

X – 021 – ESTUDO DA INFLUÊNCIA NA CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR METAIS PESADOS DERIVADA DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE UMA METALÚRGICA DESATIVADA NO MUNICÍPIO DE SANTO AMARO – BA

Sandro Lemos Machado ⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestre em Geotecnia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Geotecnia pela EESC/USP. Pós Doutorado pela Université Joseph Fourier – LITIGM. Atualmente é professor Associado I da Universidade Federal da Bahia e coordenador do Laboratório de Geotecnia Ambiental (GEOAMB).

Roberto Bagattini Portella

Engenheiro Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidad Politécnica da Cataluña. Atualmente é Professor Adjunto I da Universidade Federal da Bahia.

Eduardo Cesana

Engenheiro Químico pela Universidade São Paulo (USP). Especialista em Engenharia Ambiental pela USP. Especialista em Environmental Resources Management Airphotography pela McGill University. Especialista em Produção mais Limpa pelo Centro Nacional de Tecnologias Limpas. Atualmente é diretor da Ecológica Tecnologia e Controle Ambiental Ltda End.

Thaynara Santana Rabelo

Engenheira Ambiental pela Universidade Tiradentes (UNIT). Atualmente é Mestranda em Engenharia Ambiental Urbana pela (UFBA)

Daniela Oliveira Moura Lopes

Atualmente é Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental (UFBA).

Endereço ⁽¹⁾: End Rua Aristides Novis, s/n – Federação – Salvador – Bahia – CEP: 40210-630 - Brasil - Tel: +55 (71) 3283-9845. Fax: +55 (71)3283-9461. E-mail: smachado@ufba.br

RESUMO

O município de Santo Amaro da Purificação – Bahia, Brasil, foi palco de intensa atividade de extração metalúrgica de chumbo entre os anos de 1956 e 1993, quando a Plumbum – Mineração e Metalurgia Ltda produziu entre 11.000 e 32.000 toneladas de chumbo por ano e gerou um passivo ambiental que vem sendo estudado desde a década de 70. Resíduos típicos desta atividade constituindo-se principalmente de óxidos de Si, Ca, Fe, Zn, Pb e S, contendo traços de Cd, As, Sb, Co e Cr, foram disperso sem controle na atmosfera e depositados numa extensa área no entorno da chaminé da fábrica, contaminando os solos da região. Neste trabalho, busca-se avaliar os níveis de contaminação residual por Pb e Cd nos solos superficiais, no entorno da cidade, derivadas das antigas emissões atmosféricas. Foi realizada uma simulação da dispersão dos particulados considerando-se os processos metalúrgicos utilizados e parâmetros locais, que possibilitou a obtenção de isolinhas de concentração num raio de até 4,5 km do entorno da chaminé da antiga fábrica, com a demarcação de 48 pontos de amostragem georeferenciados na intersecção de 8 linhas radiais com as 6 isolinhas escolhidas, onde se realizaram a coleta e análise das amostras de solo superficial. Os resultados obtidos permitem afirmar que as antigas emissões atmosféricas ainda desempenham um papel importante na contaminação da área estudada, já que existe uma clara correlação entre os valores de concentração no solo e os valores obtidos na simulação da concentração atmosférica. Os valores médios de concentração de chumbo nas isolinhas no solo variaram de 901 a 68 ppm, decrescendo à medida em que se afasta do centro da chaminé. Decorridos mais de 16 anos do fechamento da metalúrgica, os resultados apontam para uma persistência nos níveis de contaminação por chumbo e um pequeno decréscimo para o cádmio, quando comparados com estudos realizados anteriormente. Os níveis de concentração de cádmio e principalmente de chumbo, nas áreas próximas da fábrica, estão muito acima dos índices de referência recomendados pelas legislações pertinentes, considerando uso residencial e agrícola. Como resultado do trabalho foi realizado um mapeamento das concentrações de metais no solo da área estudada em função dos limites estabelecido pela literatura

PALAVRAS-CHAVE: Dispersão atmosférica, contaminação por metais pesados, contaminação do solo.

INTRODUÇÃO

O município de Santo Amaro da Purificação – Bahia, Brasil, localizado a 72 km de Salvador, foi palco de intensa atividade de extração metalúrgica de chumbo entre os anos de 1956 e 1993, quando a Plumbum-Mineração e Metalurgia Ltda produziu entre 11.000 e 32.000 toneladas de chumbo por ano e gerou um passivo ambiental que vem sendo estudado desde a década de 70 (MACHADO, et al., 2003). Resíduos típicos desta atividade, constituem-se principalmente de óxidos de Si, Ca, Fe, Zn, Pb e S, contendo traços de Cd, As, Sb, Co e Cr.

