quando se coloca espécimes vegetais na área a ser estudada e então se verificam alterações morfológicas e concentração de poluentes (Szczepania e Biziuk, 2003).

Apesar de liquens e musgos serem mais comumente utilizados como bioindicadores de poluição atmosférica, cascas e folhas de árvores tem sido cada vez mais empregados neste tipo de análise (Pacheco et al, 2001).

As árvores, por serem menos sensíveis que os liquens e musgos, são mais resistentes a ambientes muito poluídos e, geralmente, são encontradas em áreas mais amplas. Sua utilização possui ainda outras vantagens como sua disponibilidade durante todo ano e menor necessidade de treinamento em botânica para identificação e coleta do material (Pacheco et al, 2001).

Entretanto, uma das dificuldades na utilização, principalmente das cascas de árvore diz respeito à possibilidade de contaminação das mesmas por elementos originários de material de ressuspensão do solo, sendo neste sentido, necessário um controle rigoroso na coleta das amostras (Pacheco et al, 2001).

Em estudo comparativo entre liquens, musgos e material proveniente de árvores, testes não paramétricos verificaram padrão semelhante de

concentração de diversos elementos poluentes em amostras provenientes da mesma região de coleta (Pacheco et al, 2001).

Um estudo para avaliar a concentração de metais em cascas de árvores, utilizando análise por fluorescência de raio X, foi desenvolvido em diversas regiões do Reino Unido. Foram coletadas amostras de quatro regiões distintas, a saber: Drax (North Yorkshire), região próxima a uma estação de energia movida a carvão; Darley Dale (Derbyshire) região próxima a uma fundição de chumbo; Galway (Irlanda) área não poluída da costa, representando os padrões de concentração natural de metais do Reino Unido e Tristan da Cunha (território do Reino Unido) local considerado livre de poluição de origem antrópica. As amostras foram analisadas pela técnica de fluorescência de raio X. As concentrações de chumbo encontradas nas cascas em Drax e Draley Dale foram respectivamente de 14,7 µg/g e 107,0 µg/g, significativamente maiores que em Galway e Tristan da Cunha, onde foram encontrados valores de 0,32 µg/g e 0.012 µg/g, respectivamente (Suzuki, 2006).

Em uma avaliação realizada nos parques da cidade de São Paulo, também foram utilizadas cascas de árvores para verificar a concentração de metais na atmosfera. A concentração de chumbo encontrada variou entre 2,0 µg/g, no parque do Embu, região mais afastada da zona metropolitana e 4,7 µg/g, no parque Trianon, região central da cidade. Os resultados encontrados foram atribuídos principalmente a poluição veicular. As amostras foram analisadas por fluorescência de raio X. (Martins, 2009).

Em outro estudo, também no Reino Unido, foram avaliados 42 locais da cidade de Bradford, utilizando folhas como bioindicadores de poluição atmosférica por metais. A concentração de chumbo apresentou-se mais elevada nos locais mais urbanizados, chegando a 37,44 µg/g no centro da cidade e nas proximidades de vias de tráfego intenso, como uma rodovia que corta a cidade. A metodologia analítica utilizada foi espectofotmetria por absorção atômica. (Aksoya et al, 1999)

Na cidade de Sevilha, Espanha foi realizada uma pesquisa que utilizou folhas para avaliar a contaminação atmosférica por chumbo em três áreas distintas da cidade. Os valores de chumbo encontrados foram maiores na região central (0.91 µg/g). Nos bairros residenciais os valores encontrados foram intermediários (0.71 µg/g) e nas montanhas próximas da cidade, região considerada controle, esses valores foram menores (0.27 µg/g). O principal fator associado à deposição de chumbo na atmosfera foi à poluição veicular. (Espinosa e Oliva, 2006).

Água

A regulamentação nacional vigente em relação aos padrões de qualidade da água foi estabelecida pelo CONAMA, em 2005. A qualidade dos recursos hídricos é analisada a partir de diversas variáveis, entre elas as características físicas da composição química e a concentração de microorganismos (Brasil, 2005).

O CONAMA classifica as águas superficiais de acordo com sua utilização e tipo de tratamento necessário para o consumo humano. Dessa

maneira, as águas são divididas em classe I e II, águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção ou tratamento simplificado; classe III, águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; classe IV: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado e classe V, águas que podem ser destinadas apenas à navegação e à harmonia paisagística.

Os limites de concentração de poluentes permitidos variam de acordo com estas categorias.

Segundo o CONAMA, o limite máximo permitido de chumbo nas reservas de água destinadas ao abastecimento, desde que recebam tratamento convencional (III), é de 0, 033ml/L. A concentração final de chumbo na água utilizada para consumo sem tratamento (I e II) é de 0,01ml/L (Brasil, 2005).

Segundo informações do Departamento Municipal de Águas e Esgotos (DMAE), no município de Porto Alegre, 100% da população recebe água tratada, sendo que os habitantes da cidade que residem em áreas irregulares são atendidos por serviço de carros pipa. Não foram localizados dados do DMAE referentes à concentração de chumbo no produto final destinado ao consumo humano (DMAE, 2010).

A água utilizada para o abastecimento da cidade de Porto Alegre provém principalmente do Lago Guaíba (DMAE, 2010). Este lago é formado

a partir da junção dos Rios Gravataí, Sinos, Caí e Jacuí, que constituem parte da Bacia Hidrográfica do Guaíba (FEPAMc, 2010).

O monitoramento da qualidade das águas superficiais de Porto Alegre, seguindo as recomendações do CONAMA, é efetuado desde 1992, trimestralmente pela FEPAM, a partir 38 pontos. Essas medições são realizadas, a semelhança do monitoramento atmosférico, em locais fixos.

De acordo com os dados fornecidos pela FEPAM o período de 1992 a 2009, a concentração de chumbo esteve acima dos valores indicados pelo CONAMA para água III, na foz do Rio Gravataí. Estes resultados, entretanto, são referentes às médias encontradas no período, não sendo disponibilizados dados para cada ano (FEPAMc, 2010).

Área de Estudo – Vila Dique

2 ÁREA DE ESTUDO – VILA DIQUE

Com a finalidade de agregar informações ao presente estudo, foram realizadas coletas de depoimentos com moradores e trabalhadores da Unidade Básica de Saúde, da Vila Dique. A partir do relato dessas pessoas, buscou-se entender o processo de ocupação e crescimento da área, o funcionamento de alguns serviços básicos oferecidos pelo poder público e pelas associações locais, as condições gerais de vida da população e as formas de trabalho e atividades relacionadas com a reciclagem de lixo.

Também, através das informações disponibilizadas pelos órgãos estaduais, FEPAM e DEMAE e da análise desenvolvida por Troleis (2009) sobre as condições das águas superficiais do Arroio da Areia, foram levantados dados sobre as possíveis fontes contaminação por chumbo, no ar e na água, na Vila Dique.

Como pontos fundamentais para esta análise foram utilizados as informações contidas em um levantamento socioeconômico que foi efetuado pelo DEMHAB, através da Superintendência de Ação Social e Cooperativismo e da Coordenação Técnica Social, da Vila Dique. Este levantamento foi realizado no período compreendido entre dezembro de 2005 e janeiro de 2006, e foi amplamente analisado por Troleis (2009), em sua tese de doutorado.

Tal levantamento foi efetuado para o reassentamento das famílias da Vila Dique em outra área da cidade de Porto Alegre, em decorrência da

proposta de início das obras de ampliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Salgado Filho, como parte do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), do governo federal.

Atualmente, Porto Alegre é a cidade mais populosa da Região Sul e ao lado de outras cidades, forma a quarta região metropolitana com maior número de habitantes do país.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população do Rio Grande do Sul cresceu cerca de cinco vezes no período de 1900 a 1960, como resultado de uma tendência de migração para o Estado e uma elevada taxa de natalidade. Neste período, a cidade de Porto Alegre apresentou um desenvolvimento acelerado, passando de 73 mil habitantes em 1900 para 635 mil em 1960. Entre os anos de 1970 a 2000, a população de Porto Alegre cresceu 84,6%, em virtude, principalmente, da migração de habitantes das zonas rurais para as urbanas (IBGE, 2000).

Porto Alegre, assim como diversas cidades brasileiras, passou por um crescimento rápido e desordenado, caracterizado pela ocupação de diversas áreas irregulares, sem infra-estrutura básica para habitação.

É neste contexto que foi se formando a Vila Dique, cujos primeiros moradores, migrantes de origem rural das colônias alemãs do interior do Estado, instalaram-se em 1984. De acordo com relato de moradores, a maioria da população que mudou para a Vila Dique trabalhava com reciclagem de material, proveniente, principalmente, do Lixão da Zona Norte,

transformado em aterro sanitário pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) de Porto Alegre, em 1990.

Bem próximo a Vila Dique encontra-se o Aeroporto Internacional Salgado Filho, além de existir uma área industrial, localizada na Avenida das Indústrias. A principal via de acesso da Vila Dique é a Avenida Dique, que faz a ligação entre a Avenida Sertório e a Avenida das Indústrias.

O galpão de reciclagem Santíssima Trindade foi fundado em 1989, e, posteriormente foi instalada, ao lado do Galpão, a creche Galpãozinho, para que as mães pudessem deixar seus filhos, enquanto trabalhavam.

Foto 1 - Creche e Galpão de Reciclagem

O serviço de saúde na Vila Dique é oferecido desde 1992 pela Unidade Básica de Saúde Santíssima Trindade, vinculada ao Grupo Hospitalar Conceição. Nesta Unidade de Saúde trabalham quatro médicos,

um enfermeiro, quatro auxiliares de enfermagem, seis agentes comunitários de saúde, um assistente social e um dentista. São desenvolvidas pela Unidade atividades de ensino e assistência, existindo um programa de residência em Medicina de Família e Comunidade e outro de Residência Multiprofissional

Somente a partir de 1990 é que foi efetuada a construção e instalação da rede de abastecimento de água. Entretanto, até 2008, 20% da população não possuía rede de água, sendo o fornecimento realizado através do DMAE, que instalou, em uma das extremidades da Vila Dique, uma caixa de água.

