

Emissões otoacústicas - produto de distorção em indivíduos expostos ao chumbo e ao ruído

Distortion product otoacoustic emissions in workers exposed to lead & noise

*Kátia de F. Alvarenga¹, Lilian C. B. Jacob²,
Carlos Henrique F. Martins³, Orozimbo A. Costa⁴,
Carmem Z. V. Coube⁵, Jair Mendes Marques⁶*

Palavras-chave: chumbo, emissões otoacústicas, ruído, perda auditiva.
Key words: lead, otoacoustic emissions, noise, hearing loss.

Resumo / Summary

Atualmente, as legislações nacionais voltadas à saúde do trabalhador exigem que a audição seja monitorada apenas quando há exposição ocupacional ao ruído, não sendo considerada, assim, a exposição a produtos químicos. Entretanto, na literatura científica, é bastante clara a preocupação sobre os efeitos do chumbo no sistema auditivo, uma vez que foram observados efeitos negativos após a exposição ocupacional a este metal. **Objetivo:** O presente estudo teve como objetivo analisar a amplitude das emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção, em indivíduos com histórico de exposição ao chumbo e ruído. **Forma de estudo:** Coorte Transversal. **Material e método:** Foram avaliados 69 indivíduos subdivididos em 3 grupos: Grupo I (GI): composto por 29 trabalhadores expostos ao chumbo com exposição simultânea ao ruído, em seu ambiente de trabalho; Grupo II (GII): composto por 11 trabalhadores expostos ao ruído ocupacional sem exposição simultânea ou pregressa a outros agentes nocivos à audição; e Grupo III (GIII): composto por 11 indivíduos com audição normal, sem histórico de exposição ao ruído ocupacional ou de outros fatores de risco para a ocorrência de perda auditiva. **Resultado:** Os resultados obtidos não evidenciaram o efeito tóxico do chumbo nos resultados das emissões otoacústicas, visto que as menores amplitudes das EOEPD foram observadas no grupo exposto somente ao ruído, mesmo considerando que os indivíduos expostos ao chumbo com exposição simultânea ao ruído apresentavam longo período de exposição a este metal bem como ampla variação do nível de chumbo sérico.

Currently, legislations concerning worker's health only require periodic monitoring of individuals who are noise-exposed at work, and exposure to chemicals are not taken into consideration. However, the scientific literature indicates a very clear concern regarding the effects of lead on the auditory system, demonstrating that there are negative effects to the auditory system following occupational exposure to this metal. **Aim:** The aim of this study was to evaluate the amplitude of distortion product otoacoustic emissions (DPOAEs) among individuals with a history of exposure to lead and noise. **Study design:** Transversal Cohort. **Material and method:** We evaluated 69 individuals divided in 3 groups: Group I (GI): composed by 29 workers occupationally exposed to both lead and noise; Group II (GII): composed by 11 noise-exposed workers with no other exposure to ototraumatic, and Group III (GIII): composed by 11 individuals with normal hearing and no history of exposure to noise or lead. **Results:** The results showed no effect of lead exposure on the otoacoustic emission results, since the smaller EOEPD amplitudes were observed in the noise-exposed group, despite the fact that the lead and noise exposed workers had a long history of lead exposure, and a wide variability in blood lead levels.

¹ Professora Doutora do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru. Fonoaudióloga pesquisadora do Centro de Pesquisas Audiológicas do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais de Bauru, Universidade de São Paulo, campus Bauru/SP.

² Professora Doutora do Programa de Pós-Graduação – Mestrado em Distúrbios da Comunicação da Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba/PR.

³ Médico Otorrinolaringologista do Centro de Pesquisas Audiológicas do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais de Bauru, Universidade de São Paulo, campus Bauru/SP.

⁴ Médico Otorrinolaringologista, Coordenador do Centro de Pesquisas Audiológicas do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais de Bauru. Professor Livre docente do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru; Universidade de São Paulo, campus Bauru/SP.

⁵ Professora Doutora do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru. Fonoaudióloga pesquisadora do Centro de Pesquisas Audiológicas do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais de Bauru, Universidade de São Paulo, campus Bauru/SP.

⁶ Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação – Mestrado em Distúrbios da Comunicação da Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba/PR.

Endereço para Correspondência: Kátia de F. Alvarenga - Departamento de Fonoaudiologia, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo - Al. Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 Bauru SP 17012-901 - E-mail: katialv@fob.usp.br

Artigo recebido em 05 de maio de 2003. Artigo aceito em 24 de julho de 2003.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a legislação nacional voltada à saúde do trabalhador exige que a audição seja monitorada apenas quando há exposição ocupacional ao ruído, não sendo considerada assim, a exposição a produtos químicos. Entretanto, na literatura científica, é bastante clara a preocupação sobre os efeitos destes agentes tóxicos no sistema auditivo.