Vários estudos para avaliação dos efeitos da contaminação em nível ambiental e de saúde humana já foram conduzidos em Santo Amaro (ANJOS, 1997, 1998, 2001, 2003; BRASIL, 2003; CARVALHO *et al.*, 1984, 1985, 1986, 1989, 1996, 2001 MACHADO *et al.*, 2003, 2004; SILVANY-NETO *et al.*, 1985; TAVARES, 1978, 1990; e TAVARES *et al.*, 1989;). Estes estudos têm demonstrado que o passivo ambiental em Santo Amaro da Purificação pode ser considerado um dos casos de maior relevância de contaminação por metais pesados do mundo.

Durante os 34 anos de operação da fábrica, várias foram as rotas de contaminação derivadas do processo metalúrgico, das operações de transformação, de transporte dos minérios, da disposição da escória de chumbo no solo e, entre outras, das práticas laborais. As emissões diretas de metais pela indústria ocorreram através de material particulado expelido através das chaminés; efluentes líquidos despejados diretamente no rio Subaé e/ou por transbordamento da bacia de rejeito da unidade, além das águas de drenagem da área de estocagem de escória, que também eram direcionadas para o rio. A própria escória, considerada não perigosa pelo empreendedor, foi utilizada pela população e pela Prefeitura de Santo Amaro da Purificação para os mais diversos fins, como na pavimentação de vias urbanas e aterro de quintais (MACHADO *et al.*, 2003).

Decorridos cerca de 16 anos do fechamento da fábrica e da enorme gama de trabalhos publicados sobre o assunto, persistem dúvidas sobre a contaminação residual ainda ativa na região, bem como acerca de suas principais causas e conseqüências. Apesar de ser de conhecimento público pelos meios científico/acadêmicos o fato de que os metais pesados como o chumbo e cádmio são elementos desprovidos de funções biológicas e não participam das reações responsáveis pela vida (SILVA & REGONEZE, 2002; TAVARES & CARVALHO, 1992; MOREIRA & MOREIRA, 2003).

Em seres humanos, a exposição ao chumbo pode ocorrer através da inalação, ingestão e contato dérmico. O consumo de alimentos contaminados, ingestão de água contaminada e a geofagia, comum em crianças, são formas tradicionais de contaminação. Neste caso, contudo, acredita-se que atualmente a aspiração de poeira proveniente de solos com altas concentrações de chumbo e a geofagia sejam umas das principais causas de contaminação da população local.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para que o trabalho proposto pudesse se concretizar, realizou-se inicialmente uma simulação numérica da dispersão das emissões atmosféricas da época de funcionamento da Plumbum, considerando-se os processos metalúrgicos utilizados na época de funcionamento da antiga fábrica, os parâmetros topográficas da região e as condições climáticas médias do local (os dados meteorológicos foram obtidos na estação localizada no Aeroporto de Salvador). Foram utilizados dados horários de direção, velocidade, temperatura, estabilidade e altura de mistura para a zona rural e para a zona urbana.

A topografia foi baseada nos dados do SRTM Shuttle Radar Topography Mission realizado pela NASA. Já os dados de funcionamento da fábrica, foram levantados com base nos trabalhos feitos pelo CRA (BAHIA, 1992), Anjos (1998) e Tavares (1990). Assim, a modelagem determinou as concentrações de material particulado e óxidos de enxofre no entorno da fábrica, identificando as regiões onde ocorrem as máximas concentrações. Para o cálculo, assumiu-se que as emissões de SO₂ foram lançadas pela chaminé de 80 m e as emissões de material particulado pelas 7 chaminés menores distribuídas em cada uma das etapas do processamento do minério, sendo estas calculadas como emissões brutas e sem controle (características condizentes com o maior período de operação da fábrica).

Os resultados obtidos das simulações numéricas realizadas foram interpolados e apresentados na forma de isolinhas de concentração no ar, conforme mostrado na Figura 1. Foram determinadas um total de 5 isolinhas de concentração de material particulado (100, 80, 60, 40, e 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente) com raio de até 4,5 km da chaminé. Uma sexta isolinha foi desenhada distando 1 km da isolinha 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da simulação realizada e adotada como valor limite, a partir do qual a influência das emissões pretéritas seria negligenciável. Totalizou-se assim uma área de estudo em torno de 7500 hectares, que corresponde a cerca de 16% da área do município de Santo Amaro.

De posse dos dados das emissões atmosféricas em planta, foram desenhados oito eixos imaginários a cada 45°, tendo como centro a chaminé da fábrica, sendo que o primeiro eixo foi propositadamente posicionado sobre o eixo da zona urbana de Santo Amaro. As interseções de cada eixo com as isolinhas de concentração definiram a localização de seis pontos de amostragem, totalizando 48 pontos de amostragem, os quais foram devidamente georreferenciados para possibilitar a execução dos trabalhos de campo, com o uso do GPS (GPSMAP 76CS, marca GARMIN). A campanha de coleta de amostras de solo superficial (até de 20 cm) foi então realizada nestes 48 pontos para determinação dos valores de concentração de metais (Cd e Pb).