Na Vila Dique não existe saneamento básico, sendo que esgoto das moradias é despejado diretamente no Arroio da Areia.

2.1 Características socioeconômicas

No levantamento socioeconômico já mencionado, foram entrevistadas famílias moradoras de 977 domicílios, sendo que 116 famílias foram consideradas ausentes no momento da coleta dos dados. Além dos domicílios, foram encontradas 177 instalações, distribuídas entre armazéns, minimercados, serralherias, oficinas mecânicas, padarias, bares, nove igrejas evangélicas, dois centros umbandistas, duas associações de moradores e 42 galpões particulares de triagem e reciclagem de resíduos sólidos.

Segundo os dados do levantamento socioeconômico, a população da Vila Dique é composta por 1100 famílias, com 4.013 pessoas que vivem em condições de extrema pobreza. A região apresenta um processo de ocupação consolidado, com 69% das famílias morando na Vila Dique há mais de 10 anos. As condições de habitação são precárias, sendo que 44% das construções apresentam estado de conservação classificado como péssimo.

Foto 2 - Condições precárias das moradias

Em relação à distribuição etária a população é formada, principalmente por pessoas jovens. A maioria da população (69,7%) é composta por pessoas de até 30 anos.

O percentual de atendimento em estabelecimentos de educação infantil para crianças de 0 a 6 anos, a despeito da existência de uma creche na Vila Dique, é muito baixo, de apenas 12,4%. Na população de 7 a 14 anos, apenas 74,5% das crianças são atendidas pelo Ensino Fundamental. A escolaridade média dos indivíduos acima de 14 anos é de seis anos.

O levantamento constatou ainda que a maioria dos indivíduos em idade economicamente ativa exerce funções que não exigem mão de obra qualificada, como empregados domésticos, carpinteiros, catadores e outros, sendo que seus rendimentos salariais são muito baixos. Aproximadamente, 64% da população sobrevivem com menos de dois salários mínimos e um número elevado de moradores recebe ajuda de programas governamentais, como o Programa Fome Zero.

Ainda de acordo com os mesmos dados, grande parte da população da Vila Dique trabalha, direta ou indiretamente com a coleta e reciclagem de resíduos sólidos, sendo que 204 moradores trabalham em galpões de reciclagem. Além disso, na Vila Dique, 106 carroças de tração animal são utilizadas por famílias nas atividades de coleta de resíduos sólidos, pela cidade.

Além do recolhimento e reciclagem do lixo da cidade de Porto Alegre, algumas atividades ilícitas, como a queima e venda de cabos telefônicos, são realizadas na Vila Dique.

Foto 3 - Coleta e reciclagem de resíduos sólidos na Vila Dique

2.2 Características geofísicas

A área onde está localizada a Vila Dique é constituída por solos do tipo glei húmico, moderadamente profundos, mal drenados e com baixa permeabilidade. Por suas características esse tipo de terreno está sujeito a inundações freqüentes, com forte restrição para ser ocupado por moradias (Troleis, 2009).

Foto 4 - Terreno alagado após chuva na Vila Dique

O Arroio da Areia circunda a área da Vila Dique e sua rede de drenagem escoa para o Rio Gravataí (Troleis, 2009).

A partir dos dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, em medições realizadas na estação do aeroporto de Porto Alegre, a direção do vento na região varia entre 120 e 160°, ou seja, direção sudeste (SE). (INPE, 2002)

2.3 Contaminação ambiental da área

De acordo com relato de moradores, no passado, em parte do terreno ocupado pela Vila Dique havia depósito de lixo irregular. Em razão de a região localizar-se em terreno sujeito a inundações freqüentes, o solo foi

sendo aterrado ao longo dos anos com os resíduos provenientes do material depositado naquele local. Neste terreno foram construídas parte das moradias existentes

No início da ocupação da Vila Dique não havia controle da origem do lixo depositado, coletado e utilizado para reciclagem pelos moradores. De acordo ainda com o relato dos moradores, os resíduos sólidos eram provenientes de vários locais, incluindo residências, indústrias e até mesmo hospitais.

Atualmente, o galpão oficial de reciclagem, que funciona na Vila Dique, recebe do DMLU de 3 a 4 cargas de uma tonelada cada, por dia, de resíduos sólidos. Trabalham neste galpão 27 pessoas, que moram na Vila Dique. Os principais materiais separados e vendidos pelo galpão são: plástico, papel e vidro (Troleis, 2009).

A partir de um levantamento realizado pelo DMLU, Troleis (2009) caracterizou a composição do lixo gerado pelos moradores de Porto Alegre, como sendo formado por 58,6% de matéria orgânica, 8,4% de papéis, 4,4% de metais, 1,3% de vidro e 6,0% por outros materiais.

Apesar da existência do galpão oficial, existem moradores que trabalham com coleta e separação de resíduos sólidos em suas casas, sem controle de procedência do lixo. O material muitas vezes é armazenado nas próprias residências, o que leva a acumulação de lixo por toda a extensão da Vila Dique.

Foto 5 - Lixo acumulado próximo as moradias

Segundo relato dos moradores e trabalhadores da Unidade de Saúde da região não existe descrição de atividades industriais dentro da área da Vila Dique.

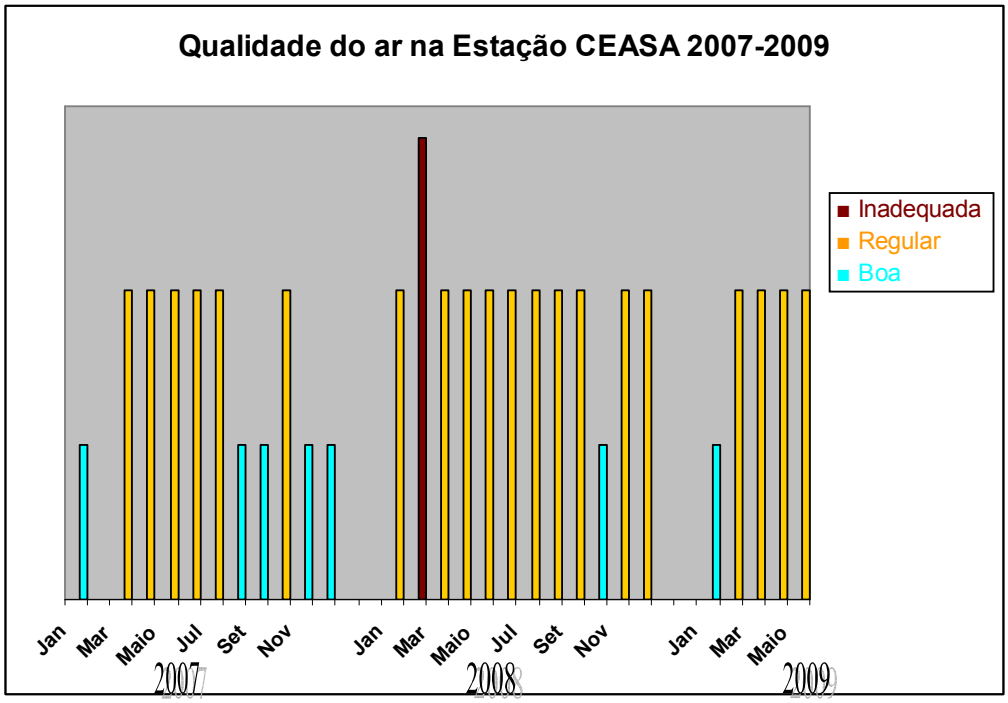
Em estudo para avaliar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas do Arroio da Areia, Troleis (2009) encontrou uma grande concentração de poluentes de origem orgânica. Pelo referido estudo, a concentração de chumbo, entretanto, permaneceu inferior a 0, 001ml/L em amostragem seriadas, obtidas no período compreendido entre 1992 e 2000.

Destacam-se como possíveis fontes de contaminação atmosférica nesta região, o intenso tráfego de veículos na Avenida Dique, a proximidade com o Aeroporto Internacional e com a região da Avenida das Indústrias.

Na Avenida das Indústrias existem atualmente 45 endereços comerciais divididos entre indústrias, empresas que trabalham com construção, revendedoras de automóveis, empresas de aluguel de carros, bancos, postos de combustíveis e distribuidoras de alimentos. Destacam-se nove indústrias ou empresas que trabalham com material possivelmente relacionado à emissão de chumbo, como indústrias de tintas, solventes, metalúrgicas e empresas de recondicionamento de peças usadas de automóveis.

De acordo com dados do período compreendido entre janeiro de 2007 e maio de 2009, da estação CEASA, base de monitoramento manual da FEPAM e região mais próxima da área de estudo, a qualidade do ar variou entre regular e boa, sendo inadequada apenas no mês de fevereiro de 2008. A concentração de PI_{10} foi a principal responsável pelos resultados encontrados. A figura 4 demonstra a variação da qualidade do ar no período estudado (FEPAMb, 2010).

Gráfico 1 - Qualidade do ar na Estação CEASA 2007-2009



Utilizando o site www.gpsvisualizer.com, através do qual é possível a localização de pontos georeferenciados e o programa de edição de imagens GIMP 2.0, ambos de disponibilização livre, foram criados os mapas com os principais elementos da área de estudo.

