

ACÚSTICA & VIBRAÇÕES

Número 12

Junho 1993



OS EFEITOS NOCIVOS DA COMBINAÇÃO RUÍDO + TOLUENO

- ★ **INFEÇÃO AUDITIVA COM O USO DO PROTETOR**
- ★ **ABSORÇÃO ACÚSTICA DOS MATERIAIS NACIONAIS**
- ★ **SIMPÓSIO BRASIL-ARGENTINA: FLORIANÓPOLIS/94**

SOBRAC - Sociedade Brasileira de Acústica

DIRETORIA

- Presidente.....Mário C. Pimentel - (SP)
V.Presidente.....Eduardo Giampaoli - (SP)
1º Secretário....Roberto A. Tenenbaum - (RJ)
2º Secretário....Elizabeth R.C. Marques - (SC)
1º Tesoureiro....Benedito de Oliveira - (SP)
2º Tesoureiro....Elvira B. Viveiros - (SC)

Endereço: Rua Das Alfazemas, 31 - Vila Alpina
03204-020 - São Paulo - SP
Fone: (011)917-1166 / Fax:917-1966 / Telex:62013

CONSELHO

Honório Cavicchioli Lucatto, Jules G. Slama, Moysés Zindeluk, Samir N.Y. Gerges, Sylvio R. Bistafa, Ulf H. Mondl, Manoel Marteleto, Carlos Moacir Grandi e Paulo Dias de Campos.

COORDENADORIA REGIONAL-SUL

Samir N.Y. Gerges.....(SC)
Jorge L.P. dos Santos....(RS)
Miriam J. Barbosa.....(PR)
Roberto M. Heidrich.....(SC)
Ulf H. Mondl.....(SC)

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Depto Eng. Mecânica / Lab. Vibrações e Acústica
C.P.476 - cep.88049 - Florianópolis - SC
Fone: (0482) 31-9227 ou 34-4074 / Fax: 341519

COORDENADORIA do RIO DE JANEIRO

Manoel Marteleto(RJ)

Instituto de Pesquisa da Marinha
Rua Ipira, S/No.
Ilha do Governador
21931 - Rio de Janeiro - RJ

Í N D I C E

- **Efeitos da Exposição Simultanea a Ruído e Tolueno sobre a Audição e o Equilíbrio de Trabalhadores.**
Thais C. Morata pag.02
- **Infecção Auditiva e o Uso do Protetor Auditivo.**
Elliott H. Berger pag.17
- **Os Efeitos do Ruído na Audição.**
Cristiane E. Mayrink pag.30
- **Absorção Acústica de Materiais de Acabamento e Construção.**
Lourdes Z. Rosa pag.44
- **Modelagem do Aparelho Fonador para Síntese Digital e suas aplicações na música.**
Eduardo R. Miranda pag.60
- **NOTÍCIAS** pag.78
- **II Simpósio Brasileiro de Acústica Veicular**
II SIBRAV pag.81

Revista da SOBRAC - ACÚSTICA & VIBRAÇÕES
Publicada pela
SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA

Comitê Editorial:
Samir N.Y. Gerges, Roberto M. Heidrich.

Planejamento Gráfico:
Sineide S. Steinbach

Apenas matérias não assinadas, são de responsabilidade da Diretoria. Matérias, notícias e informações para publicação na Revista da Sobrac, podem ser enviadas para Prof. Samir N.Y. Gerges, no endereço da Regional-Sul da SOBRAC.

Efeitos da Exposição Simultânea a Ruído e Tolueno sobre a Adição e o Equilíbrio de Trabalhadores

Thais C. Morata, Ph.D., Derek E. Dunn, Ph.D. e Laura W. Kretschmer, Ed.D. (1)
Grace K. Lemasters, Ph.D. (2)
Ubiratan de Paula Santos (3)

- (1) Department of Communication Sciences and Disorders
University of Cincinnati, ML 379 / Cincinnati, OH 45221 - EUA
- (2) Department of Environmental Health
University of Cincinnati, ML 182 / Cincinnati, OH 45267 - EUA
- (3) Programa de Saúde do Trabalho da Zona Norte de São Paulo
Complexo Hospitalar do Mandaqui
Av. Voluntários da Pátria, 4301 / cep.02401 - São Paulo - SP

Parte deste artigo foi publicado em: Fechter, L.D. (ed.) Proceedings of the Fourth International Conference on the Combined Environmental Factors, The Johns Hopkins University, Baltimore, 1991.

* O endereço atual da primeira autora:

Programa de Estudos Pós-Graduados em Distúrbios da Comunicação
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Rua Monte Alegre, 984 cep.05014 - São Paulo - SP

RESUMO

O objetivo desta investigação transversal foi o de estudar os efeitos da exposição simultânea e ruído e Tolueno sobre a audição e equilíbrio de trabalhadores. O estudo foi conduzido através de entrevistas e testes de audição e equilíbrio aplicados em três grupos de trabalhadores de uma indústria gráfica da cidade de São Paulo (n=151). A audição e o equilíbrio de um grupo de impressores do setor de rotogravura expostos simultaneamente a ruído (85-94 dBA) e Tolueno (78-390 ppm) foram comparados com um grupo de impressores expostos exclusivamente a

ruído (87-93 dBA) e a um terceiro grupo não exposto nem a ruído (63-75 dBA), nem a Tolueno. A porcentagem da perda auditiva observada no grupo exposto aos dois agentes foi significativamente maior que nos dois outros grupos. Além disso, as medidas do reflexo do músculo estapedio sugeriram que as perdas auditivas encontradas neste grupo foram significativamente diferentes das do grupo exposto a ruído no que se refere a provável localização da lesão. A porcentagem de falhas na triagem de equilíbrio foi significativamente maior no grupo de trabalhadores expostos a ambos agentes do que nos demais grupos. Os resultados dessa investigação sugerem que a exposição a altas concentrações de Tolueno num ambiente ruidoso podem aumentar de maneira significativa o risco de adquirir uma deficiência auditiva ocupacional, e que o ruído elevado não pode mais ser considerado como a única ameaça a audição dos trabalhadores.

ABSTRACT

The aim of this cross-sectional study was to explore the effects of simultaneous exposure to noise and toluene on workers' hearing and balance. The study was conducted by interviews and by audiologic and balance tests on three groups of male workers in a rotogravure printing industry in the city of São Paulo, Brazil (n=151). The hearing and functions of the group of rotogravure printers exposed simultaneously to noise (85-94 dBA) and toluene (78-390 ppm) were compared with a group of printers exposed to noise alone (87-93) dBA) and a group exposed to neither noise (63-75 dBA) nor toluene. The percentage of hearing loss observed in the group exposed to both agents was significantly greater than in the other two groups. Furthermore, the acoustic reflex measurements suggested that the hearing losses found in this group were significantly different than those observed in the noise-exposed group. The percentage of workers exposed to both agents who failed in the balance screening was also significantly higher than in the two comparison groups. The results of this investigation suggest that exposure to high concentrations of toluene in a noisy environment may greatly increase the risk of developing an occupational hearing loss, and that high levels of noise cannot be considered as the only threat to workers' hearing.

1 Introdução

Uma estratégia comumente utilizada no estudo de riscos ocupacionais é a de se isolar e controlar um único parametro para se determinar um efeito. Esta estratégia resulta em agentes sendo estudados como se ocorressem de forma isolada no ambiente de trabalho. Entretanto, observa-se, nos ambientes de trabalho, uma combinação de numeros agentes químicos e físicos que é potencialmente agressiva a saúde. Ruído e solventes são exemplos de exposições indesejáveis que, com frequência, ocorrem simultaneamente no ambiente de trabalho.

O objetivo do presente artigo é o de apresentar nossos achados sobre a audição e equilibrio de trabalhadores: 1) não expostos a ruído ou Tolueno, 2) expostos a ruído e 3) expostos a ruído e Tolueno.