Foram adotadas 48 amostras individuais de solo sendo uma para cada ponto de dispersão atmosférica (DA) e 3 amostras compostas (isolinhas 100-80, 60-40 e 20-0). Este material foi encaminhado ao laboratório do CEPED - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento do Estado da Bahia, para realização de ensaios AAS - Espectrometria de Absorção Atômica, DRX - Difração de Raios X e MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura.

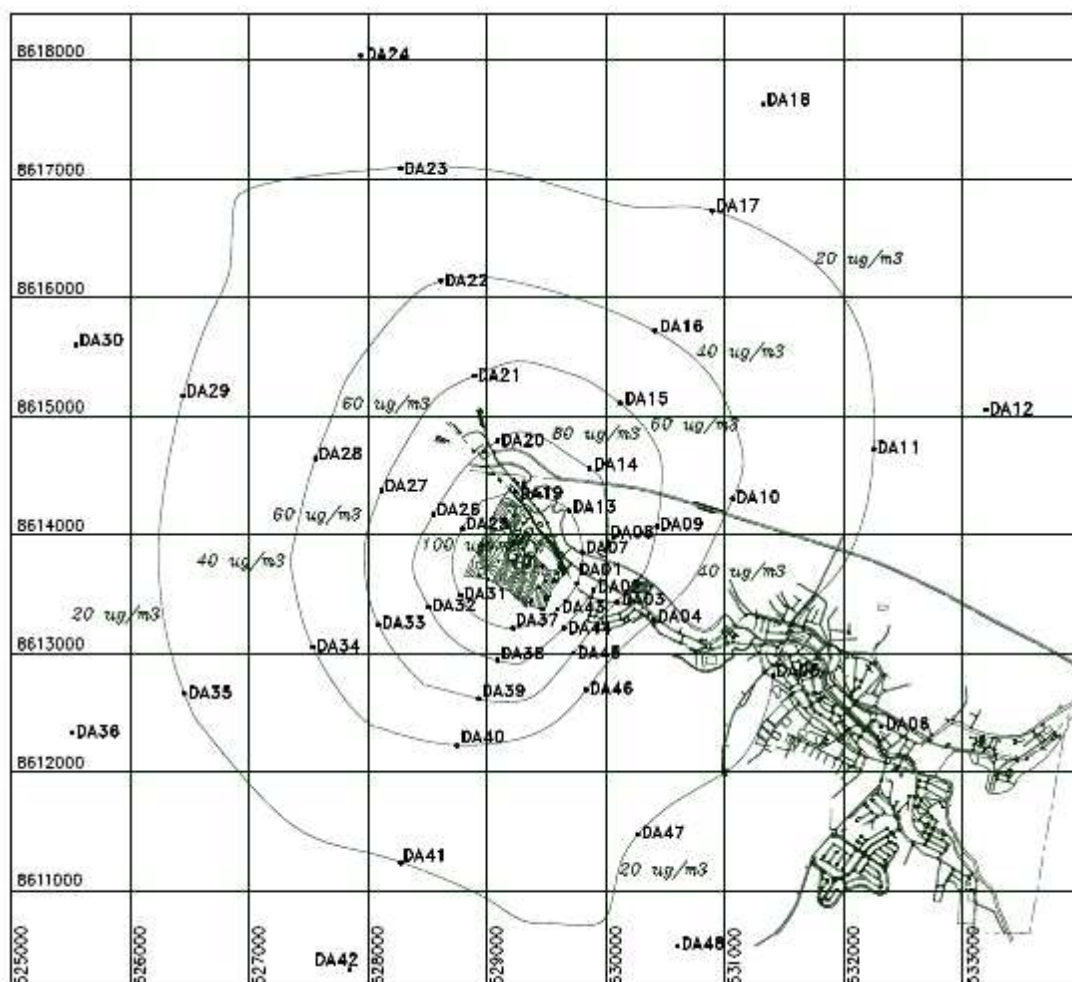


Figura 1 - Planta da Cidade de Santo Amaro com especificações dos pontos de amostragem no solo devido aos estudos das emissões atmosféricas (Fonte: GEOAMB - UFBA)

De posse dos dados de concentração de chumbo e cádmio no solo, das coordenadas dos pontos de coleta, do mapa da cidade e dos resultados da simulação atmosférica foram construídos mapas de concentração com o uso de um aplicativo de visualização (data Explorer, método de interpolação 2D) para os metais chumbo e cádmio na área denominada de influência da DA. Optou-se diferenciar os valores de concentração com diferentes tonalidades em planta para cada limite de Valor de Referência estabelecido pela CETESB – SP.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 mostra a média das concentrações de chumbo encontradas no solo, para cada isolinha em função da concentração estabelecida na simulação atmosférica. São apresentados resultados englobando-se, por um lado, todos os eixos analisados (linha tracejada) e, por outro, excluindo-se o eixo DA01–DA06, que passa pela zona urbana do município de Santo Amaro (linha cheia).