Figura 1 - Mapa da localização da Vila Dique em Porto Alegre

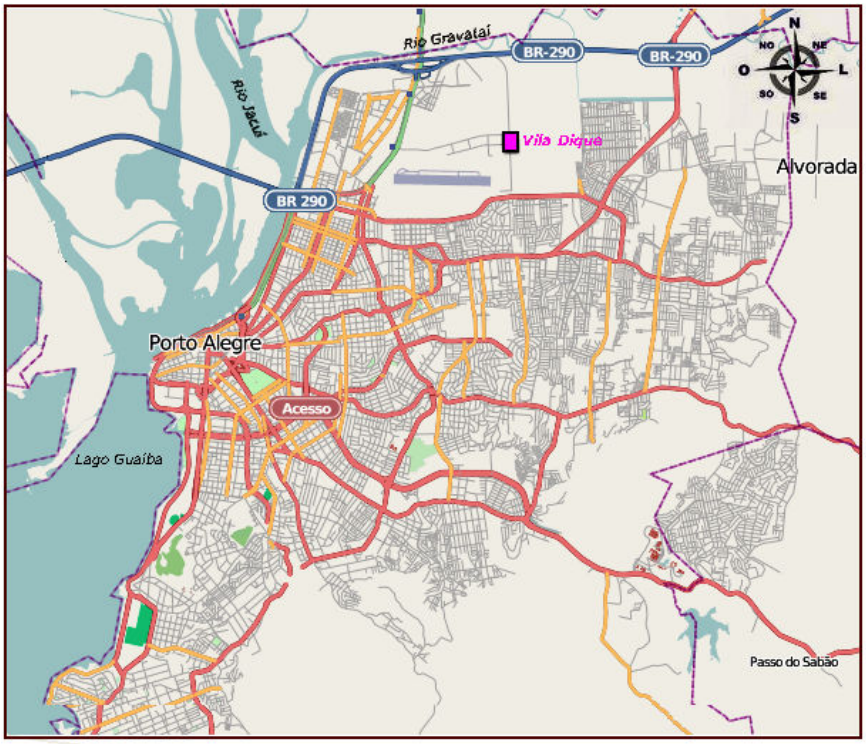


Figura 2 - Mapa da Área de Estudo

Objetivos

3 OBJETIVOS

Geral

- Estudar a prevalência de intoxicação por chumbo em crianças com idade de 0 a 5 anos, residentes na área da Vila Dique, na cidade de Porto Alegre.

Secundários

- Avaliar fatores de risco associados com a intoxicação por chumbo nas crianças da Vila Dique.
- Realizar avaliação ambiental preliminar de possíveis fontes de contaminação por chumbo na área de estudo.

Métodos

4 MÉTODOS

4.1 Estudo de prevalência

No ano de 2006 foi iniciado pela pesquisadora um estudo de prevalência de intoxicação por chumbo em crianças com idade de 0 a 5 anos de idade, moradoras da Vila Dique.

Este trabalho obteve aprovação do Comitê de Ética do Grupo Hospitalar Conceição de Porto Alegre. A todos os participantes da pesquisa foram explicitadas as razões do trabalho, bem como oferecido, se necessário, o tratamento adequado para aqueles casos em que o uso de quelantes mostrou-se efetivo, ou seja, em concentrações sanguíneas de chumbo superiores a 44µg/dl (Dietrich et al, 2004). Todos os responsáveis pelas crianças, participantes da pesquisa, assinaram um termo de consentimento antes da coleta de dados.

O tamanho da amostra foi determinado conforme Ronir (2004), utilizando como parâmetros o número total de crianças de 0 a 5 anos residentes na Vila Dique (553), a prevalência de intoxicação por chumbo na população de crianças de áreas urbanas nos Estados Unidos, 4,4% (CDC,2005), um erro tolerável de 0,06 e intervalo de confiança (IC) de 95%, apresentando como resultado n=116.

Após a determinação do tamanho da amostra, foi realizado um sorteio aleatório, através do programa SPSS 13, para a escolha das crianças.

As crianças e os responsáveis receberam a visita em suas casas dos Agentes Comunitários de Saúde, que solicitaram o comparecimento dos mesmos a Unidade Básica de Saúde, onde foram orientados individualmente pelos Auxiliares de Enfermagem e pela pesquisadora sobre a natureza do estudo.

A seguir, foi coletada amostra de sangue para dosagem da concentração de chumbo e os responsáveis pelas crianças responderam um questionário para avaliar possíveis fatores associados à exposição ao chumbo.

Foram coletados 2ml de amostra de sangue de cada criança, em tubo heparinizado. Este material foi transportado diariamente após as coletas para um laboratório de análises clínicas.

As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório Toxi-lab, pelo método de espectrometria de absorção atômica em forno de grafite, com limite de detecção de 0,5µg/dL. Este laboratório realiza análises clínicas e toxicológicas desde 1995, em Porto Alegre, possuindo certificação do ISO9001.

Através do questionário respondido pelos responsáveis foram identificados os seguintes aspectos: a idade e sexo das crianças; material de construção da residência (alvenaria ou madeira); local onde a criança dorme

(chão ou cama elevada); micro área de residência; nível de escolaridade da mãe e do pai (em anos); existência de atividade de reciclagem de lixo na residência e tempo de moradia na Vila Dique.

Para considerar a intoxicação por chumbo, foi utilizada a concentração sanguínea maior ou igual a 10 µg/dL, de acordo com os parâmetros adotados pelo CDC e OMS (Valent et al, 2004, CDC, 2007).

Análise estatística

As análises foram realizadas com o programa SPSS 15.0. Foi utilizado modelo linear generalizado supondo distribuição Gama com função de ligação identidade para explicar a concentração de chumbo, segundo as variáveis de interesse.

Optou-se por este modelo de análise estatística porque os dados de concentração de chumbo no sangue encontrados mostraram-se assimétricos, ou seja, um número maior de crianças possuía baixas concentrações e poucas crianças concentrações muito altas.

O teste realizado para comparar a concentração entre as categorias das variáveis foi a Mann-Whitney (para duas categorias) e Kruskal-Wallis (para mais de duas categorias).

4.2 Análises ambientais preliminares

Como parte do presente trabalho foi efetuada uma análise ambiental preliminar na área de estudo, na tentativa de avaliar algumas fontes locais de contaminação por chumbo.

No ano de 2008, amostras de solo, casca e folhas de árvores foram coletadas, tanto na Vila Dique, quanto em duas regiões próximas. Para esta análise foram determinados dez pontos de coleta, sendo seis na região da Vila Dique, dois na Avenida das Indústrias e dois na Avenida Sertório.

As regiões de coleta dentro da Vila Dique foram escolhidas pela disponibilidade da árvore selecionada e pela coincidência com a divisão de micro áreas já estabelecida pela Unidade Básica de Saúde. À distância entre os pontos de amostragem foi de aproximadamente 450 metros.

Os pontos de coleta na Avenida das Indústrias foram escolhidos em razão da possibilidade de o local apresentar contaminação ambiental em decorrência das indústrias da região. Foram escolhidos pontos, também, na Avenida Sertório, área residencial sem fontes industriais identificadas.

Em cada um dos pontos foi coletada uma amostra de solo superficial, uma de casca e outra de folhas de árvores. As coordenadas geográficas foram determinadas para cada ponto de amostragem.

Utilizando os mesmos programas já citado, www.gpsvisualizer.com e GIMP, foram localizados os pontos de coleta da área de estudo.

Figura 3 - Pontos de coleta de amostras e equipamentos da Vila Dique

As amostras de cascas e folhas foram coletadas da espécime *Melia Azedarach L.*, árvore conhecida como Cinamomo. A escolha desta planta se deve a sua distribuição comum em toda área metropolitana de Porto Alegre, além de suas folhas estarem a mais de 100 cm do solo, evitando contaminação por material de ressuspensão, condição necessária para a análise de bioacumulação de poluição atmosférica (Carneiro, 2004).

A coleta foi realizada no início do mês de junho de 2008, no período em que as folhas das árvores estavam iniciando seu processo anual de queda.

Figura 4 - Árvore de Cinamomo com as folhas

As folhas e cascas foram lavadas e secas, depois trituradas manualmente em um amolfariz de ágata e peneiradas, obtendo-se partículas homogêneas. Um total de 0,5 a 0,6 gramas destas partículas foram colocadas em um cilindro, junto com aproximadamente 1g de ácido bórico (H3BO3) e prensadas por 60 segundos, com força de uma tonelada. Através desse processo foram obtidas pastilhas de dupla camada (ácido bórico e amostra), com 20 mm de diâmetro (Martins, 2009)

As amostras de solo foram peneiradas e seguiram o mesmo procedimento aplicado nos bioacumuladores, obtendo-se pastilhas de características semelhantes.

A análise das amostras de folhas, cascas e solo foi realizada pela metodologia de determinação da composição elementar através da Espectrometria de Fluorescência de Raio-X. (EDX). Nesta técnica, o material devidamente coletado e preparado é submetido ao método de fluorescência

de Raio-X por dispersão de energia, em um aparelho da marca Shimadzu, modelo EDX-700HS (Shimadzu Corporation, Analytical Instruments Division, Kyoto, Japão). O EDX-700HS, da Shimadzu, utiliza tubo gerador de raios-X de ródio (Rh-target tube), voltagem de 5 a 50kV, corrente de 1 a 1000 A, e um detector dos raios-X (Martins, 2009).

Utilizando-se uma amostra padrão certificada para cada tipo de material, folhas, cascas e solo, foram obtidos resultados quantitativos da concentração de chumbo. Para cada amostra analisada foram efetuadas cinco medidas, na tentativa de minimizar possíveis erros de leitura do aparelho (Martins, 2009).

Os resultados foram então submetidos a uma análise descritiva e a seguir comparados com outros valores descritos na literatura.

Para avaliar diferenças significantes entre as concentrações encontradas nos pontos de coleta, para cada tipo de material estudado, foi realizada ANOVA com correção de Brown-Forsythe para heterocedasticidade com comparações múltiplas de Dunnett T3 para variâncias desiguais (Neter et al, 1996).

De acordo com o resultado desta análise, os pontos de maior concentração de chumbo para cada tipo de material estudado, que demonstraram diferença significante, foram apontados no mapa da área de estudo. O objetivo desta localização foi o de estabelecer uma possível correlação entre a maior concentração de chumbo e os elementos da área estudada.