2 Exposição Ocupacional a Ruído e Tolueno

Barregard e Axelsson, em 1984, foram os primeiros a sugerir a possibilidade de uma interação ototraumatica entre ruído e solvente orgânicos, após terem observado que a incidência de perdas auditivas neurosensoriais era mais elevada que a esperada em trabalhadores expostos a solventes. Eles comentaram que os solventes orgânicos tem reconhecidos propriedades neurotóxicas, que podem causar disfunções no sistema nervoso central e/ou periférico em trabalhadores expostos. Portanto, segundo Barregard e Axelsson (1984), seria biologicamente plausível que os solventes pudessem afetar as células sensoriais e os terminais nervosos da cóclea, e mesmo estruturas retrococleares. Odkvist e col. (1987) examinaram trabalhadores expostos a misturas de solventes aromáticos e alifáticos e encontraram escores mais baixos que os esperados em provas de audiometria de fala distorcida quando comparados a seus limiares tonais. Nos testes de equilibrio também foi observada uma performance alterada.

Grande parte das informações hoje disponíveis sobre os efeitos do Tolueno sobre a audição e o equilibrio vem de estudos de caso sobre pessoas que inalavam voluntariamente o solvente (Grabski, 1962; Knox and Nelson, 1966; Boor e col., 1977; Sasa e col., 1978; Keane, 1978; Malm e col., 1980; Takeushi e col., 1981; Metrick e Brenner, 1982; Fornazzari e col., 1983; Lazar e col., 1983; Ehyai e Freemon, 1983) e de pesquisa

feita com animais (Rebert e col., 1983; Tham e col., 1982; Larsby e col., 1986 Pryor e col., 1984a, 1984b, 1986; Johnson e col., 1988; Sullivan e col., 1989). Esses estudos provem evidências de que uma exposição excessiva a Tolueno, por qualquer via de administração (oral, inalação ou subcutânea) pode ser acentuar uma perda auditiva; e ainda, em animais, o Tolueno interagiu sinergisticamente com a exposição a ruído. Além disso, há indicações na literatura de que a exposição a Tolueno esta ligada a distúrbios de equilíbrio.

Embora a exposição a Tolueno seja muito comum e diversificada, ela geralmente ocorre combinada com outros produtos químicos. São raras as situações que encontramos uma exposição a este único agente químico. Um dos poucos ramos industriais nos quais observamos a exposição ocupacional a Tolueno praticamente puro (7 a 99%) é o da impressão por rotogravura, aonde encontram-se níveis de várias centenas de partes por milhão (ppm) (Santodonato e col., 1985). Devido a esta característica, os trabalhadores do setor de rotogravura são muitas vezes escolhidos para participar de estudos que investigam os efeitos crônicos da exposição a Tolueno. O único estudo publicado sobre os efeitos do Tolueno sobre o equilíbrio foi conduzido por Coscia e col. (1983). Eles observaram que o equilíbrio daqueles impressores expostos a concentrações de Tolueno que variavam de 100 a 110 ppm estava alterado. Observaram que 30% deles tinham perdas auditivas.

O objetivo do presente estudo é o de investigar a interação ototraumatica entre ruído e Tolueno, usando testes de audição e equilíbrio de fácil acesso a profissionais de saúde.

3 Material e Método

A fim de investigar a interação acima mencionada, foi escolhido o desenho transversal, quando grupos de trabalhadores de três divisões de uma indústria gráfica foram entrevistados e tiveram sua audição e equilíbrio testados.

4 População

Os critérios para seleção da amostra sexo (masculino) e tempo de serviço na empresa estudada superior a um ano, em setores de produção.

Foram selecionados trabalhadores da divisão de Preparação para compor um grupo controle. Estes sujeitos não se encontravam expostos a nenhum agente de conhecida ou suspeita ototoxicidade. Eles encontram-se identificados por grupo 1. A idade dos sujeitos do grupo 1 variava de 17 a 55 anos (média=34.7 anos) e o tempo de serviço na empresa variava de 1 a 25 anos (média=13.1 anos).

Os trabalhadores que compuseram o grupo 2 foram selecionados da divisão de Acabamento, na qual eles se encontravam expostos exclusivamente a ruído. Os resultados das medições de nível de pressão sonora conduzidas neste estudo foram equivalentes aos resultados das medições realizadas anteriormente pela própria empresa, quando registraram-se níveis de 88 a 97 dBA de ruído contínuo. As dosimetrias realizadas neste estudo indicavam doses que variam de 209 a 335%. Foram usados medidores e dosímetros da Bruel & Kajer, devidamente calibrados. Os trabalhadores do grupo 2 não encontravam-se expostos a nenhum agente químico. A idade de seus componentes variava de 22 a 64 anos (média=36.1 anos) e seu tempo de serviço de 1 a 24 anos (média=11.6 anos).

Os trabalhadores do grupo 3 foram selecionados da divisão de impressão de rotogravura. Eles encontravam-se expostos a concentrações excessivas de Tolueno e ruído. Os resultados das medições de nível de pressão sonora variam de 88 a 98 dBA. OS resultados da dosimetria revelaram doses de 140 a 350%. A idade dos componentes deste grupo variava de 17 a 51 anos (média=32.5 anos) e o tempo de serviço variava de 1 a 23 anos (média=8.1 anos). Na divisão de rotogravura estudada dois fatores contribuíam para as altas concentrações registradas (ver Tabela I).

Um dos fatores responsáveis pelas altas concentrações observadas é o fato do sistema de ventilação ser desligado quando as prensas o são. Nessas ocasiões os níveis de ruído diminuem, enquanto os níveis de Tolueno se elevam. Outro fator que frequentemente o Tolueno é usado na limpeza das prensas. Na Tabela I estão expostas medições retrospectivas e as medições feitas durante este estudo. Medições de Tolueno foram realizadas pela primeira vez em julho de 1978, depois que a indústria substituiu Xileno por Tolueno no processo de impressão. O sistema de ventilação foi instalado em setembro do mesmo ano. Os registros fornecidos pela empresa não especificavam a metodologia e o equipamento usado nas medições realizadas. O equipamento utilizado pelo higienista industrial que realizou as medições para este estudo incluíam tubos de carvão ativado e bombas de ar Dupont, modelo 4000. As bombas fo-

Prensa	Níveis em ppm/ No. de amostras				
	Jul/78	Set/78	Mar/79	Mar/80	Mar/90
Frankenthal	315/2	140/5	-	-	100/4
Cerutti II	600/4*	240/13	200/2	370/13*	115/2 ^D 280/4 ^E
Cerutti III	265/1	253/6	150/2	150/2	75/3
Cerutti IV	-	-	-	-	100/3
Cerutti V	-	-	-	-	365/8

Tabela 1: Concentrações de Tolueno na Divisão de Impressão de Rotogravura

* - Concentrações acima de 1000 ppm foram observadas

D - no lado direito da prensa

E - no lado esquerdo da prensa

ram calibradas antes e depois que as avaliações foram realizadas. As estratégias de amostragem seguiram recomendações aceitas internacionalmente (NIOSH, 1977). Três amostras foram colhidas por trabalho em três dias diferentes. O tempo de coleta foi de, em média, 6 horas por dia. As amostras foram analisadas por cromatografia. Na Tabela I encontramos os resultados obtidos neste estudo na coluna de 1990.

4.1 Questionário

Depois de analisar uma série de questionário em uso na área, um novo protocolo foi formulado baseado nos questionários usados pelo NIOSH e em clínicas audiológicas. Este inclui dados demográficos, histórico médico voltado à audição, exposição não ocupacional a ruído e produtos químicos e um extensa seção sobre alterações de equilíbrio, histórico ocupacional com descrição da função e de exposição insalubres.

4.2 Testes Realizados

Testes de Audição - Todos os testes foram realizados por fonoaudiólogos treinados e supervisionados pela primeira autora. Todos os sujeitos passaram por testes de audiometria tonal nas frequências 500, 1000, 3000, 4000, 6000 e 8000 Hz para condução área. Quando haviam indicações de perdas auditivas condutivas, através da otoscopia ou da avaliação da função de ouvido médio, realizava-se audiometria por via óssea nas frequências afetadas. Os trabalhadores foram testados numa cabine audiométrica que atenda as especificações da norma ANSI S3.1

1977. O audiometro usado foi um MAICO MA41, que foi calibrado electroacústicamente uma semana antes do início do processo de coleta de dados, e diariamente antes do início dos testes, através da calibração biológica. Os resultados das audiometrias foram classificados nas seguintes categorias: normal, com todos limiares acima de 25 dBA; perda auditiva neurosensorial nas altas frequências (atribuíveis a condições ambientais) e, perdas auditivas condutivas ou unilaterais, não atribuíveis a agentes do ambiente de trabalho.