Considerando especificamente o chumbo, Jacob et al.¹ realizaram uma análise crítica da literatura, demonstrando evidências dos efeitos deletérios da exposição ocupacional a este metal no sistema auditivo. Entretanto, ainda existem muitos pontos obscuros, principalmente pela dificuldade em definir a relação causa-efeito, devido a variáveis comuns a trabalhadores de indústrias, como por exemplo, a exposição simultânea e/ou progressa ao ruído. Essa e outras fragilidades na metodologia empregada em diversos estudos clínicos foram anteriormente discutidas por Repko e Corum²; Cary et al.³.

Os estudos realizados em laboratório com cobaias tratadas com doses diárias de chumbo permitem o controle preciso de variáveis como tempo de exposição e nível de chumbo presente no organismo, sem exposição concomitante a outros agentes tóxicos ao sistema auditivo. Assim, estes experimentos são de extrema importância na definição do efeito real do chumbo, porém, não refletem a realidade do trabalhador que geralmente apresenta história progressa ou atual a outros agentes nocivos à audição, como por exemplo, o ruído.

Enquanto estudos histopatológicos confirmaram a ausência de lesão coclear em cobaias expostas ao chumbo, havendo o consenso quanto ao comprometimento de estruturas neurais (Gozdzik-Zolnierkiewicz e Moszynski⁴; Yamamura et al.^{5,6}; Lillenthal et al.⁷; Lasky et al.⁸), estudos clínicos desenvolvidos com trabalhadores expostos ao chumbo mostram resultados contraditórios. A correlação significativa entre o nível de chumbo no sangue e os limiares auditivos foi descrita por Repko e Corum², Otto et al.⁹, Guedes et al.¹⁰; Farahat et al.¹¹; Forst et al.¹², porém, não foi constatada por Baloh et al.¹³. Em publicação sobre programas para a prevenção da surdez¹⁴, foi relatada a ausência de interação entre o chumbo e o ruído no aparecimento de alteração no sistema auditivo, entretanto, Counter e Buchanan¹⁵ afirmaram que a exposição ao ruído ambiental é um fator determinante para a ocorrência de perda auditiva encontrada em indivíduos expostos ocupacionalmente ao chumbo.

Esses resultados contraditórios, principalmente os relativos à alteração na detecção do tom puro, parecem ser explicados pela própria ação do chumbo no sistema auditivo, ou seja, o dano auditivo causado por este metal provavelmente não se dá na cóclea, podendo ser resultado do comprometimento na condução do impulso nervoso. Essa

constatação foi apresentada por Rice¹⁶ em seus estudos com cobaias, nos quais observou que os limiares elevados apresentaram padrões desordenados de respostas, bem diferentes daqueles encontrados nas patologias cocleares causadas por agentes que danificam as células ciliadas externas do Órgão de Corti.

Os resultados de pesquisas atuais direcionam-se para o efeito neurotóxico do chumbo no sistema auditivo, demonstrado por procedimentos audiológicos que permitem uma avaliação mais precisa e segmentada deste sistema.

Neste contexto, podemos destacar a pesquisa das emissões otoacústicas, que permitem avaliar especificamente a funcionalidade das células ciliadas externas. Na área de audiologia ocupacional, o efeito do ruído sobre a cóclea já foi amplamente discutido e confirmado por meio da pesquisa das emissões otoacústicas. Por outro lado, pesquisas com chumbo e emissões otoacústicas – produto de distorção (EOEPD) em estudo experimental⁷ ou clínico (Buchanan et al.¹⁷) sugeriram pouca ou nenhuma evidência clínica ou sub-clínica de que altos níveis de chumbo no sangue têm um efeito tóxico sobre a cóclea.

A partir do interesse e envolvimento em pesquisas com essa temática, em 1998, a Universidade de São Paulo/Campus Bauru em parceria com a Universidade Tuiuti do Paraná estruturou um grupo de pesquisa cujo principal objetivo é o de investigar os efeitos do chumbo no sistema auditivo, por meio de testes comportamentais e eletrofisiológicos.

O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos da intoxicação por chumbo na cóclea por meio das emissões otoacústicas em indivíduos com histórico de exposição ao chumbo e ruído.

MATERIAL E MÉTODO

A coleta de dados do presente estudo foi realizada no Centro de Pesquisas Audiológicas do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo.

Caracterização da casuística

Participaram deste estudo 66 indivíduos subdivididos em 3 grupos:

- a) Grupo I (GI): composto por 21 trabalhadores expostos ao chumbo com exposição simultânea ao ruído, de uma fábrica de bateria;
- b) Grupo II (GII): composto por 21 trabalhadores expostos ao ruído ocupacional sem exposição simultânea ou progressa a outros agentes nocivos à audição, e
- c) Grupo III (GIII): composto por 24 indivíduos com audição normal, sem histórico de exposição ao ruído ocupacional ou de outros fatores de risco para a ocorrência de perda auditiva.