Resultados

5 RESULTADOS

5.1 Resultados do estudo de Prevalência

Do total de 116 crianças sorteadas, foram coletadas amostras sanguíneas de 97 crianças que compareceram a Unidade de Saúde, perfazendo 83,6% da amostra. As perdas ocorreram em razão de duas recusas e pelo fato de 17 crianças estarem ausentes da Vila Dique, no período da realização da coleta de sangue.

A análise descritiva dos resultados obtidos encontra-se na tabela 3.

Na amostra selecionada, houve uma leve predominância de crianças do sexo masculino (52,6%); (47,4%) das crianças apresentavam idade entre 0 e 2 anos; (20,6%); das residências havia reciclagem de lixo; a maioria das crianças morava em casas de madeira (86,6%); dormia em cama elevada (89,7%) e moravam na Vila Dique desde o nascimento (89,7%). Com relação à escolaridade dos pais, a maioria apresentava nível de escolaridade menor que sete anos (72,1% dos pais e 74,2% das mães).

Comparando-se os grupos de crianças intoxicadas por chumbo com aquelas não intoxicadas, percebe-se uma diferença em relação ao sexo masculino, reciclagem de lixo em casa e escolaridade paterna, conforme descrito na tabela 3. Não foram aplicados testes estatísticos para avaliar estas diferenças em virtude dos resultados apresentarem distribuição assimétrica, como apontado previamente na metodologia.

Tabela 3 - Distribuição de frequência das variáveis analisadas

Variável	Total (97)		PB<10 (81)		Pb≥10 (16)	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Sexo						
Masculino	51	52,60%	40	49,40%	11	68,80%
Feminino	46	47,40%	41	50,60%	5	31,30%
Idade (anos)						
0-1	18	18,60%	17	21,00%	1	6,30%
>1-2	28	28,90%	23	28,40%	5	31,30%
>2-3	22	22,70%	17	21,00%	5	31,30%
>3-4	16	16,50%	14	17,30%	2	12,50%
>4-5≤	13	13,40%	10	12,30%	3	18,80%
Tipo de moradia						
Madeira	13	86,60%	72	88,90%	12	75,00%
Alvenaria	84	13,40%	9	11,10%	4	25,00%
Local onde a criança dorme						
Cama	87	89,70%	72	88,90%	15	93,80%
Dorme no chão	10	10,30%	9	11,10%	1	6,30%
Mora na área desde o nascimento?						
Sim	87	89,70%	72	88,90%	15	93,80%
Não	10	10,30%	9	11,10%	1	6,30%
Reciclagem de lixo em casa						
Sim	20	20,60%	13	16,00%	7	43,80%
Não	77	79,40%	68	84,00%	9	56,30%
Escolaridade do pai (anos)						
0-4	25	25,80%	18	22,20%	7	43,80%
5-7	45	46,40%	39	48,10%	6	37,50%
≥ 8	23	23,70%	22	27,20%	1	6,30%
Ignorado	4	4,10%	2	2,50%	2	12,50%
Escolaridade da mãe (anos)						
0-4	40	41,20%	32	39,50%	8	50,00%
5-7	32	33,00%	26	32,10%	6	37,50%
≥ 8	25	25,80%	23	28,40%	2	12,50%
Ignorado	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Micro área de residência						
1	29	30,00%	24	29,60%	5	31,30%
2	35	36,00%	31	38,30%	4	25,00%
3	13	13,00%	10	12,30%	3	18,80%
4	20	21,00%	16	19,80%	4	25,00%

Em síntese, a prevalência de intoxicação por chumbo foi de 16,5% (IC 95% 9,0-24,0%). Poucas crianças apresentaram concentração muito elevada. Em cinco crianças os valores de chumbo sanguíneo excederam 15 µg/dl, sendo que uma criança apresentou concentração de chumbo no sangue pouco acima de 20 µg/dl. Apenas em uma criança, com 25 dias de vida, foi observada concentração menor que 1 µg/dl. Nenhuma amostra de sangue coletada apresentou valor superior ao nível crítico indicado para o tratamento com o uso de quelantes (44µg/dl)

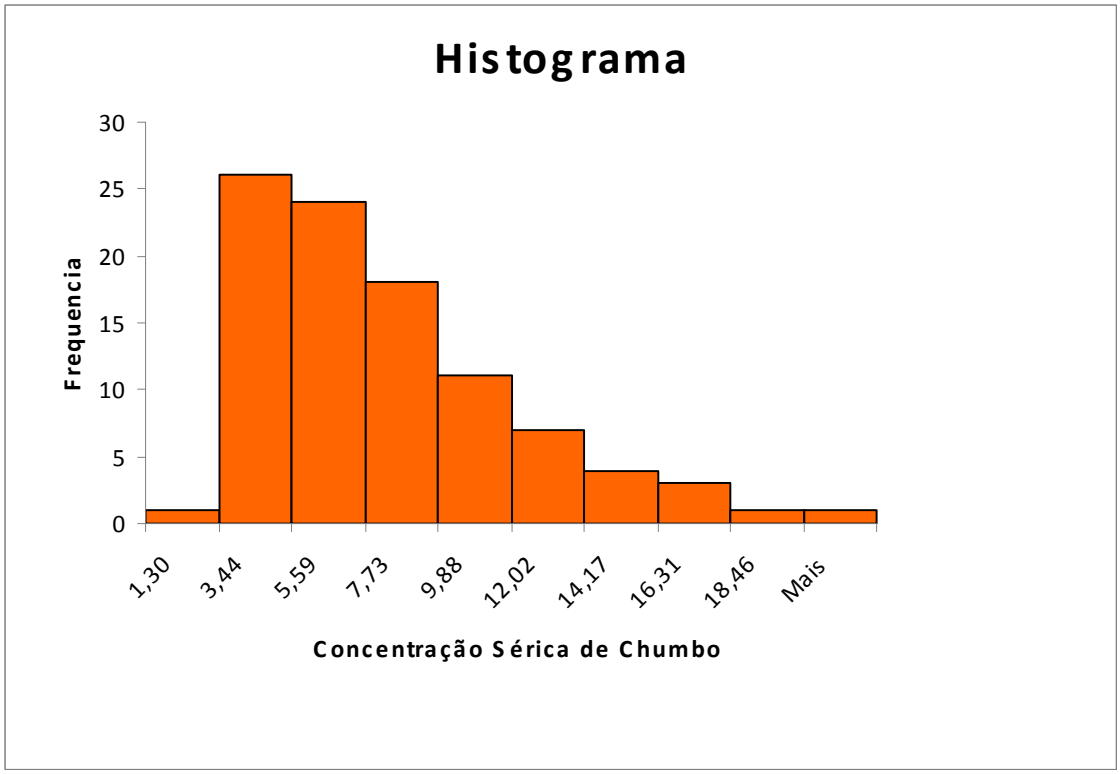
Em relação à distribuição dos níveis sanguíneos de chumbo na população estudada, mais da metade das crianças (51,5%) apresentou plumbemia sanguínea maior que 5 µg/dL, conforme descrito na tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição de frequência dos níveis de chumbo no sangue

[Pb]sangue µg/dL	N	Frequência
0 - 4,9	47	48,45%
5,0 - 9,9	34	35,05%
10,0 - 14,9	11	11,34%
≥15	5	5,15%

A média de chumbo sanguíneo encontrada foi de 6,17 µg/dl e o desvio padrão de 4,03 µg/dl, com distribuição significativamente assimétrica à direita, como ilustra o histograma apresentado na figura 6. A mediana da concentração de chumbo no sangue foi de 5,20 µg/dl, e a amplitude de variação, de 0,5 a 20,6 µg/dl.

Gráfico 2 - Histograma da distribuição da concentração sérica de chumbo.



Como discutido na metodologia, optou-se pelo modelo de regressão linear generalizado, com função de ligação identidade para examinar a associação entre a concentração de chumbo no sangue e as variáveis de interesse.

Na análise univariada descrita na tabela 5, apresentaram $p<0,20$ as variáveis sexo, reciclagem de lixo na moradia, micro área de residência e escolaridade da mãe e do pai.

Tabela 5 - Análise univariada

Variável	Média	DP	Mediana	Min	Max	N	p
Sexo							**0,049**
M	6,74	3,91	6	1,3	17,4	51	
F	5,55	4,11	4,1	0,5	20,6	46	
Tipo de moradia							0, 672
Alvenaria	6,4	4,95	3,7	1,6	15,8	13	
Madeira	6,14	3,9	5,25	0,5	20,6	84	
Local onde a criança dorme							0, 957
Cama elevada	6,21	4,13	5,2	0,5	20,6	87	
Chão	5,86	3,12	5,6	1,9	12,2	10	
Mora na área desde o nascimento?							
Sim	6,3	4,1	5,4	0,5	20,6	87	0,339
Não	4	2,5	3,7	2,4	10,2	10	
Reciclagem de lixo em casa							**0,012**
Sim	8,57	5,18	7,95	1,6	20,6	20	
Não	5,55	3,45	4,6	0,5	15,9	77	
Escolaridade do Pai							**0, 032***
<= 4	7,04	4,69	5,4	0,5	15,9	25	
5 a 7	6,27	3,63	5,8	1,6	20,6	45	
>= 8	4,33	2,66	3,3	1,3	10,3	23	
Escolaridade da Mãe							**0,084***
<= 4	6,71	4,68	5,35	1,6	20,6	40	
5 a 7	6,64	3,62	6,15	1,7	15,9	32	
>= 8	4,72	3,06	3,6	0,5	11,8	25	
Micro área de residência							**0, 151***
1	6,19	3,88	4,8	1,8	17,4	29	
2	5,6	4,52	4,1	1,3	20,6	35	
3	6,01	3,73	5,2	0,5	12,4	13	
4	7,26	3,54	6,45	2,4	15,2	20	

* Resultado do teste Kruskal-Wallis

Foi ainda realizado a correlação de Spearman entre a idade e a concentração sérica de chumbo, com coeficiente de correlação de 0, 328 (p 0, 001).

