

Avaliação da exposição ao chumbo em trabalhadores das indústrias de Bauru

Ana Cláudia Cardoso de Oliveira Demarchi*

Luiz Carlos Duarte de Souza*

Lucídio Souza Santos**

Manoel Lima de Menezes**

DEMARCHI, Ana Cláudia Cardoso de Oliveira et al. Avaliação da exposição ao chumbo em trabalhadores das indústrias de Bauru. *Salusvita*, Bauru, v. 18, n. 1, p. 27-36, 1999.

RESUMO

Este trabalho mostra uma avaliação da análise de chumbo em sangue no período de novembro de 1995 a dezembro 1996, em trabalhadores da região de Bauru. Entre as 116 amostras de sangue analisadas, 58.6% apresentaram teores de chumbo menores que o valor referência (40.0µg/dl), 23.3% apresentaram níveis de chumbo entre 41.0 - 60.0 µg/dl e 18.1% apresentaram concentrações de Pb-S acima do limite de tolerância biológica LTB (60µg/dl).

Unitermos: chumbo, metal, sangue.

INTRODUÇÃO

A monitorização da exposição ocupacional ao chumbo tem sido uma preocupação constante da equipe do ambulatório de saúde do trabalhador, no município de Bauru. Trabalhos semelhantes vêm sendo desenvolvidos nos estados da Bahia e Pernambuco, onde há uma crescente preocupação em equacionar os problemas que originam doenças ocupacionais procedentes da exposição ao chumbo (Cristina et al., 1993).

Atualmente, o chumbo tem sido objeto de exaustivos estudos, tanto no aspecto toxicológico como ambiental, não só pelo seu alto consumo pelas indústrias, mas também por sua ação tóxica múltipla sobre diferentes órgãos e sistemas. A ação tóxica do chumbo, assim como de outros metais, está relacionada com a dose, o tempo de exposição, forma física e química do elemento e vias de administração e/ou absorção.

* Universidade do Sagrado Coração - USC, Laboratório de Bioquímica, Rua Irmã Arminda, nº 10-50 - 17044-160 - Bauru, S.P.

** Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências, Departamento de Química - Av. Edmundo C. Coube s/n, 17033-360 - Bauru - S.P.

A principal via de absorção do chumbo é o aparelho respiratório, responsável por 35 a 50% do chumbo absorvido nos trabalhadores expostos (Alessio & Foa, 1983). Quanto mais finas forem as partículas do chumbo na atmosfera (0,4µm), maior será a absorção por esta via. Outra importante fonte de absorção é o trato gastrointestinal que, apesar de ser uma via secundária, pode ser agravada pelo hábito dos trabalhadores em fumar e alimentar-se nos locais de trabalho. A absorção pelo sistema gastrointestinal é da ordem de 15 a 20% para adultos e até 50% para crianças. Dietas pobres em cálcio, ferro e proteínas e ricas em vitamina D podem aumentar consideravelmente esta absorção. A via cutânea é a terceira porta de entrada para o chumbo no organismo. Não há estimativa precisa da taxa de absorção por esta via, mas sabe-se que alguns compostos orgânicos contendo chumbo, tais como chumbo tetraetilico, naftenato de chumbo e esterato de chumbo, são absorvidos pela pele. O mais comum é que mais de uma via de absorção esteja envolvida nos processos de intoxicação plúmbica (Pimenta & Capistrano Filho, 1988). Depois de absorvido, o chumbo é transportado pela corrente sanguínea periférica, sendo 80.0% ligado à hemoglobina, 14.0% ligado à membrana do eritrócito e 6.0% no plasma, ligado à albumina e globulina ou na forma livre (Darlove & Pereira, 1982). Se a absorção for contínua e elevada, como acontece em determinadas operações industriais, além do transporte inicial do chumbo pela corrente sanguínea, e após impregnação dos tecidos moles, esse metal, para ser excretado, volta à circulação aumentando a plumbemia.