Conforme se pode observar, os valores de concentrações de Pb e Cd encontrados no solo superficial permitem afirmar que as antigas emissões atmosféricas ainda desempenham um papel importante na contaminação da área estudada, já que existe uma clara correlação entre os valores de concentração no solo e os valores obtidos na simulação da dispersão atmosférica: observa-se um decréscimo da concentração de Pb e Cd no solo à medida que se aumenta a distância da chaminé da fábrica ou que se passa para as isolinhas de menor concentração.

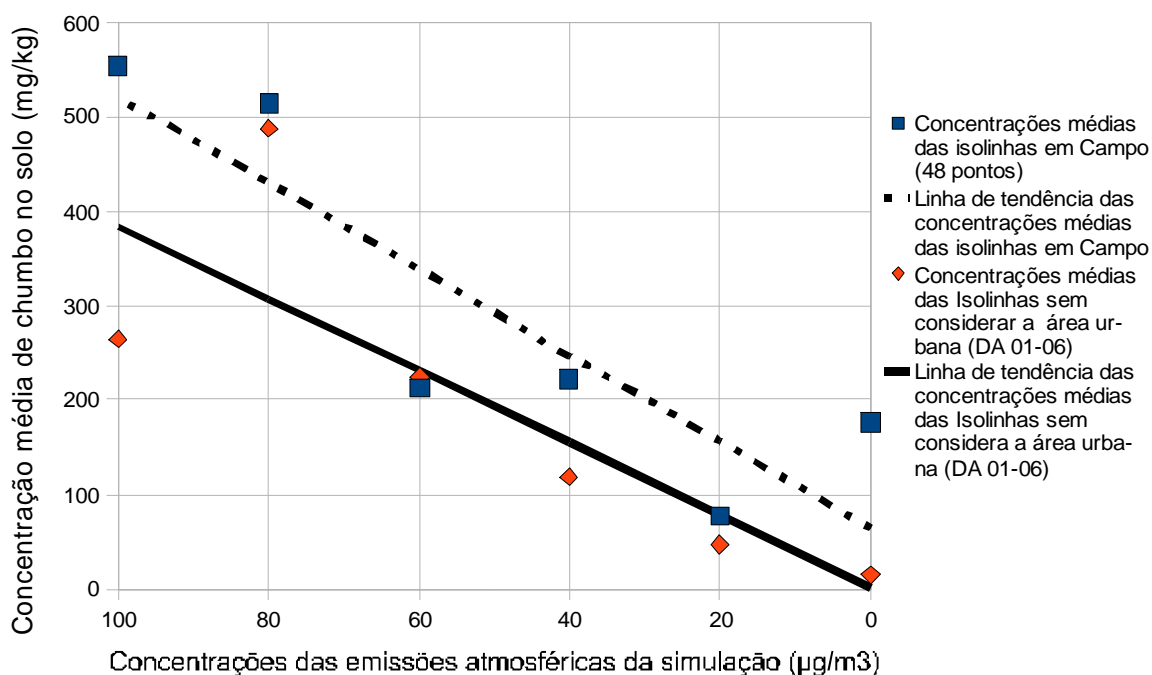


Figura 2: Média das concentrações de chumbo no solo em função das concentrações simuladas das emissões atmosféricas da fábrica.

Pode-se notar claramente que a inclusão do eixo que passa pela zona urbana provoca um acréscimo considerável nos valores de concentração médios obtidos em campo. Este fato está, provavelmente, relacionado à presença da escória na zona urbana, utilizada para a pavimentação de ruas e aterros de quintais. Acredita-se que, devido a circulação de veículos e pessoas nesses locais, se incrementa significativamente a quantidade de poeira com altos teores de chumbo e cádmio, que acaba depositando-se no solo superficial, plantas, residências, entre outros locais, da área urbana. Outro aspecto considerado é que a escória de chumbo é classificada como resíduo classe I (NBR 10005 e NBR 10006), onde nas quais, para ensaios de lixiviação e solubilização, respectivamente, este material libera uma quantidade significativa de chumbo para o ambiente (ANJOS, 2001; MACHADO *et al.*, 2003).

Dos resultados encontrados, observou-se que 43 pontos de amostragem apresentaram valores de concentrações de chumbo acima do limite de qualidade estabelecido pela CETESB (2005) sendo que destes, 16 estavam acima dos limites para intervenção em uso agrícola, e 11 acima dos limites para uso residencial e, ainda, 4 acima dos limites para uso industrial. Estes dados podem ser observados no Quadro 1 que informa os valores limítrofes para cada contaminante em função do uso e ocupação do solo.