Todos sujeitos passaram também pela avaliação da função de ouvido médio a fim de obtermos alguns dados sobre a eventual localização das alterações encontradas. Este exame inclui o teste do reflexo acústico e decaí do reflexo nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz por via ipsi e contralateral. Foi utilizado o impedanciometro Interacoustics AZ17, que foi calibrado antes e durante o processo de coleta de dados.

Testes de Equilíbrio - Todos sujeitos passaram por uma triagem de equilíbrio que se consistia na aplicação dos seguintes testes clínicos: Past Pointing Test (Barany, 1910); Sharpened Romberg Test (Romberg, 1946 adaptado por Fregly, 1974); Underberger Test (Underberger, 1938); Stepping Test (Fukuda, 1949) e Tandem Walking Test (para uma completa descrição destes testes veja Uemura, 1977, e Baloh e Honrubia, 1984). Pela grande variabilidade individual de resultados entre indivíduos normais e com alterações, a performance nestes testes não foi considerada de maneira isolada. Considerou-se falha quando o sujeito apresentava uma performance fraca em pelo menos dois dos cinco testes.

5 Resultados

Vários testes estatísticos foram utilizados para analisar os dados através do programa de computador Statistical Analysis System (SAS). Os resultados são apresentados nas próximas seções.

5.1 Audiometria Tonal e Timpanometria

Os resultados das audiometrias foram classificados como descritos anteriormente. A informação fornecida pela via ósea e timpanometria foi utilizada para classificar as perdas auditivas como condutivas. A Tabela 2 mostra os resultados audiométricos.

A prevalência das perdas auditivas de altas frequências (53%) observadas no grupo 3 (exposto a ruído e Tolueno simultaneamente) foi

Grupo	Classificações Audiométricas								Total	
	Normal		Alta freq.		Cond.		Unil.		n	%
	n	%	n	%	n	%	n	%		
1) Não exp.	36	72	4	8	1	2	9	18	50	100
2) Ruído	26	52	13	26	2	4	9	18	50	100
3) Ruído + Tol.	19	37	27	53	1	2	4	8	51	100

Tabela 2: Número e porcentagem das várias classificações audiométricas, por grupo

mais alta que nos outros dois grupos: 8% no grupo 1 (não exposto) e 26% no grupo 2 (exposto a ruído). Foi realizada uma análise de variância multivariada (MANOVA) considerando as classificações audiométricas e foi observada uma diferença significativa entre os grupos [Wilk's Lambda=0.77804, $F(12,286)=3.19$, $p=0.0003$]. Foram feitas análises de variância (ANOVAs) subsequentemente para cada uma das classificações. Quando comparadas as médias da classificação "Audição normal" dos três grupos estudados, foi observado que eles eram significativamente diferentes [$F(2, 148)=6.58$, $p=0.0018$]. Contrastes subsequentes indicaram que a média de indivíduos com audição normal no grupo 1 era significativamente maior que nos grupos 2 ($p=0.04$) e 3 ($P=0.0004$).

As perdas auditivas nas altas frequências, atribuíveis às condições do ambiente de trabalho, também foram examinadas como uma variável binária (audição normal x perda auditiva) através da regressão logística múltipla. Nessa análise, os casos de perdas auditivas condutivas ou unilaterais somaram-se aos casos de audição normal por não poderem ser atribuíveis às condições ambientais. As variáveis incluídas no modelo foram: idade, duração e exposição não ocupacional aos mesmos. A única variável que preencheu os critérios para continuar no modelo, além de grupo, foi a idade. Como a idade e o tempo de exposição são altamente correlacionados, não causa estranheza o fato de tempo de exposição acrescentar tão pequeno poder de predição. A Tabela 3 apresenta os resultados do modelo de regressão logística múltipla eleito pelos autores. A razão de risco (odds ratio) foi calculada para cada variável. A probabilidade de desenvolver uma deficiência auditiva nas altas frequências foi calculada para cada um dos grupos e está ilustrada na figura 1.

Variável	Beta	Des.P.	X ²	Valor p	razão Odds
Intercept	-6.896	1.367	25.45	0.0000	
Grupo 2	1.526	0.652	5.48	0.0192	4.600
Grupo 3	3.315	0.693	22.90	0.0000	27.533
Idade	0.115	0.030	14.75	0.0001	1.121

Tabela 3: Resultados da Regressão Logística múltipla para perda auditiva ocupacional, por grupo

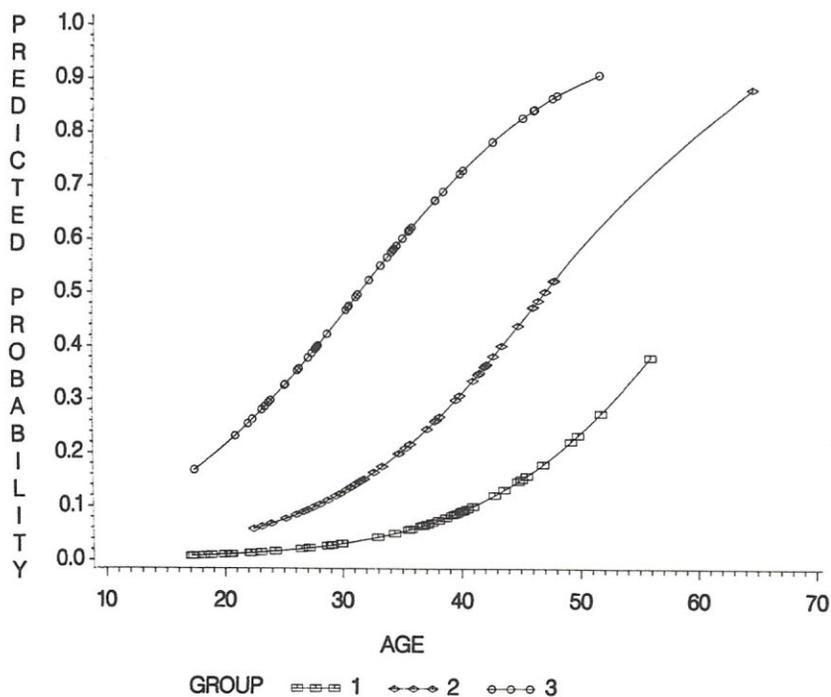


Figura 1: Probabilidade de desenvolver uma perda auditiva, por grupo e por idade

5.2 Medição de Reflexo Acústico

No presente estudo foram feitas medições do Reflexo Acústico, afim de se obter informações concernentes ao local da lesão das perdas auditivas observadas. As manifestações analisadas foram: ausência de reflexo, recrutamento e decay do reflexo. Inicialmente foram realizadas análises de variância multivariada considerando as seguintes variáveis: grupo, ouvido testado, frequência do estímulo e modo de estimulação (ipsi ou contralateralmente). Foi observada uma diferença significativa entre os grupos estudados [$\lambda=0.818$, $F(6, 292)=5.13$, $p=0.0001$]. ANOVAs subsequentes indicaram diferenças significativas entre os grupos no tocante a decay do reflexo [$F(2,148)=12.87$, $p=0.0001$]. Os contrastes entre os grupos indicaram que a média de casos de decay do reflexo no grupo 3 era significativamente mais elevada que no grupo 1 ($p=0.01$) ou grupo 2 ($p=0.005$). Foi observada uma interação entre grupo frequência do estímulo e modo de apresentação [$\lambda=0.8086$, $F(12, 286)=2.67$, $p=0.002$] (ver Figura 2).