No modelo múltiplo, considerando-se as variáveis selecionadas na análise univariada, permaneceram os fatores idade, escolaridade do pai,

reciclagem de lixo em casa, como descrito na tabela 6. Os demais fatores não apresentaram associação estatística (p> 0,05).

Tabela 6 - Modelo múltiplo

			Lower	Upper	Wald est.	DF	p
(**Intercept**)	2,12	0,61	0,94	3,31	12,29	1	**0, 000456**
Idade	0,87	0,31	0,27	1,47	8,07	1	**0, 004501**
Reciclagem de lixo em casa							
Sim	2,37	1,02	0,38	4,37	5,43	1	**0, 019792**
Não	0	.	.	.	.	.	.
Escolaridade do pai							
0-4	1,85	0,91	0,07	3,62	4,14	1	**0,041786**
5-7	1,8	0,65	0,53	3,07	7,69	1	**0,005565**
≤8	0	.	.	.	.	.	.

5.2 Análises ambientais preliminares

Conforme descrito na metodologia, os resultados de concentração de chumbo para cada tipo de material (folhas, cascas e solo) nos seus diferentes pontos de coleta, foram obtidos a partir da média de cinco leituras diferentes realizadas pelo aparelho de EDX.

Os resultados das análises ambientais obtidos pela ANOVA com correção de Brown-Forsythe encontram-se na tabela 7.

A concentração de chumbo encontrada no solo foi mais alta no interior da área da Vila Dique, especialmente nos pontos Área D (601,66

µg/g) e área C (118,24µg/g). A análise estatística evidenciou diferença entre os resultados de chumbo no solo, nos diversos pontos de coleta.

A concentração de chumbo nas cascas de árvores revelou valores baixos ao longo dos pontos de amostragem. Entretanto, percebeu-se uma diferença de concentração com significado estatístico e com valores mais elevados nos pontos Indústria 2 e Área D, apontados na figura 6.

A concentração de chumbo nas folhas foi baixa em todos os pontos coletados, não apresentando diferença na análise estatística Os resultados encontram-se descritos na tabela 7.

Tabela 7 - Resultado das análises ambientais ([Pb]µg/g)

Pontos de coleta		Solo	Cascas	Folhas
Área A	Média	70,91	1,05	1,26
	DP	10,32	0,10	0,46
Área B	Média	72,74	1,26	1,08
	DP	6,36	0,32	0,77
Área C	Média	118,24	1,20	0,96
	DP	19,75	0,44	0,57
Área D	Média	601,66	2,30	1,12
	DP	54,34	0,59	0,28
Área E	Média	50,06	1,79	1,11
	DP	5,88	0,49	0,17
Área F	Média	52,58	1,70	1,03
	DP	11,24	0,44	0,05
Indústrias 1	Média	60,09	1,26	1,16
	DP	8,92	0,38	0,22
Indústrias 2	Média	46,02	3,26	1,15
	DP	6,03	0,66	0,22
Sertório 1	Média	20,91	0,92	1,27
	DP	5,67	0,56	0,29
Sertório 2	Média	64,66	2,03	1,28
	DP	8,89	0,93	0,30
p		<0, 001	<0, 001	0,94

Figura 5 - Pontos com maior concentração de chumbo no solo

Figura 6 - Pontos com maior concentração de chumbo nas cascas.

Discussão

6 DISCUSSÃO

A prevalência de intoxicação por chumbo em crianças na Vila Dique (16,5%) foi expressiva, sendo a média de plumbemia nesta população de 6,17 µg/dL (DP4, 03). Os fatores associados encontrados foram à idade das crianças, a escolaridade do pai e a presença de atividades de reciclagem na moradia. Assim, crianças mais velhas, cujos pais possuíam menor escolaridade e que moravam em casas nas quais se desenvolviam atividades de reciclagem apresentaram níveis mais elevados de chumbo no sangue.

Não foi encontrada relação importante entre os níveis sanguíneos de chumbo e os outros fatores associados (tipo de material da residência, moradia na Vila Dique desde o nascimento, escolaridade da mãe, local onde a criança dorme e microárea da residência).

Nas análises ambientais, foram encontradas concentrações significativas de chumbo no solo, indicando algum tipo específico de contaminação deste compartimento ambiental. Valores menores de chumbo foram mensurados nas cascas e folhas de árvore, sugerindo uma menor deposição deste metal de origem atmosférica.

O número de crianças avaliadas pelo estudo foi significativo, perfazendo um total de 83,6% da amostra previamente selecionada, o que fornece poder estatístico suficiente para representar a população infantil de 0 a 5 anos da Vila Dique.

As variáveis apresentaram distribuição balanceada, de acordo com o perfil da população da área. Deve-se ressaltar que a faixa etária das crianças selecionadas condiz com a população infantil mais vulnerável aos problemas decorrentes da intoxicação por chumbo.

Com relação ao questionário utilizado, foram analisados pontos importantes, como a relação entre a escolaridade dos pais e a presença de reciclagem de resíduos sólidos no domicílio. Entretanto, outros fatores descritos na literatura, como o tipo de ocupação dos pais (trabalho em indústrias de tintas, acumuladores, etc.), tabagismo na residência e carências nutricionais não foram objeto de análise do questionário, por não terem sido considerados no momento da elaboração da parte inicial da pesquisa, como fatores importantes a serem avaliados na região da Vila Dique.

As análises do solo e atmosfera realizadas neste estudo, complementadas com os dados obtidos através da caracterização da área, tiveram como objetivo uma avaliação inicial do risco de contaminação ambiental por chumbo. Para análise de solo e atmosfera não foi utilizada metodologia preconizada por agências oficiais de controle ambiental, o que dificulta a comparação dos resultados obtidos no presente estudo com valores nacionais.

Em comparação com os dois únicos estudos brasileiros que avaliaram populações de crianças em locais sem relato prévio de contaminação do meio ambiente por chumbo, os resultados da prevalência de intoxicação por chumbo encontrados neste trabalho foram maiores que

os apresentados por Mattos (2009) e menores dos que os encontrados por Carvalho (2000).

Em estudo na comunidade de Manguinhos, Rio de Janeiro, Mattos (2009) encontrou níveis acima de 10 µg/dL, em 5% de crianças e adolescentes. Existe, porém uma diferença entre a faixa etária selecionada pelo pesquisador, que avaliou crianças e adolescentes de 0 a 16 anos. No trabalho de Mattos não existe a descrição detalhada dos grupos etários que apresentaram maior prevalência de intoxicação por chumbo, tornando difícil a comparação dos resultados encontrados pelo pesquisador com o presente estudo.

No trabalho realizado por Carvalho (2000) em Salvador, foram encontrados níveis de plumbemia superiores a 10 µg/dL, em 33% das crianças estudadas. Os autores não discutem as possíveis causas dessa contaminação, porém este estudo foi realizado em 1993, logo após a retirada do chumbo como aditivo da gasolina, o que pode estar relacionado com os altos níveis deste metal encontrados nas análises.

Na comparação entre os dados obtidos pelo presente estudo e os demais estudos brasileiros, observou-se uma prevalência menor de intoxicação por chumbo entre as crianças da Vila Dique. Todavia, deve-se enfatizar que na Vila Dique não existe relato prévio de contaminação do meio ambiente por chumbo, como os descritos em outros trabalhos.

De modo geral, os valores de prevalência de intoxicação por chumbo obtido pelo estudo na Vila Dique são maiores do que os observados na

população de crianças, sem fatores de risco importantes para o problema, como demonstraram as avaliações realizadas em países onde existe um controle mais rígido sobre a questão. Nos EUA, a prevalência na população geral foi de 1,6% em 2002, de acordo com o CDC (2007) e na Alemanha e República Tcheca de 0,1% (Valent et al, 2004).

A prevalência aferida no presente trabalho encontra-se num patamar comparável com a registrada entre a população geral de crianças de países como Rússia, Hungria e Índia, que recentemente iniciaram programas de avaliação e controle de intoxicação por chumbo (Valent et al, 2004, Kalra et al, 2003).

Além da prevalência de intoxicação por chumbo os resultados deste estudo demonstraram que em mais da metade das crianças (51,54%) os níveis de plumbemia no sangue estavam acima de 5 µg/dL. Este valor, apesar de não ser considerado o limiar para o diagnóstico de intoxicação por chumbo, pode estar relacionado a efeitos adversos à saúde (CDC, 2007).

O estudo na Vila Dique demonstrou, ainda, que os níveis de chumbo no sangue estavam relacionados com a idade das crianças, sendo que as crianças mais velhas apresentaram valores maiores de chumbo sanguíneo. Esta relação se deve, provavelmente, a alguns fatores, entre eles, o maior tempo de exposição das crianças ao chumbo. Além disso, crianças de maior faixa etária têm mais contato com o solo e com objetos contaminados, principalmente após começarem a andar.

Ainda pela presente pesquisa, foi possível observar que o menor tempo de escolaridade do pai mostrou-se associado com maiores níveis encontrado de chumbo no sangue, entre crianças. Apesar dos moradores da Vila Dique de modo geral apresentarem condições socioeconômicas desfavoráveis, esta não é uma população homogenia. Alguns moradores, e entre eles possivelmente os menos escolarizados, são os mais pobres, vivendo em moradias muito precárias e, portanto, mais expostos ao lixo.

Outro fator que se mostrou associado aos níveis mais elevados de chumbo no sangue foi à existência de reciclagem de lixo na própria moradia. Como descrito ao longo do trabalho, grande parte dos moradores da Vila Dique trabalha direta ou indiretamente com reciclagem de resíduos sólidos. Entretanto, apenas uma parte trabalha no Galpão Oficial de Reciclagem ou em galpões organizados, sendo que um número considerável de famílias realiza a separação do material coletado em suas próprias residências.