Considerando o tempo total de exposição ao ruído, por meio dos dados obtidos na anamnese, constatou-se que o GI apresentou média de exposição de 9,2 anos e o GII 10 anos, sendo que o nível de exposição atual ao ruído ocupacional foi semelhante nos grupos I e II, variando de 86 a 108 dBNPS. A média de idade do GI foi de 34,03 anos; do GII de 40 anos e do GIII de 36,05 anos.

Os trabalhadores do Grupo I apresentaram valor médio de chumbo sérico (Pbs) de 36,31 µg/dl, sendo o valor mínimo de 8,6 µg/dl e valor máximo de 80 µg/d, com tempo médio de exposição ao chumbo de 7 anos, com período variando de 11 meses a 21 anos.

Todos os indivíduos foram submetidos à avaliação otorrinolaringológica e avaliação audiológica composta de entrevista inicial, audiometria tonal limiar, logaudiometria e medida da imitância acústica (timpanometria e pesquisa do reflexo acústico) com o objetivo de caracterizar a audição dos indivíduos que fizeram parte desse estudo. Foram excluídos os indivíduos com alteração de orelha média.

Na audiometria tonal liminar (ATL), os limiares de via aérea foram pesquisados nas frequências de 0,25 a 8 KHz e de via óssea de 0,5 a 4 KHz. O equipamento utilizado foi o audiômetro da marca *Siemens* SD 50. Foi considerado 25 dBNA, o limiar aceitável como normal na área da saúde ocupacional¹⁸. A classificação da perda auditiva baseou-se na presença de uma ou mais frequências com limiar >25 dBNA. Como resultado, considerando o total de orelhas avaliadas, 48% das orelhas avaliadas do GI apresentavam perda auditiva. Já para o GII, foi observada uma porcentagem maior de alteração, totalizando 55% das orelhas avaliadas. Cabe ressaltar que este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo.

Emissões Otoacústicas Evocadas – Produto de Distorção (EOEPD)

A avaliação da amplitude das emissões otoacústicas evocadas foi realizada por meio do produto de distorção-gram (EOEPD-gram). As frequências primárias selecionadas para a avaliação foram as médias geométricas de f_1 e f_2 em torno de 1,2,3,4 e 6 KHz (Quadro 1), a proporção $f_2/f_1 = 1,22$ e o estímulo sonoro médio ($L1 = L2$) de 70 dB NPS. O exame foi realizado em passos de 3 pontos/oitava. Foi utilizado o equipamento Analisador de Produto de Distorção *ILO92DP and Transient OAE Analysis (Otdynamics Ltda.)*.

Análise Estatística

Foi realizada a análise descritiva e comparativa da amplitude das EOEPD entre os 3 grupos avaliados por meio do teste *t de Student*, teste de Variância e Tukey, considerando o número total de orelhas avaliadas em cada grupo.

RESULTADOS

A Tabela 1 e o Gráfico 1 apresentam a estatística descritiva considerando a amplitude das EOEPD, no total de orelhas para cada grupo avaliado. Na Tabela 2 encontra-se a análise estatística comparativa da amplitude das EOEPD entre os grupos I, II e III.

Semelhante análise foi realizada considerando apenas as orelhas sem perda auditiva constatada na audiometria tonal liminar, nos grupos I e II. A Tabela 3 e o Gráfico 2 apresentam a estatística descritiva considerando a amplitude das EOEPD, nas orelhas sem perda auditiva para os grupos I e II. Na Tabela 4 encontra-se a análise estatística comparativa da amplitude das EOEPD obtida nas orelhas sem perda auditiva, nos grupos I, II e III.

DISCUSSÃO

Na literatura específica é evidente a preocupação com o efeito do chumbo no sistema auditivo, sendo que vários estudos têm sido desenvolvidos de forma experimental ou em seres humanos. Inicialmente, as pesquisas realizadas com trabalhadores expostos ao chumbo atribuíam a alteração na detecção do tom puro constatada na audiometria tonal limiar ao efeito tóxico desse metal na cóclea^{2,9-12}. Entretanto, outros estudos, principalmente com cobaias, não confirmavam esses achados^{1,4-8}.

Apesar do avanço tecnológico na área da audiologia ter disponibilizado novos equipamentos que permitem avaliar estruturas específicas do sistema auditivo, o efeito do chumbo sobre o mesmo ainda é bastante discutido, principalmente na definição das estruturas que são lesadas devido à exposição a esse metal.

