

## Avaliação da exposição ocupacional ao chumbo: proposta de uma estratégia de monitoramento para prevenção dos efeitos clínicos e subclínicos

Occupational lead exposure assessment: a proposal for a strategy to monitor prevention of clinical and subclinical effects

Ulisses C. Araujo <sup>1</sup>  
Fatima R. Pivetta <sup>1</sup>  
Josino C. Moreira <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana (Cesteh), Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rua Leopoldo Bulhões 1480, Rio de Janeiro, RJ 21041-210, Brasil.

**Abstract** *In developing countries, lead-acid battery factories are one of the heaviest consumers of lead. Due to lead's toxicological properties and prevalent working conditions in such factories, workers are subject to high exposure and health risk. This study discusses results obtained by lead exposure assessment of workers from a Rio de Janeiro battery factory, in light of Brazilian legislation and recent scientific data. Evaluation methods used were environmental (personal air sampling) and biological (determination of lead in blood, Pb-B) monitoring, showing a high personal exposure both in air (>0.1 mg/m<sup>3</sup>) and blood (55% of Pb-B >25 µg/dl). These results confirmed the inefficiency of current control measures, with a possible 46% of workers presenting a Pb-B range of 25-60 µg/dl in risk areas. Recent data suggest that Pb-B levels above 25 µg/dl are related to subclinical alterations in human body that should be investigated during clinical examination. Finally, we propose a strategy based on environmental and biological monitoring to prevent both clinical and subclinical effects.*

**Key words** *Lead; Occupational Exposure; Occupational Health; Environmental Monitoring*

**Resumo** *A produção de baterias chumbo-ácidas representa um dos segmentos industriais de maior consumo de chumbo, estando os trabalhadores expostos a riscos elevados. Neste trabalho são discutidos os resultados obtidos na avaliação da exposição ao chumbo de trabalhadores de uma fábrica de baterias da cidade do Rio de Janeiro, de acordo com as normas vigentes da legislação brasileira e com dados científicos atualizados. Os métodos empregados neste estudo foram a amostragem de ar-pessoal e a determinação de chumbo em sangue - Pb-S). De acordo com a observação do processo de trabalho, das concentrações de chumbo no ar (todos acima de 0,1 mg/m<sup>3</sup>) e do grande percentual de trabalhadores contaminados (55% com Pb-S acima de 25 µg/dl), foi possível confirmar a ineficácia das práticas de controle usualmente adotadas. Isto permite a manutenção de 46% dos trabalhadores, apresentando níveis de Pb-S na faixa de 25-60 µg/dl, nas áreas de maior risco. Dados científicos atuais mostram que nessa faixa de concentração já ocorrem alterações subclínicas importantes, que devem ser investigadas nos exames médicos. Propõe-se, finalmente, uma estratégia de monitoramento ambiental e biológica para prevenir, inclusive, os efeitos subclínicos.*

**Palavras-chave** *Chumbo; Exposição Ocupacional; Saúde Ocupacional; Monitoramento Ambiental*

## Introdução

A produção de baterias chumbo-ácidas representa o segmento industrial responsável pelo maior consumo de chumbo nos países em desenvolvimento. A fabricação dessas baterias utiliza tecnologia bastante simples, podendo ser realizada em pequena escala, tornando-se, por conseguinte, atraente para esses países (Matte et al., 1989). Em razão das propriedades tóxicas do chumbo e das condições de trabalho prevalentes na maioria dessas indústrias, os trabalhadores desse setor encontram-se frequentemente expostos a elevadas concentrações desse elemento e, conseqüentemente, sujeitos à intoxicação.

Enquanto nos países desenvolvidos o risco de intoxicação ocupacional pelo chumbo tem sido muito estudado e bem controlado, pouco se conhece sobre a extensão da exposição e contaminação nos países em desenvolvimento.

Estudos realizados em indústrias de baterias chumbo-ácidas mostram que há uma diferença significativa entre os níveis de chumbo em sangue (Pb-S) observados em trabalhadores de países desenvolvidos, quando comparados com aqueles de países em desenvolvimento. Enquanto 28% dos trabalhadores desse segmento industrial na Jamaica e 38% na Coréia apresentavam níveis de Pb-S acima de 60 µg/dl, nos Estados Unidos apenas 6% apresentavam nível acima deste valor (Matte et al., 1989). Essa grande variação expõe claramente uma diferença significativa nos processos de trabalho e na proteção dos trabalhadores adotados nesses países.

A constatação de efeitos adversos à saúde humana causados por doses, até há pouco, consideradas seguras (concentração de chumbo no ar de até 50 µg/m<sup>3</sup> e de chumbo no sangue de até 40 µg/dl), como descrito por Lippmann (1990) e Cordeiro & Lima-Filho (1995), conduz ao questionamento da eficácia do método tradicionalmente utilizado na higiene ocupacional – a utilização dos limites de tolerância – como indicativo da qualidade dos ambientes de trabalho, salubre ou insalubre, para adotar medidas de prevenção e de controle da exposição aos riscos químicos.