O chumbo é um metal acumulativo e, com o tempo, cerca de 90% deposita-se no tecido ósseo e nos dentes, deslocando o cálcio dos seus sítios (Buschinelli & Kato, 1992; O'Neil, 1994). Os 10% restantes encontram-se distribuídos nos tecidos moles, preferencialmente rins e fígado. Atravessa a barreira hematoencefálica, mas não se deposita no sistema nervoso central; atravessa também a barreira placentária elevando o nível sanguíneo de chumbo do feto tanto quanto o nível sanguíneo de chumbo da mãe (Pimenta & Capistrano Filho, 1988).

O tempo de permanência do chumbo nos tecidos moles é menor que 40 dias, e nos ossos é cerca de 20 anos, acarretando um acúmulo cada vez maior nos tecidos duros com o aumento do tempo de exposição (Santos, 1996).

O chumbo não participa do metabolismo normal do homem e sua eliminação se dá principalmente através da urina (75%), fezes (16%) e também cabelo, unhas e outros (Tavares & Carvalho, 1992).

Uma vez absorvido e transportado pelo sistema circulatório, o chumbo inicia sua ação tóxica no organismo. Os principais efeitos acontecem a nível hematológico, renal, digestivo e no sistema nervoso central. O mecanismo mais importante desses efeitos ocorre através da ação exercida na cadeia metabólica da síntese do heme com conseqüente alteração na formação da hemoglobina (Souza et al., 1984). Recentemente, ficou demonstrado que a ação inibidora na síntese do heme se faz sobre os gru-

DEMARCHI, Ana Cláudia Cardoso de Oliveira et al. Avaliação da exposição ao chumbo em trabalhadores das indústrias de Bauru. *Saúdevita*, Bauru, v. 18, n. 1, p. 27-36, 1999.

pos sulfidrilas dos sistemas enzimáticos. Essa ação inicial é bem conhecida sobre duas enzimas, a desidratase do ácido delta aminolevulínico (ALA-D) e a ferroquelatase, envolvidas na incorporação do ferro na molécula do heme (Darlove & Pereira, 1982). Há evidências de que o chumbo tenha também ação hemolítica, através da indução de alterações nas propriedades antioxidativas da membrana eritrocitária e da hemoglobina, conseqüentemente surge anemia hemolítica microcítica, hipocrômica leve (Souza et al., 1984).

A nível renal, uma exposição prolongada pode levar a nefropatia crônica, em alguns casos acompanhada por hipertensão arterial. Ainda não há explicação para a ação tóxica a nível digestivo, porém sua sintomatologia é rica e inespecífica, ressaltando as cólicas saturninas. Acredita-se que as manifestações a nível do sistema nervoso central possam também ser conseqüências da alteração na síntese do heme (Darlove & Pereira, 1982).

Deve-se salientar que os efeitos biológicos do chumbo variam segundo características individuais. Uma pessoa pode permanecer assintomática com níveis muito elevados de chumbo no sangue, e outra apresentar sintomas com níveis de Pb-S dentro dos valores considerados normais. Existe relação entre a concentração atmosférica de Pb e de Pb-S de um indivíduo submetido a essa atmosfera. Tal relação não é linear porque a taxa de absorção do Pb não depende exclusivamente de sua concentração na atmosfera, mas também de outros fatores anteriormente citados.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que a exposição de indivíduos adultos não ultrapasse 3mg de Pb no período de sete dias. Crianças e bebês que são mais susceptíveis às intoxicações que adultos, devem ter exposição menor que 1mg de Pb por semana. O valor referência estabelecido internacionalmente para a plumbemia é até 40 µg/dl, sendo o limite de tolerância biológica (LTB) de 60µg/dl (NIOSH, 1994). Porém, é conhecido que efeitos a níveis moleculares, semelhantes a interferências nas etapas da síntese do heme da hemoglobina, ocorrem em níveis baixos, equivalentes a 20 - 200µg de Pb. kg⁻¹, presentes em tecidos moles (O'Neill, 1994).

Há uma mobilização de agências e organizações científicas, no sentido de regularizar um programa de qualidade, para melhor controlar as análises de chumbo em sangue, como parte de testes nas áreas da toxicologia ocupacional e toxicologia ambiental (Herb, 1994). A TABELA 1 apresenta um resumo destes programas habilitados e os critérios de aceitação aplicados.