No presente estudo, considerando o número total de orelhas avaliadas, foi encontrada amplitude média das EOEPD no grupo I de 2,51 dBNPS, 3,77 dBNPS, -1,62 dBNPS, 1,75 dBNPS e 1.50 dBNPS, nas frequências de 1, 2, 3, 4 e 6 KHz respectivamente (Tabela 1 e Gráfico 1). Já para o grupo II os valores foram de 4,63 dBNPS, 1,71 dBNPS, 0.16 dBNPS, -1.34 dBNPS e -3,74 dBNPS, respectivamente (Tabela 1 e Gráfico 1). Assim foi possível constatar que a amplitude das

Quadro 1. Frequências primárias f_1 e f_2 e relação matemática de $2f_1 - f_2$

FREQUÊNCIAS AUDIOMÉTRICAS (kHz)	Frequências das emissões otoacústicas evocadas - produto de distorção (Hz)		
	f_1	f_2	$2f_1 - f_2$
1	818	1001	635
2	1636	2002	1270
3	2600	3174	2026
4	3284	4004	2564
6	5200	6348	4052

Tabela 1. Estatística descritiva considerando a amplitude das emissões otoacústicas evocadas - produto de distorção, no total de orelhas avaliadas nos grupos I, II e III.

AMPLITUDE DAS EMISSÕES OTOACÚSTICAS POR PRODUTO DE DISTORÇÃO						
FREQÜÊNCIA(kHz)	GI (n= 42)		GII (n=42)		GIII (n=48)	
	X	DP	X	DP	X	DP
1	2,51	9,33	4,63	8,12	6,23	5,91
2	3,77	7,02	1,71	8,68	7,24	6,04
3	-1,62	9,04	0,16	7,19	5,74	6,33
4	1,75	7,53	-1,34	10,28	8,68	6,19
6	1,50	9,27	-3,74	8,92	13,48	7,78

n = número de orelhas

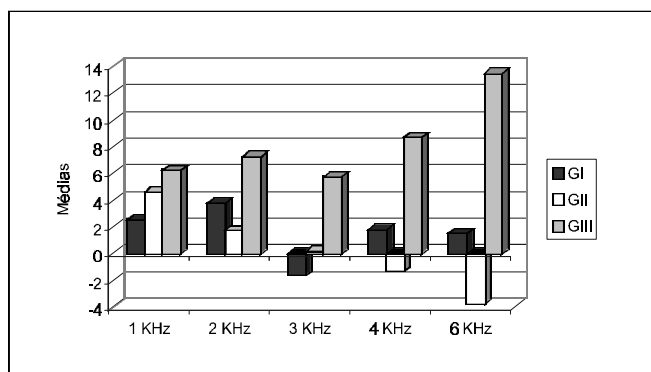


Gráfico 1 – Média da amplitude das emissões otoacústicas evocadas - produto de distorção nas freqüências avaliadas, para os grupos I, II e III.

Tabela 2. Comparação da amplitude das emissões otoacústicas evocadas - produto de distorção entre os grupos I, II e III.

FREQÜÊNCIA (kHz)	TESTE DE VARIÂNCIA		p (Método de Tukey)		
	F	p	GI x GII	GI x GIII	GII x GIII
1	2,52191	0,084259	-	-	-
2	6,67164	0,001749*	p ³ 0,05	p ³ 0,05	p < 0,05*
3	11,80951	0,000020*	p ³ 0,05	p < 0,05*	p < 0,05*
4	18,23595	0,000000*	p ³ 0,05	p < 0,05*	p < 0,05*
6	47,40986	0,000000*	p < 0,05*	p < 0,05*	p < 0,05*

* Diferenças significativas ao nível de significância p < 0,05 (5%).

EOEPD foi menor nas freqüências de 2, 4 e 6 kHz no grupo exposto apenas ao ruído (GII) quando comparado aos indivíduos com exposição simultânea ao ruído e chumbo (GI), com diferença significativa na freqüência de 6 kHz (Tabela 2). Este achado está condizente com a ATL, visto que o grupo exposto apenas ao ruído apresentou maior ocorrência de perda auditiva (55% do total de orelhas no GII comparada a 48% no GI) e conseqüentemente menor amplitude das EOEPD. Provavelmente, diferenças na exposição ao ruído prévia a realização deste estudo justifiquem este achado, sendo esta uma variável comum ao estudarmos a audição de trabalhadores de indústrias, porém de difícil controle¹⁻³. A importância de considerarmos o ruído na análise da perda auditiva encontrada em trabalhadores expostos ao chumbo já foi anteriormente descrita⁴.