A legislação brasileira, através da Norma Regulamentadora NR-7, Portaria nº 24, da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho – SSST, de 29 de dezembro de 1994, em seu artigo 7.4.2, estabelece como deverão ser realizados exames complementares para o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. No caso do chumbo, estão previstos como parâmetros para controle biológico da exposição

ocupacional os seguintes indicadores biológicos: Pb-S, ALA-U e ZPP-S. Essa norma também estabelece como parâmetros o Valor de Referência de Normalidade (VR) e o Índice Biológico Máximo Permitido (IBMP), que, para o Pb-S, é de 40 µg/dl e de 60 µg/dl, respectivamente (Manuais de Legislação Atlas, 1997).

A norma estabelece ainda 'classes' para a interpretação clínica dos resultados, sendo o chumbo enquadrado na classe SC para o Pb-S. De acordo com esta mesma norma, para o IBMP deste indicador, é prevista a seguinte interpretação: "*além de mostrar uma exposição excessiva, o indicador biológico tem também significado clínico ou toxicológico próprio, ou seja, pode indicar a doença, estar associado a um efeito ou a uma disfunção do sistema biológico avaliado*" (Manuais de Legislação Atlas, 1997:20).

Para a avaliação da concentração de chumbo em ar (Pb-Ar), a NR-15 – Anexo nº 11, Portaria nº 12/83 – estabelece o valor de 0,1 mg/m<sup>3</sup>, para o limite de tolerância (LT). Prevê também que medidas preventivas devem ser adotadas sempre que o valor de Pb-Ar atinja a metade daquele recomendado como LT, valor esse denominado nível de ação. Ainda de acordo com essa norma, a concentração de chumbo no ar deve ser determinada por métodos de medidas instantâneas, de leitura direta ou não, sendo necessárias pelo menos dez determinações para cada ponto, tomadas no nível da zona respiratória do trabalhador, com intervalo de, no mínimo, vinte minutos entre as medidas. Estabelece também que nenhum valor medido deve ultrapassar o limite de 0,3 mg/m<sup>3</sup>, sob pena de o ambiente ser considerado de risco grave e iminente (Manuais de Legislação Atlas, 1997).

Apesar da falta de dados sistematizados sobre as intoxicações ocupacionais pelo chumbo no Brasil, as informações disponíveis apontam para uma prevalência relativamente alta desses casos. Estudos realizados em Bauru, SP, entre 1985 e 1987, identificaram seiscentos casos de saturnismo entre trabalhadores de fábricas de baterias (Cordeiro, 1988). Em Belo Horizonte, MG, de um total de 154 trabalhadores de fábricas e reformadoras de baterias estudados, 52% apresentaram sintomas de intoxicação profissional pelo chumbo (Rocha & Horta, 1987).

Com o objetivo de contribuir para o entendimento, o controle e a prevenção da exposição ao chumbo e/ou intoxicação por ele, foram realizados estudos para avaliação da exposição ocupacional, ambiental e biológica, em uma fábrica de baterias da cidade do Rio de Janeiro, cujo processo de trabalho se assemelha ao da grande maioria das indústrias típicas desse setor. Os resultados obtidos são interpretados se-

gundo os parâmetros estabelecidos pela legislação em vigor no Brasil e discutidos considerando-se os novos conhecimentos científicos apresentados na literatura.

## Material e método

Esse estudo constituiu-se de cinco etapas: 1) identificação das áreas de risco; 2) estabelecimento de uma estratégia de amostragem; 3) monitoramento individual; 4) levantamento do histórico de exposição; 5) apresentação dos resultados individual/coletivamente.

A identificação das atividades com risco de contaminação pelo chumbo foi realizada através de análise do processo de trabalho – incluindo visitas à fábrica, levantamento de informações com os trabalhadores e empresa – e da análise dos resultados de chumbo em ar (Pb-Ar) e de chumbo em sangue (Pb-S), obtidos em análises preliminares. O processo de montagem das baterias foi identificado, nessa fábrica, como a área de maior risco de exposição ao chumbo. As principais atividades relacionadas à emissão do metal sob a forma particulada (óxidos de chumbo) são o corte das placas, o empilhamento e o encaixe das mesmas. A soldagem das células (conjunto de seis placas) e dos terminais de chumbo foi identificada como a atividade em que ocorre a maior emissão de fumos metálicos. Nessa fábrica, todo o trabalho era desenvolvido em um único galpão de 210 m<sup>2</sup>, e os trabalhadores usavam máscaras com filtros de alta eficiência, luvas, botas e macacão. Exaustores foram instalados próximo à máquina de corte e às atividades de soldagem.

Este estudo foi realizado no período de abril/1995 e novembro/1995, envolvendo um total de 22 trabalhadores, porém, principalmente no setor de produção, os trabalhadores tiveram seus níveis de Pb-S monitorados desde dezembro de 1993.