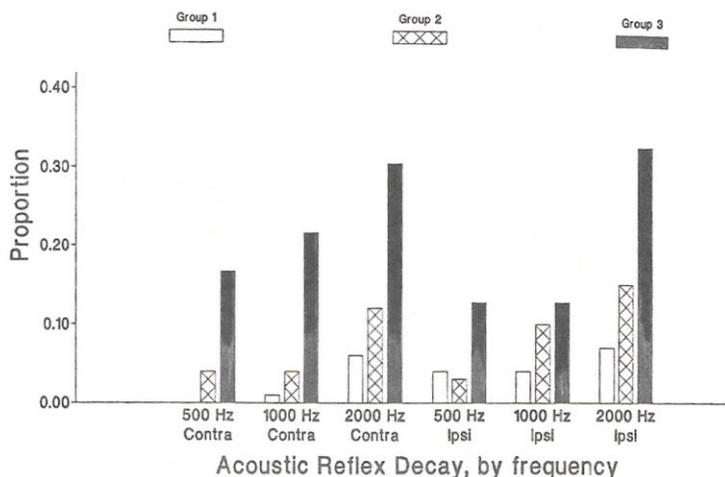


Figura 2: Proporção dos indivíduos que apresentaram decay do reflexo acústico, por grupo, frequência do teste e modo de estimulação

5.3 Testes de Equilíbrio

A performance nos testes de equilíbrio foi comparada através da análise de variância e a diferença entre os grupos foi significativa

[$F(2,148)=13.31$, $p=0.0001$]. Contrastes subsequentes revelaram que a média de falhas na bateria de testes de equilíbrio no grupo 3 foi significativamente mais elevada que no grupo 1 ($p=0.0001$) ou grupo 2 ($p=0.0001$) ver Figura 3).

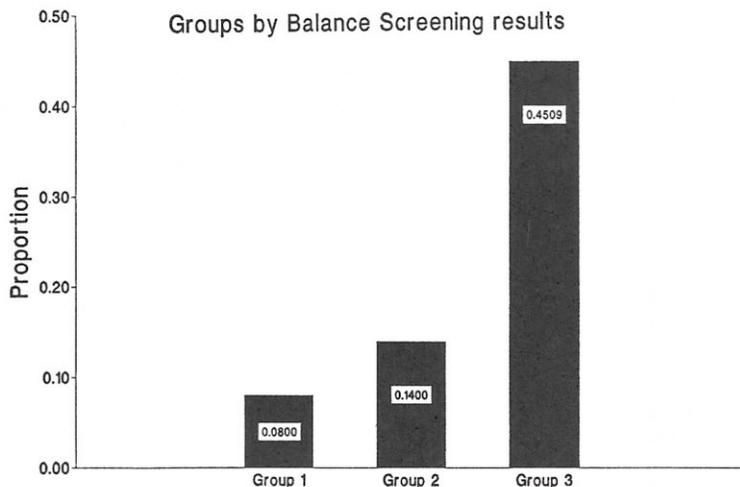


Figura 3: Proporção dos indivíduos que falharam na triagem de equilíbrio, por grupo

Um estudo transversal como o presente não permite uma clara distinção entre efeitos crônicos e agudos da exposição a Tolueno sobre o equilíbrio. Idealmente, deveríamos examinar se os efeitos observados seriam revertidos depois do trabalho estar livre da exposição. Entretanto, as observações descritas sugerem a necessidade de outras pesquisas sobre os efeitos do Tolueno sobre o equilíbrio.

6 Discussão e Conclusões

Todas as análises de associação realizadas indicaram que tanto a exposição exclusiva a ruído, como a exposição simultânea a níveis excessivos de ruído e Tolueno estão estatisticamente associadas a um aumento de casos de perdas auditivas. Os resultados, corrigidos para a idade, indicaram que a exposição a ruído representou um risco de perda auditiva de 4.6 vezes. Quando a exposição a ruído ocorreu simultaneamente a exposição a Tolueno, o risco aumentou dramaticamente para 27.5 vezes. Tanto a análise de Variância como a Regressão Logística Múltipla

indicaram que o grupo exposto aos dois agentes apresentou um número significativamente maior de perdas auditivas do que o grupo exposto exclusivamente a ruído. Além disso, as medições do reflexo acústico indicaram que os grupos estudados são diferentes no que se refere ao local da lesão no sistema auditivo (ver resultados de decay do reflexo). Ess achado reforça a afirmação de ödkvist e colaboradores (1987) que a audiometria tonal pode não ser um procedimento adequado para se avaliar os efeitos dos solventes sobre a audição. Os resultados da triagem de equilíbrio indicaram que a exposição a Tolueno pode também a função de equilíbrio em trabalhadores e que, este aspecto merece ser investigado com maior profundidade.

Até hoje, os agentes agressivos no ambiente de trabalho e seus efeitos tem sido comumente estudados de maneira isolada. Os limites de tolerância recomendados para estes agentes não levam em consideração as exposições simultâneas, como no caso de ruído e produtos químicos. O problema de interações ototraumáticas entre os agentes citados ainda não foi estudado profundamente, embora represente um risco que pode atingir populações muito numerosas. Os dados do presente estudo indicam que a perspectiva de estudo dos efeitos combinados aos agentes ambientais deve merecer maior atenção pra que possamos planejar medidas adequadas de proteção.

7 Referências Bibliográficas

- [01] Baloh, R.W. & Honrubia, V. (1979). "Clinical Neurophysiology of the Vestibular System", Philadelphia: F.A: Davis Co. p. 101-241.
- [02] Barany, R. (1910). "Neue Untersuchungsmethoden, die Beriehungen Zwischen Vestibular Kleinhirn," Grosshirn and Ruckenmark betreffend. "Wien. Med. Wschr", 60, 2033.
- [03] Barregad, L. and Axelsson, A. (1984). Is there an ototraumatic interaction between noise and solvente ? "Scandinavian Audiology," 13: 151-155.
- [04] Boor, J.K. & Hurtig, T. (1977). Persistent cerebellar ataxia after exposure to tolueno. "Annals of Neurology, 2: 440-442.
- [05] Coscia, G.C.; Tabaro, G., ALbera, C., Tubino, L., Morra, B., Discalzi, G. & Turco, L. (1983). Alterazioni vestibolari nell, esposizioni a tolueno "Medicina del Lavoro" 74: 23-29.

- [06] Fregly, A.. (1974). Vestibular ataxia and its measurement in man. In: H.H. Kornhuber (Ed.), "Handbook of Sensory Physiology", vol VI, part 2. New York: Springer-Verlag.
- [07] Fornazzari, L., Wilkinson, D.A., Kapur, B.M., Carlen, P.L. (1983). Cerebellar, cortical and functional impairment in toluene abusers. "Acta Neurol Scand" 67:319-329.
- [08] Fukuda, T. (1959) The stepping test: two phases of the labyrinthine reflex. "Acta Otolaryngol", 50:95.
- [09] Grabski, D.A. (1962). Toluene sniffing producing cerebellar degeneration. "American Journal of Psychiatry," 118(1): 461-462.
- [10] Johnson, A.C., Juntunen, L., Nylén, P., Borg, E. Borg, E. & Höglund, G. (1988). Effect of Interaction between Noise and Toluene on Auditory Function in the Rat. "Acta Oto-Laryngologica," 105:56-63.
- [11] Keane, J.R. (1978). Toluene optic neuropathy. "Annals of Neurology," 4:390.
- [12] Knox, J.W. & Nelson, J.R. (1966). Permanent encephalopathy from Toluene inhalation. "The New England Journal of Medicine, 275(26), 1494-1496.
- [13] Larsby, B., Tham, R., Eriksson, B., & Ödkvist, L.M. (1986). The effect of Toluene on the Vestibulo-and Opto-oculomotor System in Rats. "Acta Oto-Laryngologica," 101:422-428.
- [14] Lazar, R.B., Ho, S.U., Melen, O. & Daghestani, A.N. (1983). Multifocal central nervous system damage caused by toluene abuse. "Neurology", 33:1337-1340.
- [15] Malm, G. & Lying-Tunell, U. (1980). Cerebellar Dysfunction related to toluene sniffing. "Acta Neurologica Scandinavica," 62:188-190.
- [16] Métrick, S.A. and Brenner, R.P. (1982). Abnormal brainstem auditory evoked potentials in chronic paint sniffers. "Annals of Neurology", 12:553-556.
- [17] NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health (1977). "Occupational Exposure Sampling Strategy Manual." U.S.

Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Centers for Disease Control.