Considerando o GIII, a amplitude média das EOEPD foi de 6,23 dBNPS, 7,24 dBNPS, 5,74 dBNPS, 8,68 dBNPS e 13,48 dBNPS para as freqüências de 1, 2, 3, 4 e 6 KHz respectivamente (Tabela 1 e Gráfico 1). É possível observar que as amplitudes médias das EOEPD nos grupos I e II são menores que as observadas para o GIII que não apresenta histórico de exposição ao ruído e/ou chumbo ocupacional, com diferença estatisticamente significativa para todas as freqüências testadas com exceção da freqüência de 1 KHz nos dois grupos e 2 kHz para o GI (Tabela 2).

Os achados descritos acima demonstram que o mecanismo de amplificação coclear das células ciliadas externas do Órgão de Corti está alterado nos dois grupos com histórico de exposição ao ruído e/ou chumbo. Entretanto, não ficou evidenciado o efeito tóxico do chumbo na cóclea, visto que as menores amplitudes das EOEPD foram observadas no grupo exposto somente ao ruído, mesmo considerando que os indivíduos apresentavam longo período de exposição ao chumbo (variando de 11 meses a 21 anos, com média de 7 anos) bem como ampla variação do nível de chumbo sérico, de 8,6 µg/dl a 80 µg/d, com valor médio de 36,31 µg/dl. Resultados semelhantes foram descritos em estudos anteriores^{8,15} reforçando a hipótese que a amplitude diminuída das EOEPD na população exposta ao chumbo está provavelmente relacionada à exposição simultânea ao ruído.

Levando-se em consideração apenas as orelhas do GI e II que apresentaram ATL normal, as amplitudes médias das EOEPD nos grupos I e II, respectivamente, foram de 5,26 dBNPS e 6,51 dBNPS, na freqüência de 1 KHz; 6,67 dBNPS e 4,13 dBNPS, na freqüência de 2 KHz; 1,85 dBNPS e 3,13 dBNPS, na freqüência de 3 KHz; 3,91 dBNPS e 2,76 dBNPS na freqüência de 4 KHz, e, 5,36 dBNPS e -2,26 na freqüência de 6 KHz (Tabela 3 e Gráfico 2).

Na Tabela 4 encontra-se a análise comparativa da amplitude das EOEPD dos grupos I e II sem perda auditiva

Tabela 3. Estatística descritiva considerando a amplitude das emissões otoacústicas evocadas - produto de distorção (dBNPS), nas orelhas sem perda auditiva nos grupos I, II e III.

AMPLITUDE DAS EMISSÕES OTOACÚSTICAS POR PRODUTO DE DISTORÇÃO				
FREQÜÊNCIA(kHz)	GI (n= 22)		GII (n=19)	
	X	DP	X	DP
1	5,26	7,18	6,51	7,14
2	6,67	6,45	4,13	8,88
3	1,85	7,72	3,13	6,64
4	3,91	5,65	2,76	8,78
6	5,36	6,87	-2,26	8,50

n = número de orelhas

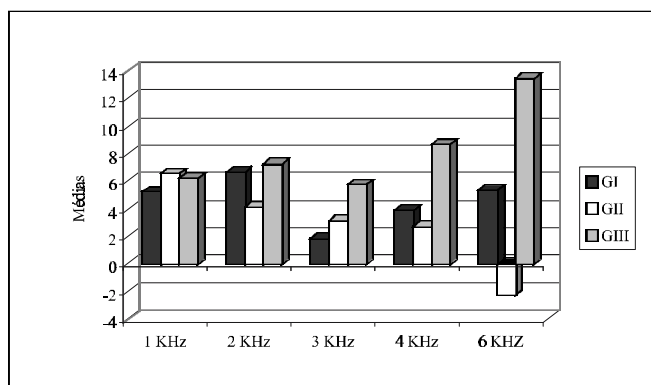


Gráfico 2. Amplitude média das emissões otoacústicas evocadas - produto de distorção nas frequências avaliadas, considerando as orelhas sem perda auditiva nos grupos I e II e as orelhas do grupo III.

Tabela 4. Comparação da amplitude das emissões otoacústicas evocadas - produto de distorção entre os grupos I e II, considerando as orelhas sem perda auditiva, e as orelhas do grupo III.