Monitoramentos ambiental e biológico foram realizados no setor de montagem, tendo participado da primeira avaliação (abril/95) oito homens na faixa etária de 24-28 anos (média = 26) e com três semanas a seis anos de tempo de serviço. Da segunda avaliação (16 de novembro), participaram quatro trabalhadores, somente um deles recentemente contratado (três meses). Esses trabalhadores representavam a totalidade dos funcionários daquele setor.

A exposição dos trabalhadores ao chumbo foi avaliada por meio da amostragem de ar pessoal e pela determinação de chumbo em sangue (Pb-S). As amostras de ar foram coleta-

das por filtração, utilizando-se filtros de éster-celulose com 37 mm de diâmetro e 0,8 µm de poro, bomba de amostragem de fluxo universal (marca SKC, modelo 224-PCXR4), calibrada a um fluxo de 2,0 l/min. Os filtros eram preparados para análise, dissolvendo-os em 2 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado, por uma a duas horas, à temperatura ambiente e adicionando-se água deionizada até um volume final de 50 ml. Essa solução era diluída e analisada por espectrofotometria de absorção atômica.

As amostras de sangue foram coletadas em vacutainer heparinizado e armazenadas em freezer (-20°C) até a análise. As amostras de sangue total (S) para análise eram diluídas em solução de Triton X-100 a 0,1%, na proporção de 1:20. Os padrões de controle interno foram preparados na proporção de 1:10.

Para determinação da concentração de chumbo no ar (Pb-Ar), as curvas de calibração foram preparadas por adição de soluções-padrão sobre a matriz constituída por um filtro pré-tratado (branco), e, para as análises de sangue, as curvas foram preparadas sobre amostras com baixa concentração de chumbo (5-10 µg/dl). Todas as amostras foram analisadas por espectrofotometria de absorção atômica em forno de grafite a 283,3 nm, utilizando-se uma fenda de 0,7 nm, através de um espectrofotômetro de absorção atômica Zeeman 5100 (Perkin-Elmer), equipado com forno de grafite HGA-600. Também foram utilizados tubos recobertos piroliticamente e plataformas, bem como amostrador automático (AS-60).

## Resultados e discussão

A legislação da maior parte dos países, inclusive a do Brasil, estabelece indicadores biológicos de exposição, os quais devem ser, pelo menos teoricamente, revistos periodicamente. A discussão dos resultados desse estudo, apresentada a seguir, será baseada nos parâmetros estabelecidos na legislação brasileira, comparando-os e analisando-os em relação aos dados atualizados da literatura científica nacional e internacional, como é prática corrente do Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana (CESTEH).

### Resultados de Pb-Ar

Os resultados obtidos nas determinações das concentrações de chumbo nas amostragens pessoais são apresentados na Tabela 1. Tais resultados mostram uma variação da exposição individual associada à função de cada traba-

Tabela 1

Valores da concentração de chumbo no ar, amostragem pessoal, relacionados a função e turno de coleta, nas avaliações realizadas em 26 de abril de 1995 (primeira coleta) e 16 de novembro de 1995 (segunda coleta), no setor de montagem. Cesteh/Ensp/Fiocruz.

Identificação	Função	Tempo de amostragem (min.)		Concentração (mg/m <sup>3</sup> )		Turno da coleta
		1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	
1	Corte e arrumação	207	-	0,48	-	Manhã
#	Corte e arrumação	-	140	-	1,88	Manhã
2	Encaixe	154	-	1,25	-	Tarde
3	Empilhamento	198	140	2,40	1,41	Manhã
7	Empilhamento	156	-	1,13	-	Tarde
8	Soldagem postes	186	140	1,13	0,49	Manhã
10	Soldagem terminais	182	140	0,57	0,20	Manhã

# Trabalhador novo, substituindo os dois anteriores.

lhador e também ao deslocamento dentro da unidade de trabalho, conforme observado durante a análise do processo de trabalho.

#### Resultados de Chumbo em Sangue (Pb-S)

Os resultados da primeira avaliação de Pb-S de todos os trabalhadores (n = 22) da fábrica são apresentados na Tabela 2. Os resultados de exame subsequente realizado naqueles trabalhadores que apresentaram níveis de Pb-S acima de 40 µg/dl encontra-se também incluído na Tabela 2. Evidências científicas sustentam que, em concentrações desse nível (>40 µg/dl), podem ocorrer efeitos subclínicos nos indivíduos contaminados, sendo este o limite máximo permitível recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 1987).

Dos resultados apresentados nesta tabela, observa-se que 55% estão acima de 25 µg/dl, concentração atualmente recomendada como nível de alerta por este estar correlacionado com algumas alterações biológicas, apontando para a necessidade de monitoramento mais freqüente (Bellows & Rudolph, 1993; Maizlish & Rudolph, 1993).

Na Tabela 3, são apresentados os resultados de Pb-S dos trabalhadores monitorados desde dezembro de 1993, quando foi feito o primeiro contato com a empresa.