Quadro 1- Comparação das Concentrações de Chumbo no solo com a Legislação da CETESB

| Valores Limites CETESB para Pb em mg/Kg | | Pontos Acima do limite | Percentual de pontos acima do limite (%) |
|---|-----|------------------------|--|
| Qualidade | 17 | 43 pontos | 89,58 |
| Prevenção | 72 | 33 pontos | 68,75 |
| Interv. Rural | 180 | 16 pontos | 33,33 |
| Interv. Urbana | 300 | 11 pontos | 22,92 |
| Interv. Industrial | 900 | 4 pontos | 8,33 |

A Figura 3 apresenta os valores de concentração de chumbo no solo sem considerar os valores obtidos na Linha DA01 a DA06 (Zona Urbana). Percebe-se que numa grande área do mapa os valores superam os limites de Prevenção (72 mg/kg). Numa extensa área, com distância superior em alguns pontos a 4 Km da chaminé, as concentrações superam os limites para uso agrícola (180 mg/kg). Já no entorno da fábrica, numa extensão de até aproximadamente 2 km da chaminé, estes valores superam os limites para uso Residencial (300 mg/kg). Os valores de concentração em solo que superam os limites de uso Industrial (900 mg/kg), para este caso, estão localizados no entorno da fábrica.

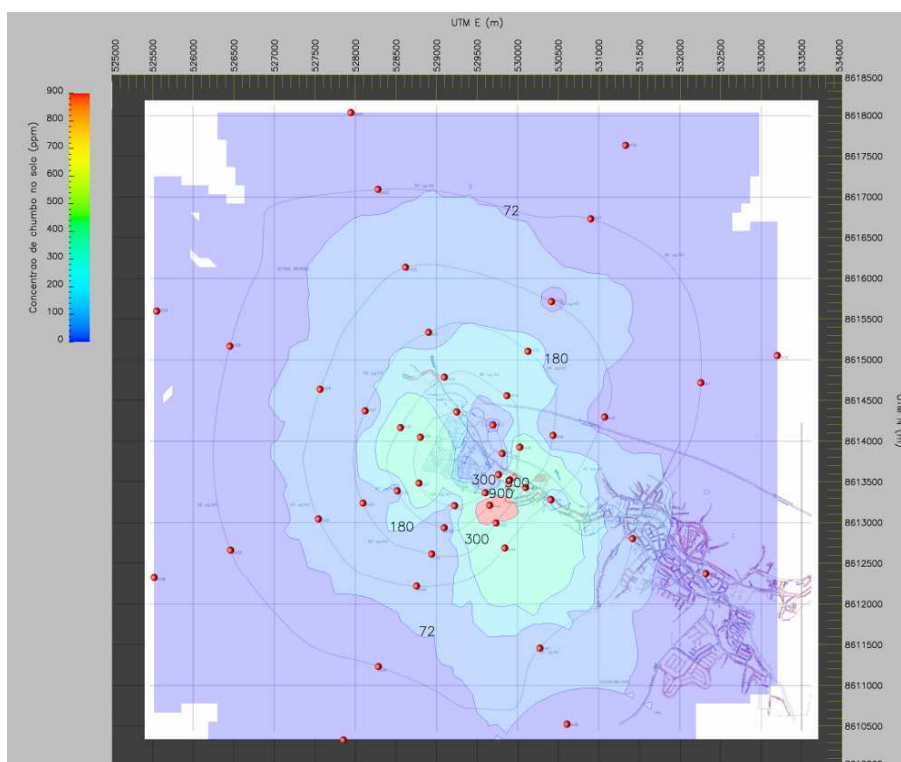


Figura 3 - Plumais de concentração obtidas para o chumbo utilizando os dados de dispersão atmosférica sem considerar os valores obtidos na área urbana

No momento que são incluídos os valores de concentração de Pb obtidos na Zona Urbana (Linha DA01-DA07) se percebe um incremento considerável nas concentrações e conseqüentemente no aumento da pluma de concentração na zona urbana, como visto na Figura 4, onde se observa a pluma superando valores para uso residencial em toda área urbana, inclusive com um aumento considerável nas áreas de limites para uso industrial. Este mapa confirma os resultados apresentados na Figura 2 e sugere que o aumento da concentração

do contaminante em solo da zona urbana tem a influência de outras fontes, além da contaminação residual da Dispersão Atmosférica.