De acordo com dados do DMLU de Porto Alegre, o lixo gerado pelos moradores da cidade é composto por 4,4% de metais (Troleis, 2009). Por seu alto valor econômico, esses metais são coletados e separados pelos moradores da Vila Dique. Além disso, algumas atividades ilegais relacionadas com a reciclagem, como a queima de cabos telefônicos, que contém chumbo em sua composição, podem aumentar o risco de exposição das crianças a este metal.

Esta mesma relação entre níveis elevados de chumbo e o desenvolvimento de atividades de coleta e reciclagem de metais, também,

foi apontada em um estudo que avaliou crianças sem sintomas clínicos, na cidade de La Plata, Argentina. (Disalvoa et al, 2009).

As moradias nas quais se realiza reciclagem também possuem piores condições de conservação e limpeza, o que pode estar associado a um maior risco de contaminação das crianças por chumbo.

Com relação às análises ambientais preliminares efetuadas, existem poucas indicações de deposição de chumbo no ambiente por emissões atmosféricas. As folhas analisadas apresentaram concentrações baixas de chumbo se comparadas com as encontradas em Bradford, no Reino Unido. Segundo o estudo efetuado em Bradford, os níveis mais elevados de chumbo nas folhas se devem ao intenso tráfego veicular de uma rodovia na região (Aksoya et al, 1999).

Os resultados das concentrações de chumbo nas folhas do presente estudo assemelham-se aos encontrados na região central da cidade de Sevilha. Nesta cidade a origem da concentração deste metal foi atribuída ao tráfego veicular normal (Espinosa e Oliva, 2006).

Deve-se ressaltar que não foram observadas diferenças significativas nas concentrações de chumbo nas folhas coletadas na área estudada, o que reforça a hipótese de que não existe uma fonte específica de contaminação atmosférica por chumbo na região da Vila Dique.

A maior concentração de chumbo encontrada nas cascas coletadas na área de estudo (3,26µg/g) equipara-se com o valor apontado por um trabalho que analisou cascas de árvore em parques da cidade de São Paulo.

A concentração de chumbo nas cascas, neste estudo em São Paulo foi atribuída à poluição de origem veicular. É importante notar que o presente trabalho e o realizado por Martins utilizaram a mesma metodologia analítica (Martins, 2009).

A concentração de chumbo encontrada nas cascas de árvore na área do presente estudo apresentou valores expressivamente menores que a encontrada em regiões com alto índice de poluição atmosférica por chumbo, como demonstrado em estudo realizado na região do Reino Unido. (Suzuki, 2006).

As diferenças mensuradas entre os diversos pontos de coleta das amostras de cascas na Vila Dique podem estar relacionadas com a contaminação causada pela ressuspensão de poeira do solo.

No ponto área D foram encontradas as maiores concentrações de chumbo no solo. O ponto Indústrias 2 pode ter sido contaminado por material trazido pelo vento ou por algum tipo de emissão industrial existente na região. No local da coleta onde foram encontrados valores mais elevados funciona, atualmente, uma empresa de produtos de informática e outra de comércio de alimentos, que não representam fontes específicas de emissão atmosférica de chumbo.

Na região próxima ao Aeroporto Internacional Salgado Filho, não foi encontrada pela análise ambiental concentrações elevadas de chumbo. A direção do vento no aeroporto vai a sentido oposto ao da Vila Dique, sendo menos provável que exista deposição de chumbo decorrente de resíduos da

gasolina de aviação na área estudada. Para avaliar diferenças de deposição por esta fonte específica de contaminação seria necessário ampliar a área de estudo.

Nas análises do solo foram encontrados valores mais elevados nos pontos de coleta da Área C e D. Não foram localizados dados sobre os valores de chumbo no solo na cidade de Porto Alegre. Entretanto o valor encontrado na área D (601,66 µg/g) foi superior ao limite recomendado pela agência ambiental do Estado de São Paulo, para áreas residenciais (CETESB, 2005).

As comparações entre os dados do presente estudo e os valores orientadores para solo, preconizados pela CETESB devem ser feitas com cautela, uma vez que a concentração de chumbo no solo pode variar de acordo com o tipo de solo analisado e com a metodologia de coleta de amostras e análise laboratorial utilizada.

As possíveis causas de contaminação do solo na Vila Dique podem estar relacionadas com o processo de ocupação da área e com as atividades de reciclagem desenvolvidas pela população na região estudada. Na Vila Dique não existe relato de atividades industriais, nem mesmo nas áreas onde foram encontradas concentrações elevadas de chumbo no solo. De acordo com o depoimento de moradores, no local onde foram encontrados os maiores valores de concentração de chumbo no solo funcionou no passado um depósito de lixo. Ao longo do tempo parte do terreno desta área foi aterrado com os resíduos provenientes deste depósito.

Pela análise ambiental preliminar parece haver pouca indicação de emissão atual de chumbo significativa pelas indústrias localizadas na Avenida das Indústrias. Entretanto, não é possível descartar a possibilidade de contaminação do solo relacionada a algum tipo de passivo ambiental de origem industrial, depositado previamente na Vila Dique.

Outras possíveis fontes locais de contaminação das crianças por chumbo, como ingestão de fragmentos de tinta que pode conter o metal e a contaminação da água, não foi objeto dessa análise ambiental preliminar.

Na Vila Dique grande parte das habitações possui estado de conservação precário, o que pode facilitar a contaminação das crianças pela ingestão de resíduos de tinta com pigmento de chumbo. Deve-se lembrar que a regulamentação do uso desse metal na fabricação de tintas utilizadas para a pintura de residências foi estabelecida no Brasil, apenas em 2008 (Brasil, 2008).

Toda a água utilizada pelos moradores da Vila Dique é fornecida pelo DMAE, porém não foram localizados dados específicos em relação à concentração de metais na água. De acordo com relatório da FEPAM, em pelo menos um dos pontos de amostragem do Lago Guaíba, local de fornecimento de água para o abastecimento da população de Porto Alegre, havia indicação de níveis de chumbo acima do permitido para águas destinadas ao abastecimento humano após tratamento convencional (FEPAMc, 2010). Além disso, o contato da água com tubulações contendo chumbo pode levar a contaminação por este metal, possibilidade que não pode ser descartada na Vila Dique (Renner, 2010).

Conclusão

7 CONCLUSÃO

Este estudo identificou uma prevalência elevada de intoxicação por chumbo em crianças. Os resultados encontrados pela pesquisa tornam-se mais preocupantes pelo fato da população de crianças estudada já apresentar outros fatores de vulnerabilidade importantes.

Os fatores de risco encontrados neste estudo não são exclusivos da população infantil residente na Vila Dique, existindo outros grupos de crianças no Brasil expostos aos mesmos problemas.

A identificação dos grupos populacionais submetidos à fonte de contaminação ambiental, obtidas através de análises globais e locais, é uma tarefa imprescindível para a elaboração de programas preventivos eficazes.

A população da Vila Dique será removida para outra região, diminuindo a possibilidade de contaminação dos habitantes pelo contato com o solo. Entretanto, os fatores de risco analisados ao longo do trabalho apontam para uma relação entre o aumento do nível sanguíneo de chumbo das crianças e as atividades de reciclagem, particularmente, aquelas desenvolvidas sem nenhum tipo de regulamentação. Sendo assim, algumas medidas, como o controle da origem dos resíduos coletados e dos locais onde este material é separado e armazenado, podem auxiliar na redução dos riscos de exposição de outras crianças a este problema.

Apesar de não haver recomendação internacional para o rastreamento da intoxicação por chumbo em crianças, outros estudos que

avaliem diferentes fatores de risco, precisam ser realizados, principalmente com a população infantil, mais vulnerável aos efeitos adversos do chumbo.

Anexos

ANEXO I

CONSENTIMENTO PARA PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA
PREVALÊNCIA DE INTOXICAÇÃO POR CHUMBO EM CRIANÇAS DA VILA DIQUE

Investigadora: Mariana Maleronka Ferron (Residente do segundo ano de Medicina de Família e Comunidade, Grupo Hospitalar Conceição, Unidade Santíssima Trindade)

A intoxicação por chumbo é um problema comum em diversos lugares e pode causar problemas, principalmente de aprendizado, em crianças. Ainda não se sabe se este problema está presente nas crianças da Vila Dique e esperamos que com este estudo seja possível, conhecendo melhor a realidade, propor medidas de controle tanto para as crianças que apresentem o problema e suas famílias como para a Vila toda.

O presente estudo visa coletar amostras de sangue de crianças de 0 a 5 anos para saber se estão contaminadas com chumbo. Para isso, serão coletadas, além das amostras de sangue, alguns dados que podem causar um maior contato com o chumbo, como sexo, idade, local onde a criança dorme, local de nascimento e se existe reciclagem de lixo dentro da casa.

Será oferecido o tratamento específico caso seu filho apresente valores altos de chumbo no sangue.

Os riscos da participação de seu filho neste trabalho estão relacionados a coleta de sangue e são dor no local, infecção da pele e das veias e hematoma. Serão tomados todos os cuidados necessários para se evitar estes riscos e caso haja necessidade, seu filho receberá atendimento na Unidade de Saúde.

As informações coletadas ficarão em meu poder e da USST. Não serão divulgados dados vinculados a identificação de seu filho.

“A participação de meu filho é totalmente voluntária, podendo eu recusar ou abandonar a pesquisa a qualquer momento, sem que isso afete nosso acesso a Unidade de Saúde.

Concordo que meu filho participe do estudo. Recebi uma cópia do presente termo de consentimento, tendo-me sido dada a oportunidade de ler e esclarecer minha dúvidas.”