Os resultados da Tabela 3 mostram que as concentrações de Pb-S, na maioria dos casos, mantiveram-se constantes ou aumentaram. Mesmo os quatro trabalhadores do setor de montagem, recentemente admitidos (dois a três meses), apresentaram níveis de Pb-S na faixa entre 34,1 µg/dl a 60,6 µg/dl (valor médio de 44,0 µg/dl ± 10,6 µg/dl), tão elevados quan-

to os daqueles trabalhadores com até seis anos de tempo de serviço nesse mesmo setor.

#### Avaliação dos resultados segundo a legislação brasileira

Os resultados de Pb-Ar mostram que os níveis de exposição dos trabalhadores, em todas as atividades executadas no setor de montagem, estão acima de 0,1 mg/m<sup>3</sup> (limite de tolerância da legislação brasileira), evidenciando o elevado risco de contaminação ocupacional. Como a grande maioria dos valores medidos situou-se acima de 0,3 mg/m<sup>3</sup>, constata-se que esse ambiente de trabalho se enquadra na categoria de risco grave e iminente. Esses resultados comprovam a baixa eficiência dos exaustores, que foram instalados sem que fossem obedecidas especificações técnicas.

Os resultados de Pb-S da maioria dos trabalhadores do setor de montagem se situaram entre 40 µg/dl e 60 µg/dl, ou seja, o valor máximo do VR e o IBMP adotados pela legislação brasileira. De acordo com a NR-7, os trabalhadores não apresentariam doença ou qualquer disfunção orgânica, podendo, portanto, continuar suas atividades normalmente.

Segundo a legislação brasileira, esse ambiente de trabalho, considerando-se os níveis de Pb-Ar, seria classificado como impróprio para o trabalho, devendo ser tomadas medidas urgentes para implementação de melhorias. Entretanto, a mesma legislação diz, contraditoriamente, que, em relação aos níveis de Pb-S encontrados, esses trabalhadores podem continuar em atividade nesse mesmo ambiente, sem estabelecer-se qualquer medida de alerta.

Tabela 2

Resultados de Pb-S ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) dos trabalhadores relacionados à atividade executada, ao setor e ao tempo de trabalho.

Identificação	Setor	Função	Tempo (meses)	Pb-S	
				26/04	25/05
1	Produção e montagem	Corte e arrumação	0,75	13,8	-
2		Corte e arrumação	6	46,6	41,1
3		Empilhador*	2	46,6	46,8
4		Encaixe	1	24,6	-
5		Acabamento	6	38,4	-
6		Corte/Solda	14	-	44,9
7		Empilhador	18	60,4	43,0
8		Soldagem GLP	24	46,6	46,8
9		Montador	36	43,9	41,1
10		Solda elétrica	72	54,9	47,7
11	Administração/Gerência	Gerente produção	98	20,5	-
12	Produção e enchimento	Enchimento	0,25	13,8	-
13		Enchimento	10	35,6	-
14	Produção/Teste Geral	Teste de baterias	0,25	16,4	-
15		Limpeza	11	13,6	-
16		Controle qualidade.	48	21,9	-
17		Serviços gerais	29	54,9	-
18		Manutenção	3	82,3	67,5
19	Administração	Assistente	1	16,4	-
20		Mensageiro	6	24,6	-
21		Auxiliar	8	38,4	-
22	Comercial	Gerente de vendas	19	15,0	-

<sup>1</sup> Tempo de trabalho em dias.

\* Afastado por 1 ano do setor de montagem (corte), porém funcionário deste setor desde dezembro 1993.

Tabela 3

Resultados da determinação de Pb-S (em  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) realizada em trabalhadores de diferentes funções entre dezembro de 93 a novembro de 95.

Identificação	Função	Data da coleta						Média	Desvio
		12/93	05/94	04/95	05/95	08/95	11/95		
3	Empilhador	47	*	47	47	-	48	47	0,5
7		-	29	60	43	-	-	44	15
6	Montador	-	36	45	-	-	-	40	6
9		34	40	44	41	-	40	40	4
8	Soldador	37	46	47	47	-	50	45	5
10		40	39	55	48	-	50	46	7
#	Cortador	-	-	-	-	44	44	44	-
13	Enchimento/ Carregador	24	32	36	-	-	-	31	6
16	Controle	11	18	22	-	-	25	19	6
11	Gerente produção	13	21	20	-	-	-	18	4

\* Afastado por 1 ano, retornando em março de 1995.

# Trabalhador recentemente contratado (dois a três meses).

### Avaliação dos resultados deste estudo com base na literatura científica recente

Estudos atuais sobre limite de tolerância ambiental avaliados através dos níveis de Pb-Ar mostram que, para um valor limite de 0,1 mg/m<sup>3</sup> (o mesmo estabelecido pela legislação brasileira), 65,0% a 99,6% dos trabalhadores podem apresentar Pb-S acima de 40 µg/dl, dependendo do tamanho do material particulado presente no ambiente de trabalho. Segundo modelo adotado pela OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), que desconsidera as variações no tamanho das partículas, 83,7% dos trabalhadores podem apresentar valores de Pb-S acima de 40 µg/dl. De acordo com os mesmos modelos e considerando-se um limite de 0,05 mg/m<sup>3</sup>, a estimativa dos trabalhadores com Pb-S acima de 40 µg/dl é de 19,2% a 78,0%, ou de 50,3%, como prevê a OSHA (Froines et al., 1986).