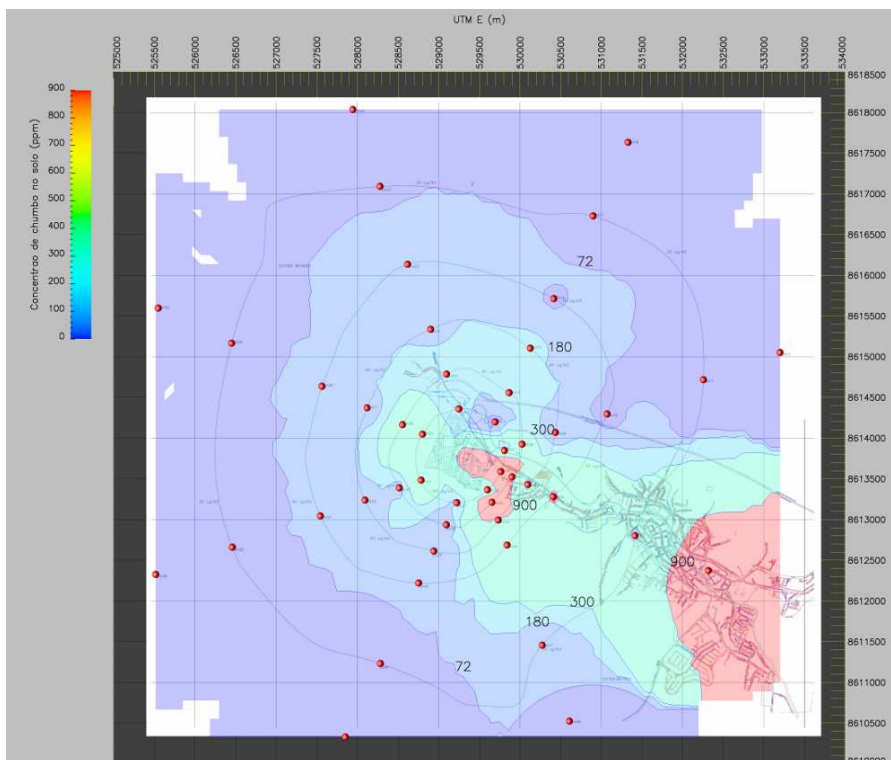


Figura 4 - Plumais de concentração obtidas para o chumbo utilizando os dados de dispersão atmosférica e considerando os valores obtidos na área urbana

Os valores de concentração de cádmio também apresentaram resultados preocupantes: 39 amostras apresentavam valores acima do limite de qualidade. Destes, 28 estavam acima do limite de intervenção para uso agrícola e 7 apresentaram valores acima do limite de intervenção para uso residencial estabelecidos pela CETESB.

Quadro 02- Comparação das Concentrações de Cádmio no solo com a Legislação da CETESB-SP.

| Valores Limites CETESB para Cd em mg/Kg | Pontos Acima do limite | Percentual de pontos acima do limite (%) |
|---|------------------------|--|
| Qualidade | <0,5 | 39 pontos |
| Prevenção | 1,3 | 37 pontos |
| Interv. Rural | 3 | 28 pontos |
| Interv. Urbana | 8 | 7 pontos |
| Interv. Industrial | 20 | 0 pontos |

Os resultados um pouco mais amenos do Cádmio em relação ao chumbo, deve-se principalmente à capacidade de mobilidade deste metal nos meios estudados.

Como pôde-se observar, os dados de concentrações de Pb no solo ajustam-se bem aos resultados obtidos das simulações atmosféricas realizadas, o que implica dizer que os efeitos das antigas emissões atmosféricas ainda impactam o local. Contudo, os resultados apresentaram discrepância nos pontos DA07, DA13 e DA03. Em campo, os pontos DA07 e DA13 correspondem a margem do rio Subaé, onde se esperava concentrações mais elevadas, porém, acredita-se que estes resultados ocorrem devido a deposição ou arraste de solo superficial pela ação das águas do rio. No caso do DA03, os baixos valores estão associados à localização do ponto em um quintal com construção recente, provavelmente posterior ao fechamento da fábrica, onde o material de aterro utilizado não seja do próprio local da obra.

Na Figura 4, apresentam-se os resultados encontrados neste trabalho (Figura 2), reunidos aos valores de concentração de chumbo no solo superficial da literatura (ANJOS, 1998; BRASIL, 2003; COSTA, 2001; e, MACHADO *et al.*, 2003). Apesar de uma grande dispersão dos resultados encontrados na literatura observa-se que os níveis de contaminação levantados neste trabalho encontram-se coerentes aos demais, confirmando-se, desta maneira, a hipótese que existe uma tendência do chumbo em se manter no solo ao longo dos anos.