FREQÜÊNCIA (kHz)	ANÁLISE DE VARIÂNCIA		p (Método de Tukey)		
	F	p	GI x GII	GI x GIII	GII x GIII
1	0,22853	0,796186	-	-	-
2	1,42687	0,245685	-	-	-
3	2,81575	0,065390	-	-	-
4	7,07591	0,001429*	p ³ 0,05	p ³ 0,05	P<0,05*
6	30,01897	0,000000*	P<0,05*	P<0,05*	P<0,05*

* Diferenças significativas ao nível de significância p < 0,05 (5%).

com o GIII, que demonstrou diferença estatisticamente significativa para a frequência de 6 kHz quando comparado os grupos I e III, e, 4 e 6 kHz quando comparado os indivíduos do GII com os indivíduos normais (GIII). Com relação aos GI e GII, manteve-se a diferença estatisticamente significativa quando analisado a frequência de 6 kHz como observado anteriormente. Estes dados nos mostraram que a pesquisa das emissões otoacústicas é um teste capaz de evidenciar alteração na funcionalidade de células ciliadas externas pela exposição ao ruído, antes mesmo de haver modificação na acuidade auditiva, limiares ≤ 25 dB¹⁷.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo permitiram concluir:

- a amplitude das emissões otoacústicas – produto de distorção foi menor nos grupos de indivíduos expostos ao ruído e ao ruído e chumbo simultaneamente, quando comparado com indivíduos sem exposição a estes agentes;
- a pesquisa das emissões otoacústicas pode estar alterada nos indivíduos expostos ao ruído e ao ruído e chumbo simultaneamente, mesmo com os limiares auditivos em 25 dB, propostos como padrão de normalidade para trabalhadores de indústrias, e,

- não ficou evidenciado o efeito tóxico do chumbo na cóclea, visto que as menores amplitudes das emissões otoacústicas – produto de distorção foram observadas no grupo exposto somente ao ruído, mesmo considerando que os indivíduos apresentavam longo período de exposição ao chumbo, bem como a ampla variação do nível de chumbo sérico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jacob LCB, Alvarenga KF, Morata, TC. Os efeitos da exposição ocupacional ao chumbo sobre o sistema auditivo: uma revisão da literatura. Rev Bras Otorrinolaringol 2002; 68:564-9.
2. Repko JD, Corum CR. Critical review and evaluation of the neurological and behavioral sequelae of inorganic lead absorption. CRC Crit Ver Toxicol 1979; 6:135-87.
3. Cary R, Clarke S, Delic, J. Effects of combined exposure to noise and toxic substances – critical review of the literature. Ann Occup Hyg 1997; 41:455-65.
4. Gozdziak-Zolnierkiewicz T, Moszynski B. Eight nerve in experimental lead poisoning. Acta Otolaryngol 1969; 68:85-9.
5. Yamamura K, Kishi R, Maehara N, Sadamoto T, Uchino E. An experimental study of the effects of lead acetate on hearing: cochlear microphonics and action potential of the guinea pig. Toxicol Lett 1984; 21:41-7.
6. Yamamura K, Terayama K, Yamamoto N, Kohyama A, Kishi R. Effects of acute lead acetate exposure on adult guinea pigs: electrophysiological study of the inner ear. Fundam Appl Toxicol 1989; 13:509-15.

-
7. Lilienthal H, Winneke G, Ewert T. Effects of lead on neurophysiological and performance measures: animal and human data. *Environ Health Perspect* 1990; 89:21-5.
 8. Lasky RE, Maier MM, Snodgrass EB, Hecox KE, Laughlin NK. The effects of lead on otoacoustic emissions and auditory-evoked potentials in monkeys. *Neurotoxicol Teratol* 1995; 17:633-44.
 9. Otto D, Robinson G, Baumann S, Schroeder S, Mushak P, Kleinbaum D, Boone L. 5-year follow-up study of children with low-to-moderate lead absorption: electrophysiological evaluation. *Environ Res* 1985; 38:168-86.
 10. Guedes LA, Nassar BV, Rizo LW. A ototoxicidade dos agentes químicos e sua influência na audição do trabalhador. *Rev Bras Otorrinolaringol* 1988; 54(1):21-4.
 11. Farahat TM, Abdel-Rasoul GM, El-Assy AR, Kandil SH, Kabil MK. Hearing thresholds of workers in a printing facility. *Environ Res* 1997; 73:189-92.
 12. Forst LS, Freels S, Persky V. Occupational lead exposure and hearing loss. *J Occup Environ Med* 1997; 39:658-60.
 13. Baloh RW, Spivey GH, Brown CP, Morgan D, Campion DS, Browdy BL, Valentine JL, Gonick HC, Massey F J, Culver BD. Subclinical effects of chronic increased lead absorption – a prospective study. II. Results of baseline neurologic testing. *J Occup Med* 1979; 21:490-6.
 14. WHO – PDH. Report of the first informal consultation on future programme developments for the prevention of deafness and hearing impairment. World Health Organization, Geneva, p.23-4, 1997.
 15. Counter SA, Buchanan LH. Neuro-ototoxicity in andean adults with chronic lead and noise exposure. *J Occup Environ Med* 2002; 44:30-8.
 16. Rice DC. Effects of lifetime lead exposure in monkeys on detection of pure tones. *Fundam Appl Toxicol* 1997; 36:112-8.
 17. Buchanan LH, Counter SA, Ortega F, Laurell, G. Distortion product oto-acoustic emissions in Andean children and adults with chronic lead intoxication. *Acta Otolaryngol* 1999; 119:652-8.
 18. Nudelmann, AA, Costa EA, Seligman J, Ibañez RN. Atualização sobre os documentos do Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva. In Nudelmann, AA, Costa EA, Seligman J, Ibañez RN. PAIR – Perda Auditiva Induzida Por Ruído. Rio de Janeiro: Ed Revinter, Vol II; 2001. 241p.