No setor de montagem, eram realizadas atividades que resultavam na emissão de fumos e de partículas maiores, e, como não foi possível avaliar o padrão de tamanho das partículas na exposição de cada trabalhador, a estimativa obtida pelo modelo proposto pela OSHA mostrou-se a mais adequada para este estudo. Deste modo, cerca de metade dos trabalhadores pode apresentar valores de Pb-S acima de 40 µg/dl, quando os níveis de Pb-Ar não ultrapassarem o limite de 0,05 mg/m<sup>3</sup>. Segundo Froines et al. (1986), uma concentração de Pb-Ar de 0,025 mg/m<sup>3</sup> representa a média necessária para manter, pelo menos, 95% dos pontos medidos abaixo de 0,05 mg/m<sup>3</sup>. Com base nestas informações, o valor de 0,025 mg/m<sup>3</sup> parece ser o mais adequado como nível de ação, e o limite de tolerância ambiental deveria ser reduzido a 0,05 mg/m<sup>3</sup>, a fim de diminuir o percentual de trabalhadores contaminados com níveis de Pb-S acima de 40 µg/dl.

Vários estudos sobre a exposição ocupacional ao chumbo procuram correlacionar os níveis de Pb-S e de Pb-Ar. Neste estudo, os coeficientes de correlação encontrados foram baixos e alguns negativos. Os principais fatores que influenciam essa correlação são: o tamanho e a solubilidade das partículas, a taxa de ventilação pulmonar, as diferenças metabólicas individuais e, ainda, a contribuição do chumbo ósseo (Snee et al., 1985; Ulenbelt et al., 1991).

Além desses fatores, as diferenças de comportamento e de higiene entre os trabalhadores, a frequência diferenciada no uso de máscaras (Lee et al., 1993) ou de elmos com armandado, o hábito de fumar no trabalho, entre outros, promovem uma absorção diferenciada

de chumbo, que se reflete nos níveis de Pb-S, até para uma mesma concentração de Pb-Ar (Ulenbelt et al., 1990, 1991).

A correlação entre os níveis de Pb-S e Pb-Ar é melhor descrita por uma relação curvilínea, em que valores entre 0,01-0,08 µg de Pb/dl de sangue correspondem a 1µg de Pb/m<sup>3</sup> de ar (Kentner & Fischer, 1994; WHO, 1995). Considerando os resultados da amostragem pessoal da primeira avaliação obtidos nesse estudo, a inclinação da curva log Pb-S x log Pb-Ar obtida foi de 0,04, enquanto para a segunda avaliação foi de -0,048. O pequeno número de trabalhadores avaliados não permite uma avaliação definitiva destes dados. Segundo Kononen, 1989 apud Ulenbelt, 1991, atualmente há maior tendência ao decréscimo dos níveis de Pb-S do que de Pb-Ar, diminuindo, assim, a inclinação da curva. O principal fator responsável por essa diminuição é a ênfase maior dada às práticas 'seguras' de trabalho e uso de EPI do que à melhoria para controle da emissão do chumbo, o que foi observado nesse estudo.

O elevado nível de Pb-Ar e o uso descontínuo ou inadequado das máscaras, bem como as condições dos locais de trabalho observadas (altas temperaturas e ventilação imprópria), podem explicar os, ainda, altos níveis de Pb-S encontrados.

Mesmo com elevadas concentrações de Pb-Ar, os níveis de Pb-S encontrados, embora ainda altos, estão abaixo de 60 µg/dl (Tabela 2), mostrando o papel fundamental que as máscaras exercem na proteção de uma contaminação excessiva desses trabalhadores. Mesmo assim, a variação dos níveis de Pb-S dos trabalhadores desse setor apontam, com o tempo, para estabilidade, ou mesmo uma absorção contínua de chumbo (Tabela 3).

De certa forma, isso sugere um estado de 'equilíbrio'. A princípio, poder-se-ia simplesmente pensar num equilíbrio entre as taxas de absorção/eliminação. Contudo, o chumbo plasmático livre (Pb-Pl) difunde-se rapidamente para os tecidos moles e vai-se acumulando no tecido ósseo. Segundo Skerfving et al. (1993), o chumbo se liga gradualmente aos sítios das hemácias, saturando-os; assim, a proporção Pb-Pl/Pb-S aumenta com o tempo, elevando, conseqüentemente, a difusão tecidual, a concentração em tecidos-alvo e a excreção renal. Dessa forma, tem-se a formação de um platô ou um crescimento lento do Pb-S com o tempo, que dependem da intensidade e frequência da exposição. Esse platô é facilmente perceptível nos resultados das três últimas análises de Pb-S de quatro funcionários desse setor (Tabela 3).