- [18] ödkvist, L.M., Arlinger, S.D., Edling, C., Larsby, B. & Berghotz, L.M. (1987). Audiological and vestibulooculo-motor findings in workers exposed to solvents and jet-fuel. "Scandinavian Audiology," 16(2):75-84.
- [19] Pryor, G.T., Dickinson, J., Feeney, E. and Rebert, C.S. (1983). Transient cognitive deficits and high-frequency hearing loss in weanling rats exposed to toluene. "Neurobehavioral Toxicology & Teratology," 5(1):53-57.
- [20] Pryor, G.T., Dickinson, J., Feeney, E. and Rebert, C.S. (1984a). Hearing Loss in rats first exposed to toluene as weanlings or as young adults. "Neurobehavioral Toxicology & Teratology," 6(2):111-119.
- [21] Pryor, G.T., Dickinson, J., Feeney, E. and Rebert, C.S. (1984b). Factors affecting Toluene-Induced ototoxicity in rats. "Neurobehavioral Toxicology & Teratology," 6(2):223-238.
- [22] Pryor, G.T. and Howd, R.A. (1986). Toluene induced ototoxicity by subcutaneous administration. "Neurobehavioral Toxicology & Teratology," 8(1):103-104.
- [23] Rebert, C.S., Sorenson, S.S., Howd, R.A. & Pryor, G.T. (1983). Toluene induced hearing loss in rats evidenced by the brainstem auditory evoked response. "Neurobehavioral Toxicology & Teratology," 5(1):59-62.
- [24] Romberg, M.H. (1946). "Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen." Berlin: A. Dunker.
- [25] Santodonato, J.S., Bosch, S., Meylan, W., Becker, J. & Neal, M. (1985). "Monograph on Human Exposure to Chemicals in the Workplace: Toluene." Syracuse: Center for Chemical Hazard Assessment, Syracuse Research Corporation.
- [26] Sasa, M., Igarashi, S., Miyazaki, T., Miyazaki, K., Nokano, S. & Matsuoka, I. (1978). Equilibrium disorders with diffuse brain atrophy in long-term toluene sniffing. "Arch Otolaryngol," 22:163-169.

- [27] Sullivan, M.J., Rarey, K.E. & Conolly, R.B. (1989). Ototoxicity of toluene in rats. "Neurotoxicology and Teratology," 10:525-530.
- [28] Takeuchi, Y., Hisanaga, N., Ono, Y., Ogawa, T., Hamaguchi, Y. & Okamoto, S. (1981). Cerebellar dysfunction caused by sniffing of thinner containing toluene. "Industrial Health," 19:163-169.
- [29] Tham, R., Larsby, B., Eriksson, B., Bunnfors, I., ödkvist, L.M. & Liedgren, C. (1982). Electronystagmographic findings in rats exposed to styrene or toluene. "Acta Oto-Laryngologica", 93:107-112.
- [30] Uemura, T., Suzuki, J., Hozawa, J. and Highstein, S.M. (1977). "Neuro-otological Examination". Baltimore: University Park Press and Tokyo: Igaku Shoin Ltda.
- [31] Unterberger, S. (1938). Neve objectiv registrierbare Vestibularis-Korperdrehreaktion, erhalten durch Treten auf der Stelle: Der "Tretversuch." "Arch Ohr-Nas-U. Kehlk.-Heilk, 145:478.

INFECCÃO AUDITIVA E O USO DO PROTETOR AUDITIVO

ELLIOTT H. BERGER

Manager, Acoustical Engineering

Cabot Safety Corporation

7911 Zionsville Road - Indianapolis, IN 46268-1657, EUA

Fone: (317)692-3031; Fax: (317)692-3116

1 Introdução

Raramente são encontrados, na literatura especializada, documentos em que o uso dos Dispositivos de Proteção Auditiva (DPAs) tenham provocados problemas de higiene auricular ou sejam agentes causadores de infecções do canal auditivo. Todavia, é comum que pessoas preocupadas com a conservação da audição se mostrem apreensivas em relação à possibilidade de os DPAs causarem infecções, especialmente no caso dos "Plugs". Esse receio parece ter como base a desinformação e o fato de o canal auditivo ser um meio de cultura ideal - quente, úmido e escuro. O objetivo desse E.A.R.Log[1] é tratar de tais preocupações, examinando a anatomia do canal auditivo, discutindo a etiologia e a propagação de infecções do ouvido externo e fornecendo recomendações para minimizar os problemas que possam surgir dentro dos programas de conservação auditiva (PCAs) no ambiente ocupacional.

2 Anatomia Básica

O ouvido externo é formado por aurícula (pavilhão auditivo), canal auditivo externo (canal auditivo) e membrana timpânica (tímpano), como ilustrado na figura 1. O pavilhão auditivo é uma estrutura cartilaginosa em forma de concha, presa ao crânio por músculo e ligamentos cobertos pela pele. O canal auditivo geralmente é um tubo elíptico em forma de S, de aproximadamente 26 mm (1 polegada) de comprimento, com diâmetro médio de 8 mm na entrada. Ele se dirige para dentro, com uma trajetória ascendente, aprofundada e curvando ligeiramente para a frente. O tímpano, que se encontra no final do canal auditivo, forma uma barreira impermeável ao ar e à água, separando o ouvido médio do ouvido externo.

A metade mais externa do canal auditivo é cartilaginosa, com uma camada epitelial (pele) que possui folículos pilosos e glândulas sebáceas e ceruminosas associadas. Por contraste, a parte mais interna ou média do canal é óssea, com uma pele de aproximadamente 0,2 mm de espessura e quase que desprovida de folículos pilosos e glândulas [2,3]. As diferenças entre as partes mais externas e mais internas do canal auditivo, em termos de estrutura dos poros e da presença de pelos, podem ser comparadas àquelas encontradas entre o dorso e a palma das mãos.

As secreções das glândulas sebáceas e ceruminosas, junto com as células epiteliais mortas, que são regularmente soltadas e repostas, se unem para formar o cerume (cera do ouvido), uma substância repelente à água que cobre a pele do canal auditivo. Esta “cobertura” é um dos mecanismos de proteção mais importantes para o ouvido. Ela funciona como uma barreira mecânica que protege a pele da exposição excessiva à umidade, e a sua acidez forma uma “capa” que inibe o desenvolvimento de muitas bactérias responsáveis pelas infecções no canal auditivo [2,4,5].

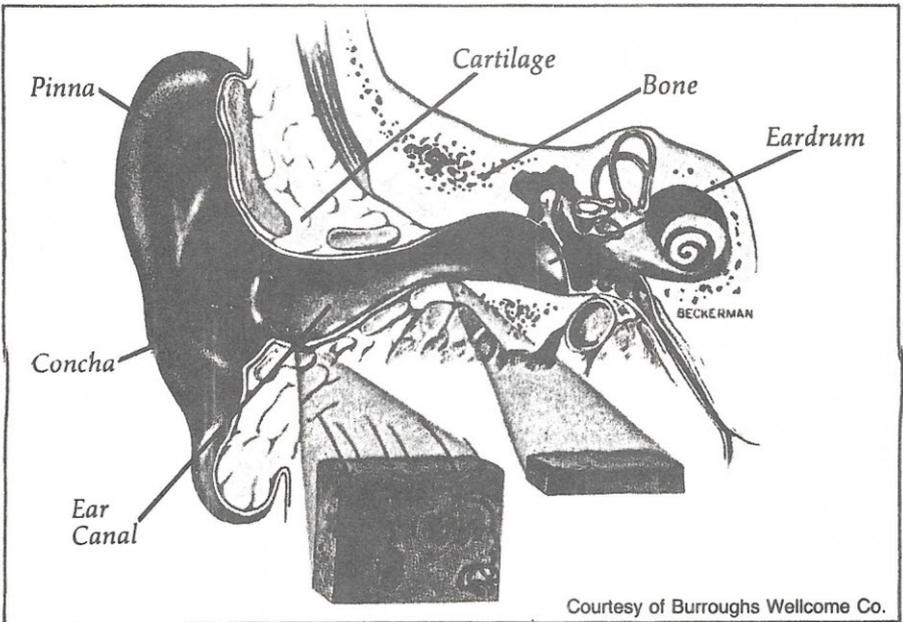


Figura 1: Corte frontal do canal auditivo com ampliação da pele das partes cartilaginosa e óssea [2]

Uma vez que a pele que forra a parte mais interna do canal continua na camada externa do tímpano, o canal auditivo pode ser considerado um tubo “forrado” de pele. Este forro se desloca para o exterior, do centro do tímpano em direção à entrada do canal auditivo, na velocidade de cerca de 1,5 mm/mês. O deslocamento da pele, combinado com o movimento da mandíbula são outras características que o ouvido possui para se proteger e para manter o canal livre do excesso de cerume e de outros fragmentos [4].