A concentração de chumbo no sangue avalia o grau de exposição profissional e reflete o equilíbrio existente entre a quantidade de chumbo absorvido e distribuído nos tecidos moles. Por isso, admite-se que a determinação da concentração de Pb-S seja o melhor indicador biológico na monitorização do saturnismo (Santos, 1996).

Este trabalho objetiva avaliar os níveis de exposição ocupacional, ao chumbo, de trabalhadores na região de Bauru.

TABELA 1 - Critérios de aceitação aplicados em vários programas habilitados para análise de chumbo em sangue.

Programa de teste habilitado	Critérios	Range 100µg/L
Centro de controle de doenças e de Saúde Pública dos USA (CC)/ Administração de recursos de serviços da saúde (HRSA).	± 40µg/L para valores < 400µg/L ± 10% para valores ≥400 µg/L	6 -14
Saúde Ocupacional e Administração da Saúde (OSHA), USA.	±60µg/L para valores < 400µg/L ±15% para valores ≥400µg/L	4-16
Departamento de Estado de Saúde, do Estado de Nova York	± 40µg/L para valores < 400µg/L ± 10% para valores ≥400µg/L	6-14
Associação americana clínica e química (AACC)/Colégio americano de patologistas	±60µg/L para valores < 400µg/L ±15% para valores ≥400µg/L	4-16
Centro de toxicologia do Quebec	± (0.04x + 2.6)	7-13
Comissão da Comunidade Européia	± (0.04x + 2.6)	7-13

EXPERIMENTAL

Amostras

No período de novembro de 1995 a dezembro de 1996, foram analisadas 116 amostras de sangue, para a determinação de chumbo (Pb-S), sendo que 8.6% desses indivíduos não eram expostos ocupacionalmente ao chumbo, 24% eram eventualmente expostos por serem funcionários de indústrias metalúrgicas e fábricas de baterias, ocupando funções de vigilantes, motoristas e auxiliares administrativos e 67.4% eram expostos exercendo funções na reciclagem de sucata (fundição), linha de montagem de produção de baterias ou em metalúrgicas, na produção de derivados do chumbo.

Preparação da Amostra e Equipamentos

As amostras de sangue foram coletadas com heparina e armazenadas sob refrigeração até o momento da análise. A técnica de análise empre-

DEMARCHI, Ana Cláudia Cardoso de Oliveira et al. Avaliação da exposição ao chumbo em trabalhadores das indústrias de Bauru. *Saúdevita*, Bauru, v. 18, n. 1, p. 27-36, 1999.

DEMARCHI, Ana Cláudia Cardoso de Oliveira et al. Avaliação da exposição ao chumbo em trabalhadores das indústrias de Bauru. *Salusvita*, Bauru, v. 18, n. 1, p. 27-36, 1999.

gada constituiu na extração do complexo Pb - APDC (pirrolidinaditiocarbamato de amônio) em triton X-100, com metil-isobutil-cetona (mic), (Mitchell et al., 1972).

A determinação do teor de chumbo complexado ao APDC presente na fase orgânica foi efetuado com um espectrofotômetro de absorção atômica, modelo AA 1275, equipado com lâmpada de cátodo oco de chumbo e corretor de *background*, (Varian Associates Inc. - Sunnyvale, CA, USA), empregando chama de ar-acetileno e comprimento de onda ajustado em 283.3nm.

Reagentes

O solvente metil-etil-cetona (mic), pirrolidinaditiocarbamato de amônio (APDC), triton X-100, solução padrão de chumbo e ácido nítrico, todos p.a, adquiridos da Merck (E. Merck Darmstadt, Germany).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

É importante para o médico do trabalho a avaliação dos níveis sanguíneos de chumbo em trabalhadores expostos a esse metal, para que possa agir de forma preventiva no controle dessas intoxicações.

Antes de 1987, não havia registros de saturnismo na região de Bauru. Nesse ano, a Secretaria de Saúde de Bauru implantou um programa de saúde do trabalhador. Através desse programa, constatou-se que o saturnismo em Bauru era sub-diagnosticado. Para se ter uma idéia do problema, o número médio de comunicações de acidentes de trabalho emitidas por saturnismo em Bauru passou de 8 para cerca de 300 por ano.