Uma grande fração do chumbo absorvido é incorporado ao esqueleto, o qual contém mais de 90% do chumbo corpóreo, e trabalhadores expostos podem apresentar uma fração bem maior. Poucos meses após o final da exposição ao chumbo, os níveis de Pb-S indicam, principalmente, a mobilização do Pb-ósseo e o nível basal (*background*) da exposição não ocupacional. Então, dependendo da carga de chumbo ósseo, haverá uma contribuição relativa deste chumbo para o nível de Pb-S, variando, assim, o padrão de decaimento deste último, que, por exemplo, para diminuir de um valor de 60 µg/dl para 40 µg/dl, pode levar de um a vários meses ou até alguns anos (Christoffer-son et al., 1984; Schütz et al., 1987; Skerfving et al., 1993). Por isso, a interpretação de um resultado isolado de Pb-S pode significar muito pouco quando não se conhecem as condições de exposição (duração, intensidade e frequência).

Os resultados de Pb-S de três funcionários recentemente contratados (uma semana) e de funcionários da área administrativa, supostamente não expostos ocupacionalmente, situaram-se entre 13,6 µg/dl-16,4 µg/dl, valores equivalentes aos encontrados em populações não expostas ocupacionalmente. Esses dados confirmam que a exposição não ocupacional tem pouca ou nenhuma contribuição para o aumento dos níveis de Pb-S encontrados nos trabalhadores do setor de montagem (Minoia et al., 1990; Paoliello et al., 1993).

Os resultados de Pb-S (Tabela 2) mostram que os trabalhadores do setor de montagem com mais de seis meses de exposição apresentam níveis de Pb-S na faixa de 38-60 µg/dl (média = 48 µg/dl). Nessa faixa de concentração, podem ser encontradas alterações neurocomportamentais e diminuição da velocidade de condução dos nervos motores e sensitivos (Cordeiro, 1995; Cordeiro & Lima-Filho, 1995). Alguns desses efeitos neurológicos podem deixar seqüelas, e, mesmo havendo a possibilidade de reversão, a capacidade produtiva do trabalhador pode ser afetada.

Na empresa estudada, cerca de 55% dos trabalhadores apresentaram níveis de Pb-S acima de 25 µg/dl. Estudos realizados principalmente com trabalhadores de países desenvolvidos mostraram que, a partir desse valor, já pode ocorrer algum nível de efeito biológico (Skerfving, 1993; Cordeiro, 1995; Cordeiro & Lima-Filho, 1995).

A NR-7, mesmo revista em dezembro de 1994, continua desatualizada, permitindo a manutenção de trabalhadores com níveis de Pb-S acima de 25 µg/dl ainda em um setor de risco de exposição ao chumbo. Esses trabalha-

dores estão absorvendo continuamente o metal, alguns apresentando pequenas alterações nos níveis de Pb-S com o tempo, explicadas pela combinação de três fatores principais: 1) equilíbrio entre absorção/eliminação de chumbo; 2) saturação dos sítios de ligação das hemácias e 3) aumento da contribuição da carga óssea para o Pb-S. A legislação brasileira precisa incorporar os novos conhecimentos científicos sobre as relações dose/resposta, dando orientação diferenciada para grupos apresentando níveis de Pb-S e históricos de exposição diferentes, principalmente para resultados na faixa de 25-60 µg/dl, na qual observam-se efeitos subclínicos em pessoas expostas cronicamente, e para a qual a legislação não sugere qualquer medida preventiva. Como exemplo, incluir-se-iam os testes neurocomportamentais para avaliação de efeitos subclínicos e haveria a elaboração de uma estratégia de monitoramento baseada em faixas de concentração de Pb-S e de Pb-Ar, como sugerido a seguir na conclusão.

## Conclusão

A legislação brasileira precisa urgentemente ser revista em todos os aspectos – ambiental, biológico e clínico –, para que se possa garantir um efetivo controle da exposição dos trabalhadores, em níveis que não comprometam, em qualquer grau, sua saúde atual e futura.

Faz-se necessário implementar parâmetros e metodologias de avaliação dos ambientes e de saúde, bem como de fiscalização, além daqueles previstos em nossa legislação, que estejam de acordo com a realidade social, cultural e econômica do nosso País. Se há ainda algum interesse pela saúde de nossa população, especialmente daquela trabalhadora, exposta excessivamente a riscos químicos, físicos, biológicos e à carga psicossocial, deve-se investir na ampliação e sistematização da fiscalização, não simplesmente de forma punitiva, mas sobretudo proposicional, sugerindo medidas para melhoria das condições de trabalho e estabelecendo prazos para o cumprimento das mesmas.