3 O que é uma Infecção do Ouvido Externo?

O termo médio que descreve uma condição inflamatória de qualquer porção da pele do canal auditivo é otite externa. Esta otite não é necessariamente um processo infeccioso, isto é, algo que inclua a invasão do corpo por microorganismos. A inflamação pode ser causada por meios mecânicos (ar-ranhão), ou por substâncias químicas (cáusticas ou alergênicas) ou ainda por agentes biológicos (bactérias ou fungos). Depois que a pele estiver ferida ou inflamada, os microorganismos se instalam facilmente nos folículos e glândulas do canal auditivo e a infecção se desenvolve. Como os folículos pilosos e as glândulas se encontram quase que exclusivamente no terço mais externo do canal auditivo, as infecções, no início, se limitam a essa região.

É importante distinguir a irritação das condições acima. Por exemplo, a irritação pode surgir quando uma pessoa começa a usar DPAs por um longo período de tempo. (Por esta razão, aconselha-se um período de adaptação de duas semanas, no qual o indivíduo aumente gradativamente o tempo de uso). Este tipo de irritação é semelhante ao desconforto que sentimos sobre o nariz quando começamos a usar óculos. A irritação diminuirá sem nenhum tratamento quando o que a provoca for removido, ou quando a pele se acostumar à sua presença. Porém, a cura de infecções no canal auditivo geralmente requer tratamento médico.

4 Sinais e Sintomas da Otite Externa

Os sinais observáveis da otite externa incluem o inchaço e a vermelhidão do canal auditivo, uma excreção esverdeada e, algumas vezes, um odor ruim no ouvido. Os sintomas incluem coceira, dor, sensibilidade quando se manipula a aurícula, uma sensação de “plenitude” no ouvido e perda da audição nos casos em que o inchaço ou a secreção sejam suficientes para obstruir totalmente o canal [2,4,6]. Todavia, a otite externa pode freqüentemente ocorrer na ausência de um ou mais destes sinais e sintomas.

5 A Etiologia da Otite Externa

A incidência da otite externa na população em geral está relacionada com as condições ambientais e com as estações do ano. Ela é mais comum quando a temperatura e o grau de umidade são altos e/ou quando se pratica esportes aquáticos [2,6,7]. Já se colocou a hipótese de que exposições prolongadas à água removem a camada ceruminosa que protege o ouvido, possibilitando que a pele amoleça e absorva a umidade. Isto provoca o inchaço e a obstrução das glândulas sebáceas e ceruminosas, impedindo a reposição de cerume [2,4]. Daí surge a coceira, que certamente conduzirá ao ato de coçar ou arranhar, piorando a situação.

Outra causa comum da otite externa é a limpeza excessiva e os atos de machucar ou arranhar o canal auditivo [2,4,5]. Eles não só removem a camada ceruminosa de proteção e dão origem a coceiras, mas também criam um trauma ou esfolamento com futuros comprometimentos das barreiras de proteção que a pele possui. Em dois estudos de pessoas com otite externa, ficou provado que de 63 a 87% dos pacientes limpavam seus canais auditivos com cotonetes, fósforos, unhas, ou outros objetos semelhantes [8,9]. Quando as barreiras superficiais que impedem a penetração dos micróbios são retiradas, os organismos normalmente encontrados no ouvido, tais como "Staphylococcus epidermidis", as bactérias patogênicas externas, como "Pseudomonas aeruginosa" e "Staphylococcus aureus", e, em menor proporção, os fungos podem penetrar e se desenvolver nos orifícios das glândulas epiteliais [2,4,5]. A inflamação então se torna mais grave e a infecção progride.

Outros fatores que predisõem a otite externa incluem alergia a produtos químicos, a tinturas de cabelo e a spray, dermatite, infecções crônicas do ouvido médio com excreção, excesso de cerume, que pode reter água no canal, e condições sistêmicas que diminuem a resistência do organismo, tais como anemia, falta de vitaminas, diabete e distúrbios endócrinos [4,5]. O uso dos dispositivos de inserção (plugs) já foi considerado como um fator que predispõe o indivíduo a uma provável otite, porque eles podem aumentar a temperatura e a umidade do canal, criar a possibilidade de se arranhar o local, remover o cerume e ser um meio para se introduzir organismos no canal[2]. Em um estudo de 139 pacientes com otite externa, 9% usavam dispositivos de inserção para facilitar a audição (aparelhos que se adaptam ao ouvido de maneira semelhante a um "plug" de inserção)[6]. Mas, como será discutido a seguir, os estudos epidemiológicos não provam que os "plugs" possam aumentar a probabilidade do desenvolvimento de uma infecção do ouvido externo.

6 Prevalência e Fatos não Comprovados

Em 1956, experts afirmaram que casos de otite externa resultantes do uso de DPAs são extremamente raros porque o material destes dispositivos é uma substância inerte e não tóxica... “Os poucos casos registrados podem, com freqüência, ser atribuídos ao fato de o usuário não manter seus dispositivos razoavelmente limpos” [10]. Os autores citaram como prova relatórios de três diferentes e importantes fabricantes de aviões. Eles também destacaram que havia mais de 1 milhão de pessoas usando aparelhos contra a surdez, durante 12 a 16 horas por dia e , dentro deste grupo, a otite externa também era rara.

Mesmo hoje em dia, quando alguém examina a literatura disponível ou entrevista as autoridades responsáveis pela conservação auditiva, para coletar dados a respeito da prevalência de otite externa nos PCAs em ambientes ocupacionais, fica perplexo com a escassez de informações concretas. Fatos não comprovados são abundantes, mas estudos controlados praticamente não existem[11]. Isto nos leva a crer que o problema não seja nem significativo nem comum, senão já teria chamado mais a atenção do especialista e provocado mais interesse científico[12]. Esta avaliação qualitativa da situação foi recentemente reforçada por audiologistas do “Worker’s Compensation Board of British Columbia”, onde os registros audiométricos de mais de 60.000 trabalhadores expostos ao ruído excessivo foram revisados anualmente, durante os cinco últimos anos. Embora eles pretendessem realizar um estudo sobre a incidência da otite externa, eles nunca o executaram, devido à falta de feedback, tanto de trabalhadores como de patrões, que evidencie a existência de tais problemas[13].

7 Prevalência e Dados Disponíveis

A tabela 1 resume os dados que fornecem uma estimativa numérica da ocorrência da otite externa. Dados sobre “excesso de cerume” também estão relacionados, quando disponíveis, embora a definição de “excesso” não seja clara e varie de acordo com o pesquisador.

Os estudos de Hopkinson[14] fornecem o quadro mais preciso de prevalência de otite uma vez que todos os exames otoscópicos foram realizados por um ou mais médicos usando otoscopia microscópica e pneumática. Este relatório contém comentário de todas as anormalidades otológicas observadas. Infelizmente, dados sobre a utilização do DPA não estão presentes.

Forshaw e Cruchley[15] realizaram um estudo em 60 membros de uma patrulha aérea de longa distância, divididos aleatoriamente em três grupos.

O primeiro usou "plugs" pré-moldados; o segundo usou "plugs" de espuma lavados após cada uso, e o terceiro, "plugs" de espuma lavados somente uma vez por semana. O estudo durou 8 semanas e incluiu exames feitos por oficiais médicos e também raspagens da pele para a cultura de bactérias e exames de fungos. Os resultados não indicaram infecções causadas por fungos ou por bactérias clinicamente significativas e também não mostraram diferenças na cultura positiva de bactérias, nos três grupos de usuários.

Foltner[16] registrou os dados de duas pesquisas. Infelizmente, no mais extenso dos dois estudos nos quais a otoscopia foi conduzida por técnicos em audiometria (68.647 indivíduos), as "doenças auditivas, perfuração e excesso de cerume" foram colocados num só grupo. Como os outros dados na tabela 1 indicam uma maior prevalência de cerume do que de doenças auditivas, é provável que o dado de 6%, citado na tabela, seja influenciado por este excesso. Isto é confirmado por outro estudo de Foltner (101 indivíduos), no qual um audiologista realizou todos os exames otoscópicos e registrou os resultados de cada indivíduo: 2% de otite externa e 9% de excesso de cerume.

Num estudo de Royster e Royster[17] foram entrevistados aplicadores e treinadores de DPAs e responsáveis pela implantação de programas de proteção auditiva, em 218 lugares nos Estados Unidos. Foi pedido aos entrevistados que descrevessem qualquer tipo de problema que eles tivessem observado no uso dos DPAs por seus trabalhadores.