A TABELA 2 apresenta um levantamento realizado em 1987, pela equipe do Instituto de Saúde do Trabalho do Município de Bauru, coordenada pela Secretaria da Saúde, onde ficou constatada a real necessidade de desenvolver um trabalho objetivando efetuar um maior controle do saturnismo na região de Bauru (Pimenta & Capistrano Filho, 1988). A partir da implantação desse programa, a equipe do Instituto de Saúde do Trabalhador efetivamente passou a diagnosticar e efetuar um tratamento adequado a esses indivíduos.

De acordo com esta publicação, registramos que o programa continua desempenhando o seu objetivo no sentido de monitorar as intoxicações crônicas por chumbo, em indivíduos que manuseiam matérias-primas que são basicamente constituídas por esse metal. De acordo com a TABELA 3, o maior número de solicitações de análises ocorreram no mês de novembro de 1995, seguido pelos meses de junho e fevereiro de 1996. Essas solicitações podem estar relacionadas ao controle e planejamento das empresas.

TABELA 2 - Levantamento de trabalhadores com saturnismo na região de Bauru.

TRABALHADORES COM SATURNISMO SEGUNDO O SEXO, EM JUNHO DE 1987.						
Sexo		Número de trabalhadores		%		
Masculino		122		98,4		
Feminino		2		1,6		
Total		124		100,0		

TRABALHADORES COM SATURNISMO SEGUNDO EMPRESA., EM JUNHO DE 1987.						
Empresa		Número de trabalhadores		%		
Ajax		72		58,1		
Cral		38		30,6		
Plajax		10		8,1		
Outras		4		3,2		
Total		124		100,0		

TRABALHADORES COM SATURNISMO SEGUNDO O TEMPO DE AFASTAMENTO, EM JUNHO DE 1987.						
Tempo de afastamento (meses)		Número de trabalhadores		%		
0-3		35		28,2		
3-6		46		37,1		
6-12		29		23,4		
>12		14		11,3		
Total		124		100,0		

TRABALHADORES COM SATURNISMO SEGUNDO A PLUMBEMIA E A PRESENÇA DE SINAIS E SINTOMAS DA DOENÇA, EM JUNHO DE 1987.						
Pbs-S	Sintomáticos	%	Assintomáticos	%	Total	%
<40	7	5,6	9	7,2	16	12,9
40-60	50	40,3	26	20,9	76	61,3
>60	17	13,7	15	12,0	92	25,8
Total	74	59,7	50	40,3	124	100,0

Os resultados obtidos foram classificados na TABELA 3, de acordo com o intervalo de concentração de Pb - S, em µg/dl, englobando todas as análises realizadas no período. A FIGURA 1 apresenta os percentuais de freqüências das concentrações determinadas nos indivíduos pesquisados.

DEMARCHI, Ana Cláudia Cardoso de Oliveira et al. Avaliação da exposição ao chumbo em trabalhadores das indústrias de Bauru. *Saúdevita*, Bauru, v. 18, n. 1, p. 27-36, 1999.

TABELA 3 - Número de análise de Pb-S de acordo com a faixa de concentração, em mg/dl, no período de novembro de 1995 a dezembro de 1996.

Mês	[Pb] (µg/dl)											Sub-total
	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110	
Nov-95	1	3	5	7	2	1	—	—	—	1	—	20
Dez-95	—	1	—	—	2	—	—	—	—	—	—	3
Jan	—	—	—	—	2	1	1	—	—	—	—	4
Fev	—	—	3	5	—	—	4	3	—	1	—	16
Mar	—	—	—	2	—	—	2	1	—	—	—	6
Abr	—	—	—	—	2	2	3	2	—	—	1	10
Mai	—	—	1	1	—	—	1	—	—	—	—	3
Jun	—	3	1	1	2	1	—	—	—	—	—	8
Jul	1	9	3	—	2	1	—	1	—	—	—	17
Ag	—	5	1	—	1	1	—	—	—	—	—	8
Set	—	2	2	—	—	2	1	2	—	—	—	9
Out	—	3	1	3	—	—	—	—	—	—	—	7
Nov	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
Dez	—	2	1	—	1	—	1	—	—	—	—	5
Total	2	28	18	20	14	13	12	6	—	2	1	116