Data:

Assinatura do responsável	Assinatura da investigadora

ANEXO II

Questionário Aplicado aos responsáveis

Nome da criança:

Prontuário:

1- DN

2- Sexo: M ( ) F( )

3- Microárea de residência:

4- Material do domicílio: madeira ( ) alvenaria ( )

5- Local onde a criança dorme: cama elevada ( ) chão ( )

6- Anos de estudo dos pais: Pai ___ Mãe ___

7- A família trabalha com reciclagem de lixo na própria casa: Sim ( ) Não ( )

8- Há quanto tempo a criança mora na Vila:
Desde que nasceu ( ) ( ) __ anos __ e meses

ANEXO III

GHC

GRUPO HOSPITALAR CONCEIÇÃO

HOSPITAL N. S. DA CONCEIÇÃO S.A. - C.N.P. 92.787.184/0001-20 - Av. Francisco Ivan 566 - 34º-1500 - Porto Alegre - RS - CEP: 91.350-200
HOSPITAL DA CRIANÇA CONCEIÇÃO - Unidade Pediátrica do Hospital Nossa Senhora da Conceição S.A.)
HOSPITAL CRISTO REDENTOR S.A. - C.N.P. 92.787.126/0001-78 - Rua Domingos Rubbo, 23 - 1º 3813.3355 - Porto Alegre - RS - CEP: 91010-000
HOSPITAL FEMINA S.A. - C.N.P. 92.653.340/0001-53 - Rua Mostardeiros, 17 - F 3311.5898 - Porto Alegre - RS - CEP: 91430-001
Vinculados ao Ministério da Saúde - Decreto nº 99.244/90

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DO GRUPO HOSPITALAR CONCEIÇÃO
CEP - GHC
R E S O L U Ç Ã O
Porto Alegre, 14 de julho de 2005.

O Comitê de Ética em Pesquisa-CEP-GHC, em reunião ordinária em 13/07/2005 analisou o projeto de pesquisa:

Nº 034/05

CAAE: **0032.0.164.000-05**
FR: 060871

Título Projeto: Prevalencia de intoxicação por chumbo em crianças da Vila Dique.

Pesquisador(es): Mariana Maleronka Ferron

P A R E C E R:

Documentação: Aprovados
Aspectos Metodológicos: Aprovados
Aspectos Éticos: Aprovados

Parecer final: Este projeto, bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de acordo com as Diretrizes e Normas Internacionais e Nacionais especialmente as Resoluções 196/96 e complementares do Conselho Nacional de Saúde, obteve o parecer de **APROVADO**, neste CEP.

Grupo e área temática: Projeto pertencente ao Grupo III – Área Temática: Ciências da Saúde (Medicina – 4.01).

Considerações finais: Toda e qualquer alteração do projeto, assim como os eventos adversos graves, deverão ser comunicados imediatamente ao CEP/GHC. Somente poderão ser utilizados os Termos de Consentimento onde conste a aprovação do CEP/GHC.O autor deverá encaminhar relatórios semestrais sobre o andamento do projeto. Após conclusão do trabalho, o pesquisador deverá encaminhar relatório final ao Centro de Resultados onde foi desenvolvida a pesquisa e ao Comitê de Ética em Pesquisa.

Dr. Alexandre Moretto
Comitê de Ética em Pesquisa
Gerência de Ensino e Pesquisa
GEP/GHC

Dr. Julio Baldisserotto
Coordenador
Comitê de Ética do GHC

Comitê de Ética em Pesquisa – CEP / GHC fone/fax: (51) 3361 1739 ramal 2407 – e-mail: capcientifico@ghc.com.br
Reconhecido: Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP (31/out/1997) – Ministério da Saúde
IRB – Institutional Review Board pelo U.S. Departament of health and Human Services (DHHS)
Office for Human Research Protections (ORPH) sob número – IRB 00001105
FWA Federalwide Assurance sob número FWA 00000378

ANEXO IV

HC HOSPITAL DAS CLÍNICAS
DA FACULDADE DE MEDICINA
DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Ao
Departamento de Medicina Preventiva

O Presidente da Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo em 17/12/2008, tomou ciência da execução do Protocolo de Pesquisa nº **1031/08**, intitulado: **"Intoxicação por chumbo em crianças de uma comunidade de Porto Alegre e possíveis fontes de contaminação".**

No que tange sua parte empírica será desenvolvido **GRUPO HOSPITALAR CONCEIÇÃO,** tendo seu Comitê de Ética aprovado o estudo em 13/07/2008.

Pesquisador (a) Responsável: **DR. NELSON DA CRUZ GOUVEIA**
Pesquisador (a) Executante: **MARIANA MALERONKA FERRON**

CAPPesq, 17 de dezembro de 2008.

Hildegonda Maria Dutilh Novaes
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação
do Depto. de Medicina Preventiva

PROF. DR. EDUARDO MASSAD
Presidente
Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa

Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa do HCFMUSP e da FMUSP
Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
Rua Ovídio Pires de Campos, 225, 5º andar - CEP 05403 010 – São Paulo – SP
Fone: 011 - 30696442 fax : 011 - 3069 6492 – e-mail : cappesq@hcnet.usp.br / secretariacappesq2@hcnet.usp.br
hf

Referências

REFERÊNCIAS

Aksoya A, Haleb WHG, Dixonb JM. Capsella bursa-pastoris L. Medic. as a biomonitor of heavy metals. Sci Total Environ. 1999;226:177-86.

Azevedo FA, Queiroz, IR, Kuno R, Bastian EYO, Maluf CB, Campos AEM, Diniz AC. Relatório Técnico de avaliação toxi-epidemiológica da exposição ambiental da população infantil do município de Cubatão (SP – Brasil) a metais pesados: chumbo e mercúrio. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. São Paulo:1994.

Bariova A, Spevackiva V, Benes B, Cejchanova M, Smid J, Cerna M. Blood and urine levels of Pb, Cd and Hg in the general population of the Czech Republic and proposed reference values. Int J Hyg Environ Health. 2006;20,4:359-66.

Bernard SM. Should the Centers for Disease Control and Prevention's Childhood lead poisoning intervention level be lowered? Am J Public Health. 2003; 93,8: 1253-60.

Brasil. Leis etc.11.762, de 1º de Agosto de 2008. Dispõe sobre o Limite Maximo de Chumbo Permitido Na Fabricação de Tintas Imobiliárias e de Uso Infantil e Escolar, Vernizes e Materiais Similares e da Outras Providências. Diário Oficial da União, Brasília (DF). 2008 04 de ago.; Seção 1:1.

Brasil. Leis, etc. Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos - DINAL - Portaria no 685 de 27 de agosto de 1998 fixa limites máximos de tolerância de contaminantes químicos em alimentos. Diário Oficial da União (DF) 1988 24 de set; Seção 1:1.

Brasil. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução n.5 de 04 de fevereiro de 2009. Dispões sobre estabelecimento das especificações e a garantia do suprimento de derivados de petróleo, gás natural e biocombustíveis em todo território nacional. Diário Oficial da União, Brasília (DF). 2009 04 de fev.; Seção 1:1.

Brasil. Leis etc. Lei no 9.832, de 14 de setembro de 1999. Proíbe o uso industrial de embalagens metálicas soldadas com liga de chumbo e estanho para acondicionamento de gêneros alimentícios, exceto para produtos secos ou desidratados.Diário Oficial da União, Brasília (DF).1999 14 de set.; Seção 1:79.

Brasil. Leis etc. Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília (DF). 1981 31 de ago.; Seção 1:16506.

Brasil. Decreto. Decreto no 99.274, de 6 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília (DF). 1990 06 de jul.; Seção 2:21. Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.420 de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial da União, Brasília (DF). 2009 28 de dez.; Seção 1:76.

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 3 de 28 de junho de 1990. Dispões sobre os padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Diário Oficial da União, Brasília (DF).1990 22 ago; Secção 1: 15937-9.

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. Nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília (DF). 2005 17 mar. Seção 01h58min.

Carlon C, D'Alessandro M. Derivation Methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonization. Institute for Environment and Sustainability Technical Report.Luxemburgo, 2007.

Carneiro Regina Maria Alves. *Bimoindicadores ambientais de poluição atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade* [dissertação]. Ribeirão Preto: Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo; 2004.

Carvalho FM, Aguiar AS, Vieira LA, Gonçalves HR, Costa ACA, Tavares TM. Anemia, deficiência de ferro e intoxicação pelo chumbo em crianças de uma creche de Salvador, Bahia. Revista Baiana Saúde Pública. 2000; 24,1: 32–41.

Carvalho FM, Silvany Neto AM, Tavares TM, Costa AC, Chaves CR, Nascimento LD, et al. Blood lead levels in children and environmental legacy of a lead foundry in Brazil. Rev Panam Salud Publica. 2003;13,1:19-23.

Carvalho FM, Tavares TM, Silvany-Neto AM,Lima MEC, Alt F. Cadmium concentration in blood of children living near a lead smelter in Bahia, Brazil.Environ Res. 1986;40,2:437–49.

Centers for Disease Control and Prevention – United States. Blood lead levels-United States, 1999-2002.MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 2005:54,20:513-6.

Centers for Disease Control and Prevention – United States. Interpreting and Managing Blood Lead Levels <10 µg/dL in Children and Reducing Childhood Exposures to Lead. MMWR Morb Mortal Wkly Rep.2007:56,8:1-20.

Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005 [on line]. São Paulo: CETESB [citado em 20 de novembro de 2009].Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf

Departamento Municipal de Águas e Esgotos de Porto Alegre. Abastecimento da cidade de Porto Alegre [on line].Porto Alegre: DEMAE 2010 [citado em 15 de janeiro de 2010].Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php

Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral Brasileiro 2008m [on line]. Brasília: DNPM [citado em 01 de novembro de 2009]. Disponível em: http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2008/chumbo.pdf

Dietrich KN, Ware J H, Salganik M, Radcliffe J. Effect of Chelation Therapy on the Neuropsychological and Behavioral Development of Lead-Exposed Children After School Entry. Pediatrics. 2004;114,1:19 .