Foi pedido também que eles calculassem a freqüência com que os problemas especificados ocorriam e se podiam ser atribuídos ao uso dos DPAs. Nenhum esforço foi feito no sentido de separar as afirmações a respeito da irritação do canal e da otite externa e, do mesmo modo, devido à natureza do estudo, não foi possível verificar a exatidão das declarações e das percepções dos entrevistados.

Data	Autor	Otite Externa	Excesso de Cerume	Uso de DPAs	Comentários (ver abaixo)
1946	Jamieson	1,5%	-	não	01
1948	Johnston	2,6%	-	não esp.	02
1952	Carpendale	0,3%	-	não	03
1953	Akroyd	6,0%	-	não	04
1957	Senturia	1,1%	-	não	05
1965	Cambon e outros	3,0%	-	não	06
1981	Hopkinson	2,0%	6,0%	não esp.	07
		2,0%	2,0%	não esp.	08
1982	Forshaw e Cruchley	0%	-	sim	09
1984	Foltner	(6%) ^b	(6%) ^b	sim	10
		2%	9%	não	11
1984	Royster e Royster	2,5%	-	sim	12
1985	Berger e Nuss	0%	14%	poucos	13
1985	Cooper	0,3%	3,5%	sim	14
		0,2%	6,0%	não	15

Tabela 1: Estimativas da Prevalência^a da Otite Externa e do Excesso de Cerume

COMENTÁRIOS (ver última coluna na tabela 1)

- 01- 65.000 elementos da RAF e das tropas do exército: diagnóstico médico de pacientes internos e externos examinados pelo hospital militar durante 3 anos.
- 02- Exame de trabalhadores de fábricas.
- 03- 1.000 "jovens normais", candidatos à RFA.
- 04- Dados de incidência em militares em clima tropical.
- 05- 551 fuzileiros navais recém-alistados na Flórida; incidência em período de 2 meses e meio.
- 06- 504 índios na reserva em British Colombia.
- 07- 350 mineiros de carvão expostos ao ruído excessivo.
- 08- 150 trabalhadores industriais expostos ao ruído excessivo. Exames do ouvido e da laringe com otoscopia microscópica.
- 09- 60 elementos da aviação; 8 semanas de uso; exames realizados por médicos incluindo exame de cultura de pele.

- 10- 68.647 trabalhadores industriais, prevalência de “doenças auditivas, perfurações e excesso de cerume”; exame otoscópico feito por técnicos do CAOHC.
- 11- 101 trabalhadores industriais antes do programa de conservação auditiva; exame otoscópico realizado por audiologista.
- 12- 24.212 trabalhadores expostos ao ruído; prevalência anual de otite externa, fungos, drenagem e relatórios não específicos de infecção; baseada em estimativas de fabricação de DPAs e de responsáveis por programas de conservação auditiva em 38 dos 218 lugares entrevistados.
- 13- 63 trabalhadores industriais; TME \leq 85 dBA; excesso de cerume = 75% ou mais de obstrução.
- 14- 362 trabalhadores industriais de 5 fábricas.
- 15- 225 trabalhadores das mesmas fábricas. Prevalência de inflamação, drenagem ou perfuração; exame otoscópico feito por técnicos do CAOHC.

a) As taxas nesta tabela são de prevalência, exceto as anotadas nos comentários. Para um período de tempo dado,

$$\text{Prevalência} = \frac{\text{número de casos existentes (antigos e recentes)}}{\text{população de risco}}$$

$$\text{Incidência} = \frac{\text{número de casos recentemente diagnosticados}}{\text{população de risco}}$$

b) Não se encaixa em nenhuma das colunas; veja comentários.

Em 51 dos 218 lugares avaliados pelos Roysters, a otite externa foi mencionada como um problema para usuários de DPAs de inserção, mas em somente 38 destes lugares, o entrevistado foi capaz de fornecer uma estimativa do número de ocorrências. Foi a partir destas 38 estimativas baseadas em experiências com mais de 24.000 trabalhadores, que eles calcularam uma taxa de prevalência anual de 2,5%. E ainda é importante citar que dos 51 entrevistados que mencionaram a otite externa como um problema, 28 (55%) não atribuíram sua incidência ao uso de DPAs.

Os dados mais recentes foram obtidos por Cooper[18], que estudou 587 trabalhadores em 5 indústrias no meio-oeste americano. A otoscopia foi feita por técnicos em audiometria. As informações a respeito do uso de DPAs

e históricos médicos foram registrados. Os indivíduos que declararam não usar DPAs com frequência e aqueles que usavam aparelhos de surdez foram excluídos. Os trabalhadores foram divididos em três grupos: o primeiro formado por usuários dos “plugs” pré-moldados; o segundo, por usuários dos “plugs” de espuma e o terceiro, por aqueles que não usavam DPAs. A prevalência da otite externa foi inferior a 0,5% nos três grupos, sem diferenças estatisticamente significativas entre eles.

Cooper também relacionou os dados sobre a presença de cerume. Ela definiu como um bloqueio parcial uma obstrução de 50% ou mais e como um bloqueio total uma obstrução de 100%. A prevalência do bloqueio parcial não varia de modo significativo entre grupos. Sua variação foi de aproximadamente 5%.

O único dado estatístico que variou de modo significativo entre os grupos foi o bloqueio total de cerume, que foi de 7,4% para os usuários dos “plugs” pré-moldados, de 2,0% para os usuários dos “plugs” de espuma e de 6,0% para aqueles que não usavam DPAs. A autora sugeriu que os “plugs” de espuma, devido a textura de sua superfície e ao fato de eles serem inseridos no canal auditivo em estado comprimido, podem aderir ao excesso de cerume e facilitar sua remoção parcial.

8 Recomendações

Antes de começar a usar DPAs, os responsáveis devem examinar o ouvido externo para identificar quaisquer condições médicas ou anatômicas que possam interferir no uso do protetor em questão ou serem agravados por ele. Se tais condições estiverem presentes, os DPAs não devem ser usados até que uma consulta médica e/ou um tratamento possam ser obtidos, a não ser que o ponto de dúvida não se constitua em problema. Os responsáveis devem se preocupar com alguns sintomas e sinais, tais como, elevada sensibilidade, vermelhidão ou inflamação (dentro ou ao redor do ouvido), excreção, má formação congênita ou provocada por cirurgia e, no caso dos DPAs serem do tipo de inserção, obstruções do canal auditivo e/ou cerume excessivo. A última condição, no entanto, é difícil de ser avaliada, uma vez que existem poucos dados sobre os efeitos dos obturadores na formação e na possível impactação da cera.

Como todo vestuário e equipamento que ficam em contato diário e constante com o corpo e o ambiente de trabalho, a boa limpeza dos DPAs deve ser considerada. Os DPAs devem ser limpos regularmente de acordo com as instruções dos fabricantes. Cuidados extras serão necessários quando os tra-

balhadores utilizarem substâncias potencialmente irritantes. Normalmente, água morna e sabão são recomendados como agentes de limpeza. Solventes e desinfetantes devem ser evitados.

Os obturadores, depois de lavados, devem secar muito bem antes de serem usados ou colocados em sua embalagem. As conchas devem ser periodicamente limpas ou lavadas. Seus revestimentos de espuma também podem ser removidos para lavagem, mas devem ser recolocados porque sua ausência afeta a atenuação. Tanto os "plugs" como as conchas devem ser descartadas quando não puderem ser adequadamente limpas ou não mais apresentarem suas características originais de aparência e elasticidade.

O fato de enfatizar a higiene além dos limites práticos pode comprometer a credibilidade dos aplicadores e treinadores dos DPAs. É muitas vezes bastante difícil que os trabalhadores renovem ou reparem seus DPAs, e muito mais que os lavem de forma rotineira. Mas os dados epidemiológicos anteriormente discutidos não indicam que o uso dos DPAs aumente significativamente a prevalência de doenças auditivas externas.