[Pb] = Concentração de chumbo

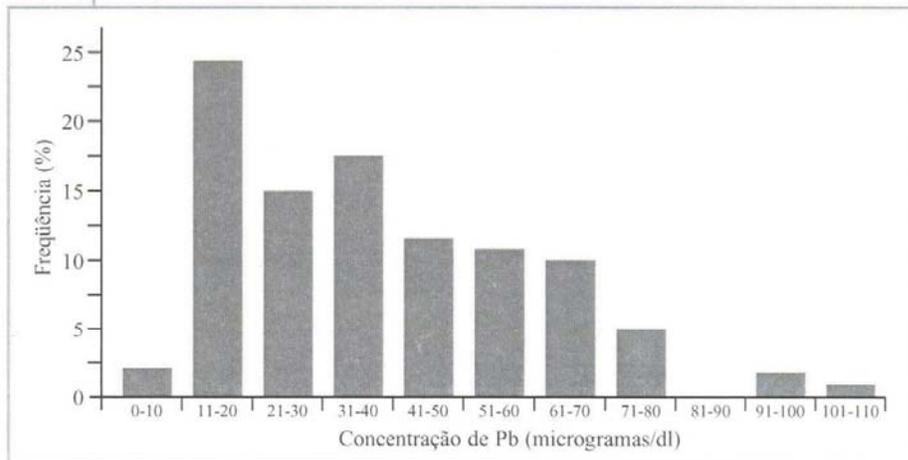


FIGURA 1 - Frequência das concentrações de Pb (mg/dl), determinadas em amostras de sangue no período de novembro de 1995 a dezembro de 1996.

DEMARCHI, Ana Cláudia Cardoso de Oliveira et al. Avaliação da exposição ao chumbo em trabalhadores das indústrias de Bauru. *Salusvita*, Bauru, v. 18, n. 1, p. 27-36, 1999.

Das amostras analisadas 58.6% apresentaram valores de chumbo inferiores a 40.0µg/dl, 23.3% das amostras apresentaram valores dentro do LTB (41 - 60µg/dl) e 18.1% apresentaram valores acima do LTB (60µg de Pb/dl). Os valores de concentrações de chumbo em sangue, acima de 60µg/dl, são referentes a operários que estão diretamente envolvidos com

os processos de reciclagem da sucata, objetivando recuperar o chumbo para a produção de novas baterias. De acordo com Alessio & Foa (1983), a principal via de absorção do chumbo é o aparelho respiratório, responsável por 35 a 50% do chumbo absorvido pelos trabalhadores expostos. Na execução do processo de reciclagem da sucata, uma das etapas consiste na moagem do chumbo extraído, para retorná-lo à linha de produção. Nesta etapa, ocorre a formação de partículas muito finas que permanecem dispersas na atmosfera, possibilitando desta forma a absorção do chumbo por indivíduos que operam estes equipamentos. Quanto mais finas forem as partículas do chumbo na atmosfera ($0,4\mu\text{m}$), maior será a absorção por esta via.

Através da análise dos prontuários destes indivíduos observou-se que 17.4% daqueles com plumbemia inferior a $40.0\mu\text{g/dl}$ apresentavam sintomatologia característica de intoxicação por este metal. Entretanto, 6.5% dos indivíduos com plumbemia acima de $40\mu\text{g/dl}$ não apresentavam sintomas referentes à intoxicação por chumbo. Isto vem reforçar as discussões a respeito de evidências dos efeitos provocados pelo chumbo em baixas concentrações, ou seja, as concentrações e sintomatologia variam de indivíduo para indivíduo.

De acordo com os resultados obtidos no período de 1995/1996, comparados aos resultados apresentados na TABELA 2, observa-se um decréscimo significativo para os níveis de chumbo no sangue de 41-60 $\mu\text{g/dl}$. Estes valores decresceram de 61.3% para 23.3%. O mesmo foi observado para concentrações maiores que $60\mu\text{g/dl}$, apresentando um pequeno decréscimo de 25.8% para 18.1%. Entretanto, observa-se um aumento significativo de operários com níveis de chumbo inferiores a $40\mu\text{g/dl}$, passando de 12.9% em 1987 para 58.6% em 1996.