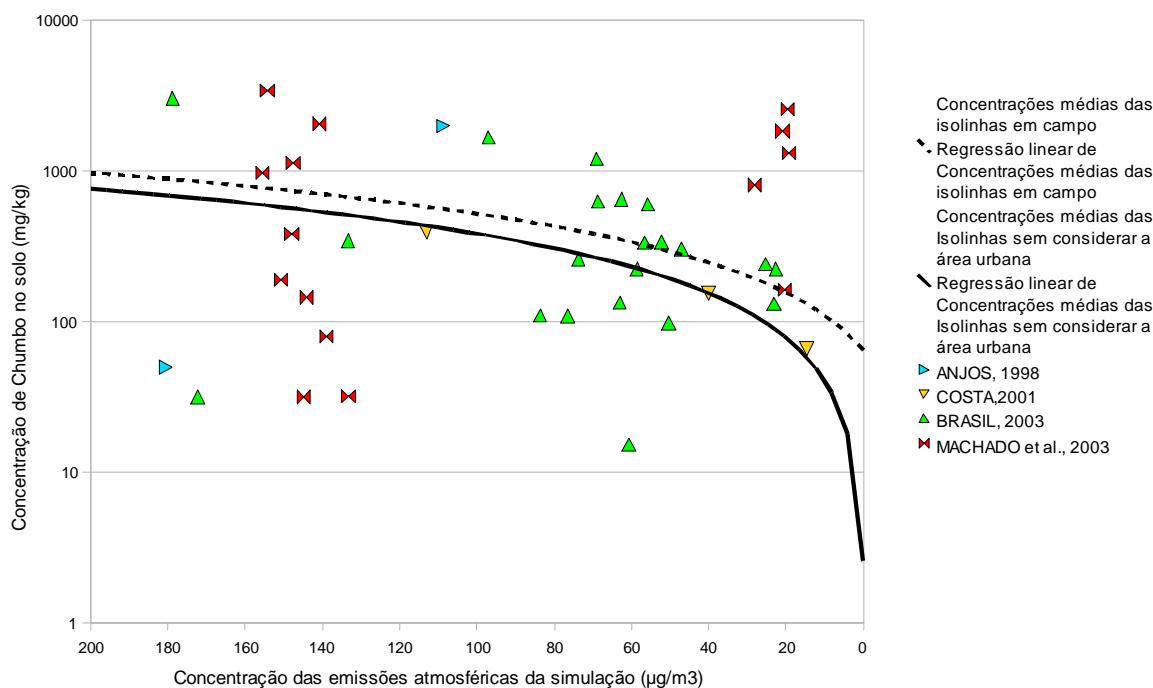


Figura 4 - Média das concentrações de chumbo no solo da literatura em função das concentrações simuladas das emissões atmosféricas da fábrica.

Segundo CCME (1996) *apud* Cunha (2003), estudos apresentados pelo *National Contaminated Sites Remediation Program* demonstraram que: (1) os valores de concentração de chumbo em solos superficiais residenciais, ao redor de refinarias, num raio de aproximadamente 2 km, apresentaram chumbo variando entre 53 e 5.200 mg/kg; (2) nas áreas onde as atividades industriais e/ou de refino haviam cessado, os solos superficiais, residenciais, de jardins ou de parques, próximos às plantas de refino, permaneceram contaminados e; (3) os níveis de chumbo diminuía com a distância da refinaria. Também neste estudo, de maneira inédita para o caso de Santo Amaro, isso fica devidamente comprovado.

CONCLUSÕES

Decorridos mais de 16 anos do fechamento da metalúrgica, os resultados apontam para uma persistência nos níveis de contaminação no solo por chumbo e um pequeno decréscimo para o cádmio, quando comparados com estudos realizados anteriormente na zona urbana. Isto pode ser explicado pelas diferenças de mobilidade entre estes dois elementos.

Embora de caráter preliminar, este trabalho já permite concluir que os níveis de concentração de cádmio e chumbo, nas áreas próximas da fábrica, estão muito acima dos índices de referência recomendados pelas legislações pertinentes, considerando uso residencial, agrícola e industrial. Pode-se afirmar que as concentrações de chumbo e cádmio no solo tendem a decair à medida que os pontos de coleta para avaliação da dispersão atmosférica se distanciam da chaminé da fábrica.

Os níveis de metais pesados no solo apontam resultados coerentes aos obtidos na simulação atmosférica, demonstrando desta maneira, que as antigas emissões atmosféricas da Plumbum ainda influenciam na contaminação do solo superficial da região do entorno da referida fábrica, no município de Santo Amaro.

Deve-se atentar também para os altos níveis de contaminação detectados no eixo que passa ao longo da área urbana, fato provavelmente relacionado à utilização do resíduo industrial (escória) para pavimentação de ruas e aterro de quintais.

Em trabalhos futuros, será possível propor um zoneamento de uso do solo em função das concentrações de metais pesados detectadas na área estudada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Estado da Bahia (CEPED/UNEB) pelo apoio e parceria ao projeto de pesquisa, ao Centro de Apoio a Pesquisa no Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e à Fundação Escola Politécnica (FEP – UFBA) pela concessão da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