Disalvoa L, Aaba C, Pattína J, Apezteguíaa M, Iannicelli JC, Girardelli A. Blood lead levels in children from the city of La Plata, Argentina. Relationship with iron deficiency and lead exposure risk factors. Arch Argent Pediatr. 2009;107,4:300-6 22- 24

Espinosa A J F, Oliva R S. The composition and relationships between trace element levels in inhalable atmospheric particles (PM10) and in leaves of Nerium oleander L. and Lantana camara L. Chemosphere.2006;6:21665–72.

Fassin D, Naudé AJ. Plumbism Reinvented: Childhood Lead Poisoning in France, 1985–1990. Am J Public Health. 2004;94,11:1855-63.

Freitas Clarice Umbelino. *Vigilância de população exposta a chumbo no município de Bauru – São Paulo: Investigação de fatores de risco de exposição e avaliação da dinâmica institucional frente ao problema* [tese].São Paulo:Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo; 2005

Freitas, CU. Estratégias para a abordagem de exposição ambiental ao chumbo no Estado de São Paulo[on line].São Paulo: CVE;2010 [citado em 08 de janeiro de 2010] Disponível em: http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/doma/chumbo

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Qualidade do ar [on line]. Porto Alegre: FEPAM; 2010. [citado em 02 de janeiro de 2010]. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqar.asp

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Qualidade do ar: rede de monitoramento automática [on line]. Porto Alegre: FEPAM; 2010b [citado em 02 de janeiro de 2010]. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/rede_manual.asp

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Qualidade ambiental: Região Hidrográfica do Gauíba [on line]. Porto Alegre: FEPAM; 2010c[citado em 02 de janeiro de 2010].Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/guaiba.asp

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico de 2000 [on line]. Brasília: IBGE 2000 [citado em 08 de novembro de 2009].Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2000.html

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Vento em aeroportos - Porto Alegre[on line]. São José dos Campos: INPE 2002 [citado em 10 de outubro de 2009]. Disponível em: http://sonda.cptec.inpe.br/basedados/html_vento_aeroportos/vto_83971_2002_msz.html

Kaiser R,Henderson AK, Daley WR, Naughton M, Khan M H, Rahman M, et al. Blood Lead Levels of Primary School Children in Dhaka, Bangladesh. Environ Health Perspect. 2001;109:563-6.

Kalra V., Chitralekha K.T., Dua T., Pandey R. M. and Guptac Y. J. Blood Lead Levels and Risk Factors for Lead Toxicity in Children from Schools and an Urban Slum in Delhi. J Trop Pediatr. 2003;49:121-3.

Klaassen CD.Metais Pesados e antagonistas dos metais pesados. In: Gilman, A G. As bases farmacológicas da Terapêutica. 10a ed. (Rio de Janeiro): McGraw-Hill Interamericana do Brasil; 2004, p1389-408.

Kuno Rúbia. *Valores de referência para chumbo, cádmio e mercúrio em população adulta da Região Metropolitana de São Paulo* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2009.

Lanphear BP, Hornung R, Khoury J, Yolton K, Baghurst P, Bellinger DC, et al.. Low-Level Environmental Lead Exposure and Children's Intellectual Function: An International Pooled Analysis. Environ Health Perspect. 2005;113,7:894-9.

Lidsky TI, Schneider JS. Lead neurotoxicity in children: basic mechanisms and clinical correlates. Brain. 2003;126,1:5-19.

Markus J, McBratney AB. A review of the contamination of soil with lead II. Spatial distribution and risk assessment of soil lead. Environ Int. 2001;27:399– 411

Martins Ana Paula Garcia. *Cascas de árvores como biomonitores da poluição atmosférica de origem veicular em parques urbanos da cidade de São Paulo* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo;2009.

Mathee A, Schirnding YER, Levin J, Ismail A, Ismail A, Cantrell A.A survey of blood lead levels among young Johannesburg school children. Environ Res. 2002;90:181–4.

Mattos RC, Carvalho MA, Mainenti HR, Junior EC, Sarcinelli PN, Carvalho LB, et al. Avaliação dos fatores de risco relacionados à exposição ao chumbo em crianças e adolescentes do Rio de Janeiro. Cienc Saude Colet. 2009;14,6:2039-48.

Meneses-González F, Richardson V, Lino-González M, Vidal MT. Blood lead levels and exposure factors in children of Morelos State, Mexico. Salud Publica Mex. 2003;45,2:203-8.

Needleman HL, Gunnoes C, Leviton A, Reed R, Peresie H, Maher C, et al. Deficits in psychological and classroom performance in children with elevated dentine lead levels. N Engl J Med. 1979;13,300:689-95.

Neter J, Kutner MH, Nachtshein CJ, Wasserman W. Applied Linear Statistical Models. 4. ed. Ilinois: Richard D. Irwing.(1996) 1408p.

Pacheco AMG, Freitas MC, Barros LIC, Figueira R. Investigating tree bark as an air-pollution biomonitor by means of neutron activation analysis. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2001;249,2:327–31

Padula NA, Abreu MH, Miyazaki LCY, Tomita, NE. Intoxicação por chumbo e saúde infantil: ações intersetoriais para o enfrentamento da questão/ Lead poisoning and child health: integrated efforts to combat this problem. Cad Saude Publica. 2006;22,1:163-71.

Pantaroto HL, Figueiredo PJM. Chumbo: Exploração, Uso e Influências na Saúde Pública (Apresentado 4o Congresso de Pós-Graduação Unimep, 24 de outubro de 2006. Anais)

Paoliello MMB, De Capitani EM, da Cunha FG, Matsuo T, Carvalho MF, Sakuma A, et al. Exposure of children to lead and cadmium from a mining area of Brazil. Environ Res. 2002;88,2:120-8.

Paoliello MMB, De Capitani EM. Occupational and environmental human lead exposure in Brazil. Environ Res. 2007;103:288–97 .

Renner R. Exposure on tap drinking water as an overlooked source of lead. Environ Health Perspect.2010;118,2:68-74

Rischitelli G, Nygren P, Bougatsos C, Freeman M, Helfand M. Screening for elevated lead levels in childhood and pregnancy: an updated summary of evidence for the US Preventive Services Task Force. Pediatrics. 2006;118,6:1867-95

Ronir RL, Magnanini MF. O Tamanho da Amostra em Investigações Epidemiológicas. In: Medronho, RA. *Epidemiologia.* (São Paulo): Editora Atheneu, 2004, p. 295-307.

Santos Filho E, Silva RS, Barretto HCB, Inomata ONK, Lemes VRR, Sakuma AM, et al.Concentrações sangüíneas de metais pesados e praguicidas organoclorados em crianças de 1 a 10 anos. Rev Saúde Pública. 1993;27,1:59-67.

Schauer JJ, Lough GC, Shafer MM, Christensen WF, Arndt MF, DeMinter, JT, et al. Characterization of Metals Emitted from Motor Vehicles. Health Efects Institute Research Report. 2006;133

Schulz C, Angerer J, Ewers U, Heudorf U, Wilhelme M. Revised and new reference values for environmental pollutants in urine or blood of children in Germany derived from the German Environmental Survey on Children 2003-2006 (GerES IV). Int J Hyg Environ Health. 2009;212,6:637-47.

Shunqin W, Jinliang Z. Blood lead levels in children, China. Environ Res. 2006;101,3:412-8.

Silvany-Neto AM, Carvalho FM, Brandao AM, Tavares TM. Repeated surveillance of lead poisoning among children. Sci Total Environ.1989;78:179-85.

Silvany-Neto AM, Carvalho FM, Tavares TM, Guimarães GC, Amorim CJB, Peres MFT, et al. Evolução da intoxicação por chumbo em crianças de Santo Amaro, Bahia- 1980,1985 e 1992.Boletim Oficial Panamericano. 1996;120,1:11-22.Stokes L, Letz R, Gerr F, Kolczak M, McNeill FE, Chettle DR, et al. Neurotoxicity in young adults 20 years after childhood exposure to lead: the Bunker Hill experience. Occup Environ Med. 1998;55:507-16

Suzuki K. Characterization of airborne particulates and associated trace metals deposited on tree bark by ICP-OES, ICP-MS, SEM-EDX and laser ablation ICP-MS. Atmospheric Environment. 2006;40:2626–34.

Szczepania K, Biziuk M. Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution. Environ Res.2003;93:221–30.

Tong S, von Schirnding YE, Prapamontol T.Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. Bull World Health Organ.2000;78,9:1068-77.

Troleis Adriano de Lima. *Metrópole de risco: o caso da Vila Dique e do Aterro Sanitário da Zona Norte na poluição das águas superficiais e subterrâneas das bacias hidrográficas do arroio da areia e passo das pedras/Porto Alegre-RS* [tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2009

United Nations Enviroment Programme. Partnership for clean fuels and vehicles [on line].Geneva: UNEP 2009[citado em 15 de outubro de 2009]. Disponível em: http://www.unep.org/pcfv/resources/leaded.asp

United Nations Enviroment Programme. Interim review of scientific information on lead [on line].Geneva: UNEP 2008 [citado em 15 de outubro de 2009]. Disponível em: http://www.chem.unep.ch/Pb_and_CD/SR/Files/2008/UNEP-Lead-review-Interim-APPENDIX-mar102008.pdf

United States Preventive Services Task Force.Screening for Elevated Blood Lead Levels in Children and Pregnant Women[on line].United States: 2006 [citado em 10 de novembro de 2009].Disponível em: http://www.ahrq.gov/clinic/uspstf/uspslead.html

Valent F, Little D, Bertollini R, Nemer LE, Barbone F, Tamburlini G. Burden of disease attributable to selected environmental factors and injury among children and adolescents in Europe. Lancet. 2004; 363,9426:2032-9.