CONCLUSÃO

O elevado percentual de 18.1% de plumbemia acima do LTB e sua relativa freqüência no decorrer dos treze meses estudados, alertam para a urgência de medidas preventivas que possam reverter esta situação, através de uma maior conscientização e segurança dos trabalhadores que manipulam compostos de chumbo inorgânico.

DEMARCHI, Ana Cláudia Cardoso de Oliveira, et al. Evaluation of exposure to lead in workers of Bauru's industries. *Salusvita*, Bauru, v. 18, n. 1, p. 27-36, 1999.

ABSTRACT

This work evaluates the analysis of lead present in the blood of workers from the city of Bauru, between November 1995 and December 1996. Of the 116 blood samples analyzed, 58.6% showed lead levels lower than the reference ($40.0\mu\text{g/dl}$), 23.3% presented levels

DEMARCHI, Ana Cláudia Cardoso de Oliveira et al. Avaliação da exposição ao chumbo em trabalhadores das indústrias de Bauru. *Salusvita*, Bauru, v. 18, n. 1, p. 27-36, 1999.

DEMARCHI, Ana Cláudia Cardoso de Oliveira et al. Avaliação da exposição ao chumbo em trabalhadores das indústrias de Bauru. *Salusvita*, Bauru, v. 18, n. 1, p. 27-36, 1999.

between 41.0 and 60.0 µg/dl, and 18.1% presented concentrations higher than the biological tolerance limit BTL (60.0µg/dl).

Key Words: lead, metal, blood.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual Paulista - UNESP, Universidade do Sagrado Coração - USC, pelo apoio financeiro e ao Instituto Municipal de Saúde do Trabalhador do município de Bauru, por permitirem o emprego de toda infraestrutura física e de seus equipamentos durante a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALESSIO, L., FOÁ, V. *Human biological monitoring of industrial chemical series*. Luxembourg: Commission of the European Communities Industrial Health and Safety, 1983.
- BUSCHINELLI, J. T., KATO, M. *Monitoramento biológico de exposição a agentes químicos*. São Paulo: Fundacentro, 1992.
- CRISTINA, A. P. A. et al. Exposição ocupacional a agentes químicos em indústrias do Estado de Pernambuco. *Rev. Bras. Saúde. Ocup.*, v. 80, n.21, p.45 - 49,1993.
- DARLOVE, V. O., PEREIRA, C. A. Saturnismo: etiopatogenia, conceitos atuais. *Rev. Bras. Saúde Ocupacional*, v. 10, n. 37, p. 45 - 48, 1982.
- HERB, R. F. M., STOEPLER, M. *Trace element analysis in biological specimen*. Amsterdam: Elsevier, 1994.
- MITCHELL, D. G., RYAN, F. J., ALDOUS, K. M. The precise determination of lead in whole blood by solvent extraction - atomic spectrometry. *Atomic Absorption News Letter*, v. 11, n. 6, p. 120 - 121, 1972.
- NIOSH. *Manual of analytical methods (NMAM)*. 4. ed. [s.l.: s.n.], 1994.
- O'NEILL, P. *Environmental Chemistry*. 2. ed. London: Chapman & Hall, 1994.
- PIMENTA, A. L., CAPISTRANO FILHO, D. *Saúde do trabalhador*. São Paulo: Hucitec, 1988.
- SANTOS, L. S. Determinação de chumbo em amostras de fluidos biológicos e ambientais. *Ciência & Educação*, v. 2, p. 54 - 56, 1996.

SOUZA, M. G. F., DE CARVALHO, R. D. S., SPÍNOLA, A. G. Hemoglobina AS em trabalhadores expostos ao chumbo inorgânico. *Rev. Bras. Saúde Ocup.* v. 12, n. 46, p. 14 - 16, 1984.

TAVARES, T. M., CARVALHO, F. M. Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Recôncavo Baiano. *Química Nova*, v. 15, n. 2, p. 147 - 153, 1992.

DEMARCHI, Ana Cláudia Cardoso de Oliveira et al. Avaliação da exposição ao chumbo em trabalhadores das indústrias de Bauru. *Salusvita*, Bauru, v. 18, n. 1, p. 27-36, 1999.