1. ANJOS, J.Â.S.A. Caracterização da escória como fonte de poluição, estudo de caso da Plumbum Mineração e Metalurgia Ltda. In: I Workshop sobre Áreas Contaminadas, São Paulo, 1997.
2. ANJOS, J.A.S.A. dos. Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (wetland) no controle da poluição por metais pesados: o caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação - BA. 227p. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 2003.
3. ANJOS, J.A.S.A. Estratégia para remediação de um sítio contaminado por metais pesados – Estudo de caso. 157 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
4. ANJOS, J.Â.S.A. Plano de gestão ambiental para sítios contaminados com resíduos industriais: o caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA. Bahia Análise & Dados, Salvador/BA, v. 2, 2001.
5. BAHIA. Centro de Recursos Ambientais – CRA/BA. Respostas aos Requisitos do Ministério Público. Salvador. 7p., 1992.
6. BRASIL. FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. Avaliação de Risco por Metais Pesados em Santo Amaro da Purificação, Bahia, Ministério da Saúde. Relatório Final. 2003
7. CARVALHO, F. M.; SILVANY-NETO, A. M.; TAVARES, T. M.; COSTA, A. C., CHAVES, C. E. R.; NASCIMENTO, L. D. E REIS, M. A. A persistência de altos níveis de chumbo no sangue de crianças de 1 a cinco anos de idade em Santo Amaro da Purificação. In: SEMINÁRIO SOBRE CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS EM SANTO AMARO DA PURIFICAÇÃO-BA: Santo Amaro da Purificação - BA, Brasil. p. 37 – 51. 2001.
8. CARVALHO, F. M; TAVARES, T. M; SOUZA, S. P. AND LINHARES, P. Lead and cadmium concentration in the hair of fishermen from the Subaé river basin, Brazil. Environ. Res. 33, p. 300-306, 1984
9. CARVALHO, F.M.; SILVANY NETO, A.M.; PERES, M.F.T.; GONÇALVES, H.R.; GUIMARÃES, G.C.; AMORIM, C.J.B.; SILVA JR, J.A.S.; TAVARES, T.M. Intoxicação pelo chumbo: zincoprotoporfirina no sangue de crianças de Santo Amaro da Purificação e de Salvador, BA. Jornal de Pediatria, v. 72, n. 5, p. 295-298, 1996.
10. CARVALHO, F.M.; SILVANY-NETO, A.M; TAVARES, T.M.; LIMA, M.E.C.; WALDRON, H.A. Intoxicação por chumbo entre crianças de Santo Amaro, Bahia, Brasil. Bol. Of Sanit Panam, p. 309-318, 1986.

11. CARVALHO, F.M; SILVANY-NETO, A.M.; LIMA, M.E.C.; MELO, A.M.C.; GALVÃO, A.L. E TAVARES, T.M. Chumbo e cádmio no cabelo de crianças de Santo Amaro da Purificação-BA. *Ciência e cultura*, v. 41, n. 7, p. 646- 651, 1989
12. CARVALHO, F.M; SILVANY-NETO, A.M.; TAVARES, T.M.; LIMA, M.E. E WALDRON, H.A. Lead poisoning among children from Santo Amaro, Brazil. *Bull. Pan. Amer. Health Organization*, v. 19, p. 165-175, 1985.
13. CETESB. Decisão de Diretoria nº 195: Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo, 23 de novembro de 2005. Disponível em:< www.cetesb.sp.gov.br> . Acesso em: 02 maio. 2009.
14. CUNHA, F. G. da; Contaminação humana e ambiental por chumbo no Vale do Ribeira, nos Estados de São Paulo e Paraná, Brasil. 125p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, São Paulo, 2003.
15. MACHADO, S.L.; CARVALHO, M. de F.; C.W.C., DELGADO; ANJOS, J.A.S.A.; DOURADO, K.A.; AMPARO, N.S. do; CARDOSO, L.P.; LIMA, A.V.M.; SANTOS, D.M.; SANTOS, D.B. dos; KIPERSTOK FIRST, A.; SÁNCHEZ, L.; BOTELHO, M.A.B.; OLIVEIRA NETO, F.A. PROJETO PURIFICA – Proposta para remediação de áreas degradadas pela atividade extrativa de chumbo em Santo Amaro da Purificação. Salvador, Bahia, 2003.
16. MACHADO, S.L.; RIBEIRO, L.D.; KIPERSTOK, A.; BOTELHO, M.A.D. E CARVALHO, M.F. Diagnóstico da contaminação por metais pesados em Santo Amaro - BA. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 9, n. 2 - abr/jun, p. 140-155, 2004.
17. MOREIRA, F. R. & MOREIRA, J. C. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 9, p. 167-181, 2004.
18. SILVA, E. de C.; FREGONEZE, J. Efeitos de metais pesados sobre o controle central do equilíbrio hidroeletrólítico. *Revista Ciências Médicas e Biológicas*, Salvador, v. 1, n. 1, p. 116-123, Nov. 2002.
19. SILVANY NETO, A.M.; CARVALHO, F.M; CHAVES, M.E.C.; DE MELO, A.M.C.; GALVÃO, A.L. AND TAVARES, T.M. Determination of the lead social intoxication in Santo Amaro children. *Ciência e cultura*, p. 1614-1626, 1985.
20. TAVARES, T. M. Análise ambiental em relatório técnico integrado. EDUFBA, Salvador BA, Brasil, 1978.
21. TAVARES, T. M. Efeito das emissões de chumbo e cádmio em Santo Amaro da Purificação. Tese de Doutorado, IQ/USP, São Paulo-SP, Brasil, 1990.
22. TAVARES, T.M e CARVALHO, F.M. Estudo de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do recôncavo baiano. *Química Nova*. 1992.
23. TAVARES, T.M.; BRANDÃO, A.M.; CHAVES, M.E.C.; NETO, A.M.S. e CARVALHO, F.M. Lead In Hair Of Children Exposed to Gross Environmental Pollution. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* v. 36, p. 221-230, 1989.