ANEXO – Amplitude das EOEPD nos três grupos avaliados

Orelha	Perda auditiva	Grupo	Amplitude EOEPD				
			1kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	6kHz
1	1	I	-4,5	7,5	4,5	3,13	-4,5
2	1	I	13,5	14,5	9,5	12,5	8
3	1	I	1,5	7,38	-7,38	-1,75	7,5
4	1	I	10,5	7,38	2,25	2,25	12
5	2	I	-0,5	-1,25	-11	-9,75	-14
6	2	I	-14,5	-1,5	-11,5	-12,75	-5
7	1	I	6,5	8	10	12	16,5
8	2	I	-8,38	2	1,5	0,5	-6,75
9	1	I	7	1,75	0	8,5	5
10	1	I	9	14	4	13,88	-12
11	1	I	14	8,5	7,88	9,88	0
12	1	I	11,25	-1,5	-5,75	3,5	-4,5
13	1	I	9	12,63	0	0,75	1
14	2	I	15,13	-7,63	-2	6,5	-8,25
15	1	I	8,5	12,13	16,5	12	13
16	2	I	7,25	1,5	-8,25	0,38	12,5
17	2	I	-4,5	-9,63	-13,5	-18,5	-20
18	1	I	10	10,75	-3	1,25	13
19	1	I	-0,63	-1	-3,5	-2	-5
20	1	I	5,13	10,13	1,13	7	14
21	2	I	-0,5	0	-20	-3	-1,5
22	1	I	-14,13	7,5	-4,5	4	-4,5
23	1	I	-2,5	4,88	-3,5	4	-0,38
24	1	I	10,63	4,5	3,25	3	6,88
25	2	I	14,88	12	7,13	9	-1,5
26	2	I	-2,5	-1,13	-10	0	8
27	2	I	3,5	3,13	-2,5	-1	-12,13
28	2	I	13,5	-0,25	10	19	13
29	2	I	11,63	5,5	-17,5	-7	-13
30	1	I	1	11,88	7,75	8,38	11
31	1	I	6	11	8,25	8,5	5,5
32	1	I	-2,5	8	-1,5	-5	6,5
33	1	I	9,25	3,25	-4,25	-3,5	11,5
34	2	I	-5,63	-16,13	-19,5	-12,5	-20
35	2	I	-15	-1,63	0	-10	-4,5
36	1	I	7	6,5	7,5	11	15,5
37	1	I	-4	-14,38	10	5	2
38	1	I	8,5	6	8,5	10	7,38
39	1	I	7,5	11	13,5	14	-7,38
40	1	I	8,25	-4,75	3,75	-8	-8
41	1	I	13	3,5	-2,5	3,5	0,5
42	1	I	6,88	13	8,88	10	3
43	2	I	-13,5	0,5	-14,38	-9	-10
44	1	I	13,25	21,13	19,5	17	19,25
45	2	I	8,13	4,63	-8,25	6	6
46	2	I	10	3,5	-8	-6	7
47	1	I	10,63	4	-9	-2,88	10
48	1	I	1	-1	-2	6,25	-4
49	1	I	8	8	0,5	4,5	9
50	2	I	-2	0	-7	0,13	4
51	2	I	7,5	10,63	4,5	5,63	-3,63
52	1	I	-3	-2,5	-5	-2,5	-5,5
53	1	I	10,63	8,5	10	6,13	9,63
54	1	I	13,5	11,5	8	7,5	10,13
55	2	I	-2	-7,13	-6	1	-3,13
56	2	I	-13,5	0,5	-2,5	-8,63	-10,63
57	2	I	16,63	8	8,5	13	15,5
58	1	I	11,63	-7,5	-2,5	6	3,5