O problema básico da contaminação observada na fábrica de baterias está na emissão e na dispersão da poeira contendo chumbo por todo o ambiente de trabalho, contaminando o ar, as superfícies (chão e bancadas), as roupas e mãos dos trabalhadores, facilitando sua absorção. Assim, a culpa pela contaminação normalmente atribuída ao trabalhador, depende, na realidade, do processo de produção, das con-

Tabela 4

Estratégia de monitoramento biológico, baseada em classes de concentração de chumbo em sangue (Pb-S), e as respectivas recomendações para cada classe de Pb-S.

Categorias por níveis de Pb-S	Recomendações
Classe 1 – Pb-S < 25 µg/dl	Exame semestral de Pb-S.
Classe 2 – 25 ≤ Pb-S < 40 µg/dl	Exame trimestral de Pb-S. Três exames consecutivos <25, exame semestral. Aplicar os testes neurocomportamentais.
Classe 3 – 40 ≤ Pb-S < 60 µg/dl	Afastar o trabalhador da exposição até que o Pb-S alcance valor <40 µg/dl. Realizar exame mensal. Três resultados nesta faixa de concentração, no período de um ano, mudar o trabalhador para um setor sem exposição. Aplicar os testes neurocomportamentais e realizar exame clínico.
Classe 4 – Pb-S > 60 µg/dl	Afastar o trabalhador do trabalho. Repetir o exame no máximo em quinze dias. Se confirmar, fazer exame médico. Fazer exame mensal de Pb-S, e, caso o mesmo não alcance valor abaixo de 40 µg/dl em seis meses, transferir o trabalhador para um ambiente sem chumbo. Avaliar clinicamente. Encaminhá-lo de acordo com quadro clínico, procurando sempre priorizar a reabilitação e adequação da atividade às possibilidades funcionais do trabalhador e, em última hipótese aposentá-lo.

dições dos locais de trabalho e da manutenção de um ambiente insalubre e inadequado.

Quanto à avaliação dos resultados dos indicadores biológicos, sugere-se que sejam utilizados valores de referência atualizados, estabelecidos em estudos nacionais e/ou internacionais, uma vez que, nos níveis de chumbo estabelecidos como IBMP, constante da legislação brasileira, e até mesmo nos valores tidos como normais, estão associadas alterações subclínicas. No Brasil, encontraram-se em estudos valores de referência para o Pb-S entre 2,54 µg/dl-15,44 µg/dl (Paoliello et al., 1993). Outros estudos apresentam concentrações entre 4,0 µg/dl-27,6 µg/dl e de 15-20 µg/dl (Apostoli & Alessio, 1992).

O caráter impositivo da legislação se torna quase um empecilho para a intervenção mais efetiva dos órgãos fiscalizadores. Uma legislação baseada em recomendações e não em normas definitivas poderia ser mais útil, pois permitiria a atualização dos parâmetros básicos mais freqüentemente e com maior agilidade. Dessa forma, sugerimos adiante, na Tabela 4, uma estratégia de monitoramento dividida por classes de concentração de Pb-S, fundamentadas nas literaturas nacional e internacional, e na legislação de países como Suécia e Estados Unidos (Skerfving et al., 1993), que estão utilizando estratégias mais rigorosas para prevenir exposições excessivas, evitando tanto os efeitos tóxicos, quanto o aumento da carga óssea de chumbo durante a vida laboral.

Em relação ao monitoramento ambiental, recomenda-se avaliação semestral para uma média de Pb-Ar <0,025 mg/m<sup>3</sup>; quando o resultado estiver acima deste índice, reavaliar o ambiente assim que forem tomadas as medidas para diminuir as emissões de chumbo. De acordo com o tipo de mudança necessária, estabelecer prazos para o cumprimento das mesmas e, caso haja recusa, chamar a fiscalização para aplicar multa.

De acordo com o observado nesse estudo, pode-se considerar que a mudança das condições de trabalho é um processo que se inicia com o gradual entendimento dos técnicos, tanto com os empresários, quanto com os trabalhadores, e se dá a partir de negociações em que estão envolvidos interesses, principalmente econômicos, de ambas as partes, no atual estágio da nossa sociedade.

Esse estudo mostrou que, ao se aplicar somente os parâmetros previstos nas NR-7 e NR-15, estamos permitindo que os trabalhadores permaneçam em ambientes insalubres, onde a exposição continuada, efeito cumulativo do Pb, vai minando lenta e silenciosamente a saúde dos trabalhadores, até sua incapacitação definitiva, não só para trabalhar, como para gozar a vida plenamente.