Continua

Orelha	Perda auditiva	Grupo	Amplitude EOEPD				
			1kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	6kHz
1	1	II	0,38	-9,38	-4	-5,5	-9,88
2	2	II	-1,75	1,25	-9	-7,13	-2,75
3	1	II	3,5	-14,25	-6	-18,25	-20
4	2	II	18,75	5,5	5,75	5,25	-0,13
5	2	II	-4,38	5,38	-0,13	-3,5	-3,5
6	2	II	4,13	1	3,5	4,5	-8
7	2	II	11,25	11,25	5	3,5	7,25
8	2	II	-1,5	-9,88	-9,88	-9,88	-9,88
9	1	II	11	5,88	2	-0,5	-9,88
10	1	II	4,13	-3	-3,5	4,13	4,5
11	1	II	-7,38	-1,5	-1	-8	-10
12	2	II	-9,88	-9,88	-9,88	-9,88	-9,88
13	2	II	-4,5	3	-0,13	-5,5	-3,88
14	2	II	4,25	0,88	2	0,5	-9,88
15	2	II	16	10	3,25	11,25	6,38
16	2	II	-4,63	3,5	0,5	-1,5	1,88
17	1	II	14,63	7,38	6,5	7,5	4
18	2	II	9,5	12	8	11,25	2
19	2	II	0,5	-9,88	-9,88	-9,88	-9,88
20	1	II	13	7,13	1	-3,88	-9,88
21	1	II	5,5	7,5	-1,63	3,75	-1,38
22	1	II	-8	-5,5	0,5	-1,5	-9,88
1	1	III	14,4	8	9,2	8,2	15
2	1	III	11,9	5,6	1,5	3	5
3	1	III	4,2	13,1	12,8	14,1	-5
4	1	III	9,9	11,7	2,6	6,4	0
5	1	III	6	0,1	4,4	1,5	-5
6	1	III	9,1	14	13,3	7,6	10
7	1	III	11,2	14,9	10,4	10,3	15
8	1	III	13,2	5,2	8,7	12,1	-5
9	1	III	5,7	12	7	11	0
10	1	III	10,2	7,3	9,7	8,3	0
11	1	III	11,2	7,9	2,3	6,2	15
12	1	III	11,6	4,4	4,4	10,9	5
13	1	III	9,8	5,6	6,5	8,1	-5
14	1	III	13,7	14,1	13,7	19,3	5
15	1	III	-5,8	0,3	3,6	1,8	0
16	1	III	-10,8	7,4	5,6	7,8	0
17	1	III	14,1	14,8	13,9	15,4	15
18	1	III	8,3	3,9	2,6	10,7	5
19	1	III	8,1	12,3	-0,4	4,6	20
20	1	III	17,2	13,2	4,8	8,3	5
21	1	III	5,6	17,5	0,3	6,7	15
22	1	III	-0,6	2,7	12,7	12,7	20
23	1	III	0,7	-0,5	8,6	11,6	15
24	1	III	14,9	8,7	6,8	12,3	15
25	1	III	10,3	14,3	7	9,8	15
26	1	III	12,8	7,8	4	6,2	5
27	1	III	6,2	4,8	5	17,4	10
28	1	III	-1,7	4,8	8,7	10,3	5
29	1	III	5,1	10,7	10,2	12,3	5
30	1	III	5,4	7,3	9,4	10,2	20
31	1	III	7,7	6,4	4,8	5,7	5
32	1	III	2,8	1,6	4,9	-1,3	5
33	1	III	8,9	12,6	12,3	16	-5
34	1	III	13,5	13,6	3	4,6	10
35	1	III	13,8	-2,2	0,9	5,4	15
36	1	III	-10,4	12,2	11,4	0,8	10
37	1	III	-2,9	4,4	5,4	9,6	5
38	1	III	-3,2	9,3	5,3	8	5
39	1	III	10,7	14,3	6,9	13,4	5

Continua

Orelha	Perda auditiva	Grupo	Amplitude EOEPD				
			1kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	6kHz
40	1	III	9,7	11,7	6,5	14,9	15
41	1	III	13,6	9,4	8,3	10	0
42	1	III	6,5	17,9	3,3	10,9	0
43	1	III	8,4	9,3	9,8	13,9	20
44	1	III	8,4	4,9	12,5	11,2	5
45	1	III	11,2	6,4	6,5	1,3	10
46	1	III	3,3	11,1	10,6	11,1	5
47	1	III	7,5	6,7	6,5	2,7	5
48	1	III	8,5	9	0,9	0,3	0
49	1	III	8,4	4,8	-6,9	3,4	5
50	1	III	3,6	-5,9	2,6	-1,3	15
51	1	III	2,1	21,7	-6,7	5,6	0
52	1	III	22,1	20,1	10,2	13,4	10
53	1	III	19,9	8,8	7,8	11,8	10
54	1	III	14,3	1,3	10,5	5,5	5
55	1	III	10,3	9,4	-1,4	0,6	5
56	1	III	13,8	5,1	7,7	6,6	-10
57	1	III	9,7	-2,9	6	7,7	0
58	1	III	0,4	15,1	2,5	6,8	0

Legenda: 1 – ausência de perda auditiva; 2 – presença de perda auditiva; EOEPD – emissões otoacústicas evocadas – produto de distorção