## Referências

- APOSTOLI, P. & ALESSIO, L., 1992. Il piombo negli anni 90: "nuove" regole per il piombo "vecchio" dei tossici ambientali? *Medicina del Lavoro*, 83:539-556.
- BELLOWS, J. & RUDOLPH, L., 1993. The initial impact of a workplace lead - poisoning prevention project. *American Journal of Public Health*, 83:406-410.
- CHRISTOFFERSON, J. K.; SCHUTZ, A.; AHLGREN, L.; HAEGER-ARONSEN, B.; MATTSSON, S. J. & SKERFVING, S., 1984. Lead in finger bone analysed *in vivo* in active and retired lead workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 6:447-457.
- CORDEIRO, R., 1988. O saturnismo em Bauru. In: *Saúde do Trabalhador* (A. L. Pimenta & D. C. Costa Filho, org.), pp. 47-83, São Paulo: Hucitec.
- CORDEIRO, R., 1995. *Quando Começa o Saturnismo?*. Tese de Doutorado, São Paulo: Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas.
- CORDEIRO, R. & LIMA-FILHO, E. C., 1995. A inadequação dos valores dos limites de tolerância biológica para a prevenção da intoxicação profissional pelo chumbo no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 11:177-186.
- FROINES, J. R.; LIU, W.-C. V.; HINDS, W. C. & WEGMAN, D. H., 1986. Effect of aerosol size on the blood lead distribution of industrial workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 9:227-237.
- KENTNER, M. J. & FISCHER, T., 1994. Lead exposure in starter battery production: investigation of the correlation between air lead and blood lead levels. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 66:223-228.
- LEE, B. K.; LEE, C. W. & AHN, K. D., 1993. The effect of respiratory protection with biological monitoring on the health management of lead workers in a storage battery industry. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 65:S 181-S184.
- LIPPMANN, M., 1990. Lead and human health: background and recent findings. *Environmental Research*, 51:1-24.
- MAIZLISH, N. & RUDOLPH, L., 1993. California adults with elevated blood lead levels, 1987 through 1990. *American Journal of Public Health*, 83:402-405.
- MANUAIS DE LEGISLAÇÃO ATLAS, 1997. *Segurança e Medicina do Trabalho*. Vol. 16, 36ª Ed. São Paulo: Atlas.
- MATTE, T. D.; FIGUEROA, J. P.; BURR, G.; FLECH; JEROME, P.; KEENLYSIDE, R. A. & BAKER, E. Z., 1989. Lead exposure among lead-acid battery workers in Jamaica. *American Journal of Industrial Medicine*, 16:167-177.
- MINOIA, C.; SABBIONI, E.; APOSTOLI, P.; PIETRA, R.; POZZOLI, L.; GALLORINI, M.; NICOLAOU, G.; ALESSIO, L. & CAPODAGLIO, E., 1990. Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European community. A study of 46 elements in urine, blood and serum of health Italian subjects. *Science of Total Environment*, 95:89-105.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), 1987. Enfermedades causadas por el plomo y sus compuestos tóxicos. In: *Detección Precoz de Enfermedades Profesionales* (OMS, org.), pp. 90-96, Ginebra: OMS.
- PAOLIELO, M. M. B.; TURINI, C. A.; GUTIERREZ, P. R.; MEZZARROBA, L.; BARBOSA, D. S.; SOUZA, J. L. K.; MANAKA, R. H.; MATSUO, T.; MARTINS, M. B. B.; FIGUEROA, G. V.; TEIXEIRA, J. S.; SIQUEIRA, A. M. M. & MELLO, S. R. B., 1993. Valores de referência para indicadores biológicos de exposição ao chumbo na população da região urbana de Londrina - PR: uma proposta metodológica. *Revista Brasileira de Toxicologia*, 6(Sup.):41.
- ROCHA, L. A. R. & HORTA, G. O., 1987. Avaliação da intoxicação profissional por chumbo em indústrias de acumuladores elétricos na Grande Belo Horizonte. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, 15:6-12.
- SCHÜTZ, A.; SKERFVING, S.; RANSTAN, J. & CHRISTOFFERSON, J. O., 1987. Kinetics of lead in blood after the end of occupational exposure. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 13:221-231.
- SKERFVING, S., 1993. Inorganic lead. In: *Criteria Documents from the Nordic Expert Group* (B. Beije & P. Lundberg, eds.), pp. 125-238, Lund: Asbete och Hälsa.
- SKERFVING, S.; NELSSON, U.; SCHÜTZ, A. J. & GERHARDSSON, Z., 1993. Biological monitoring of inorganic lead. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 19(Sup.I):59-64.
- SNEE, R. D.; BAILEY, S. P.; FELLNER, W. H. & PFEIFER, C. G., 1985. Variation in the relationship between blood lead and air lead. *Atmospheric Environmental*, 19:1.017-1.020.
- ULENBELT, P.; LUMENS, M. E. G. L.; GÉRON, H. M. A.; HERBER, R. F. M.; BROERSEN, S. & ZIELHUIS, R. L., 1990. Work hygienic behaviour as modifier of the lead air-lead blood relation. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 62:203-207.
- ULENBELT, P., LUMENS, M. E. G. L., GÉRON, H. M. A. & HERBER, R. F. M., 1991. An inverse lead air to lead blood relation: the impact of air-stream helmets. *International Archives of Occupational Environmental Health*, 63:89-95.
- WHO (World Health Organization), 1995. *Inorganic Lead Environmental Health Criteria*, 165. Geneva: WHO.