Se alguma irritação ou infecção for registrada, a extensão e a etiologia do problema devem ser investigadas, em primeiro lugar, por pessoal médico treinado, para se determinar se o agente causador é um DPA ou um dos outros fatores que predisõem a pessoa a doença, já citados anteriormente. Quando os DPAs são considerados responsáveis pelo problema, é comum se descobrir que os "plugs" ou mesmo as conchas estão contaminados com substâncias cáusticas ou irritantes ou material abrasivo. Se a contaminação for provável ou inevitável e se a colocação e a remoção forem necessárias durante o período de trabalho, os "plugs" moldáveis, que são manipulados pelo usuário antes da inserção, podem não ser a melhor escolha.

Em um caso de contaminação de "plugs"[19], maiores cuidados higiênicos, combinados com o uso de "plugs" com cordões, para que a remoção aconteça sem que se toque o protetor, eliminaram o problema. Em outra situação[19], mineiros que trabalhavam em ambiente quente e úmido apresentaram otite externa. O problema foi minimizado com a troca dos "plugs" pré-moldados de borracha para "plugs" de espuma.

As irritações do canal também podem surgir por causa do uso errado ou inapropriado dos DPAs, da falta de período de adaptação ou do uso de DPAs gastos, cujas partes elásticas não estão mais macias e flexíveis. Por exemplo, já foi registrado como causa de irritação auditiva o uso contínuo do "plug" pré-moldado de PVC V-51R além de sua vida útil, isto é, após eles terem endurecido devido ao cerume e ao suor[17]. Em casos raros, podem aparecer inflamações em torno da orelha, ou do canal auditivo como consequência de reações alérgicas aos materiais de que são feitas as conchas

ou "plugs". A solução destes problemas envolve o redimensionamento ou a distribuição de DPAs alternativos, reeducação dos usuários e reposição periódica de dispositivos gastos.

Se problemas no ouvido externo forem detectados, é importante determinar se eles estão restritos a um só departamento ou operação, a uma ou mais marcas ou tipos de DPAs, a uma alteração nos DPAs em uso, a uma determinada época do ano ou algumas mudanças dentro do ambiente de trabalho. Essa determinação possibilitará uma abordagem lógica e ajudará a evitar uma supercorreção, que poderia comprometer o programa de conservação auditiva, sem necessariamente resolver o problema.

9 Considerações Finais

Um exame da fisiologia de um canal auditivo saudável indica que seus mecanismos naturais de defesa o tornam extremamente resistentes a infecções. Esta é confirmada pelos fatos não comprovados e dados epidemiológicos disponíveis a respeito da prevalência da otite externa entre os usuários e não-usuários dos DPAs. Para ambos os grupos, a prevalência encontrada foi de aproximadamente 2%. Embora os DPAs não devam ser usados quando houver algum problema no canal auditivo e haja a necessidade de prestar cuidado na seleção e no seu uso em certas condições ambientais, a utilização de DPAs geralmente não aumenta a possibilidade de se contrair otite externa.

10 Referências Bibliográficas

- [1] A série EARlog, do No. 1 ao 17 está disponível e pode ser solicitada à Cabot Safety Corporation.
- [2] Senturia, B.H., Marcus, M.D., e Lucente, F.E. (1980). Diseases of the External Ear - An Otolitic-Dematologic Manual, Grune & Stratton, New York, NY.
- [3] Perry, E.T. (1957). The Human Ear Canal, Charles C. Thomas, Springfield, IL.
- [4] Cassisi, N., Cohn, A Davidson, T., e Witten, B.R. (1977). "Diffuse Otitis Externa: Clinical and Microbiologic Findings in the Course of a Multicenter Study on a New Otic Solution", Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 86 (Suppl., 39), 1-16.

- [5] Caruso, V.G. e Meyerhoff, W.L. (1980). "Trauma and Infections of the External Ear," em *Otolaryngology*, Vol.II, editado por M.M. Paparella e D.A.Shumrick, W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA.
- [6] Hawke, M., Wong, J., e Krajden, S. (1984). "Clinical and Microbiological Features of Otitis Externa", *J. Otolarygol.* 13 (5), 289-295.
- [7] Hoadley, A.W. e Knight, E.E. (1975). "External Otitis Among Swimmers and Nonswimmers," *Arch. Environ. Health* 30, 445-448.
- [8] McKelvie, M. e McKelvie, P. (1966). "Some Aetiological Factors in Otitis Externa," *Br. J. Derm.* 78, 227-231.
- [9] Rettinger, G. (1979, in German). "Cleansing of the Ear Canal with Cotton Swabs - Sense or Nonsense," *Med. Mo. Pharm.* 3(5), 129-132. [Tradução disponível na E-A-R Division].
- [10] Wheeler, D.E. e Glorig, A. (1956). "The Industrial Hygienist and Ear Protection," *Noise Control* 2(1), 45-49.
- [11] Gasaway, D.C. (1985). *Hearing Conservation - A Practical Manual and Guide*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, p. 173.
- [12] Mote, W. (1985). Comunicação baseada em sua pesquisa como membro do "Board of Directors of the Council for Accreditation in Occupational Hearing Conservation." Dr. Mote estudou a literatura especializada e entrevistou conservacionistas da audição, norte-americanos, na indústria e nas forças armadas.
- [13] Adelman, S. (1985). Comunicação.
- [14] Hopkinson, N.T. (1981). "Prevalence of Middle Ear Disorders in Coal Miners". U.S. Dept. of Health and Human Services, Rept. No. 81-101, Cincinnati, OH.
- [15] Forshaw, S.E. e Cruchey, J.I. (1982). "Hearing Protector Problems in Military Operations", em *Personal Hearing Protection in Industry*, editado por P.W. Alberti, Raven Press, New York, NY, 387-402.
- [16] Foltner, K.A. (1984). "The Case for Otoscopic Screening in Industrial Hearing Conservation", *Hearing J.* 37(6), 27-30.
- [17] Royster, L.H. e Royster, J.D. (1984). "Hearing Protection Utilization: Survey Results Across the USA", *J. acoust. Soc. Am. Suppl.* 1, 76, S43.

- [18] Cooper, S.J. (1985). "Relationship of Hearing Protector Type and Prevalence of External Auditory Canal Pathology", apresentado no Am. Ind. Hyg. Assoc. Conf, Las Vegas, NV, No. 23.
- [19] Royster, L.H. e Royster, J.D. (1985). "Hearing Protection Devices", em Hearing Conservation in Industry, editado por Alan S. Feldman e Charles T. Grimes, Williams e Wilkins, Baltimore, MD.
- [20] Jamieson, G.A. (1946). "A Note on External Otites". Brit. Med. J. 1, p. 877.
- [21] Johnston, C.M. (1966). "Respiratory Tract Disease - Diagnosis and Treatment of Discharging Ears", Brit. Med. J. 1, 1091-1093.
- [22] Carpendale, M. (1952). "A Critical Analysis of the Ears of a Thousand Normal Young Men", J. Laryngol. and Otol. 66, 396-408.
- [23] Akroyd, R. (1953). "Newer Topical Antibiotics in Otitis Externa," J. Laryngol. Otol. 73, 544-554.
- [24] Senturia, B.H. (1957). Diseases of the External Ear, Charles C. Thomas, Springfield, IL.
- [25] Cambon, K., Galbraith, J.D. e Kong, G. (1965). "Middle-Ear Disease in Indians of the Mount Currie Reservation, British Columbia," Canad. Med. Assoc. J. 93, 1301-1305.
- [26] Berger, E.H. e Nuss, R.A. (1985). Resultados de ostoscopias, não publicados, feitas em empregados da E-A-R-Division, que participaram de um programa de conservação auditiva.

Traduzido sob os auspícios da REAL Equipamentos de Segurança Ltda., São Paulo, Brasil, por Sylvio J. Geiger de Pinho e Eliana Giacon de Miranda.

A SOBRAC agradece ao Sr. Elliott H. Berger, pela permissão dada para publicar seus seguintes artigos:

EARLog7: Motivando os Trabalhadores a Usar Dispositivos de Proteção Auditivo (ver revista 11)

EARLog17: Infecção Auditiva e o Uso do Protetor Auditivo (nesta revista 12)

EARLog19: Sugestões para Adaptação no Uso dos Protetores Auditivos (ver próxima revista 13).

OS EFEITOS DO RUÍDO NA AUDIÇÃO

CRISTIANE ELVAS MAYRINK
fonoaudióloga

CLARICE SANTOS DA SILVA
fonoaudióloga

MARISE DANTAS FERREIRA
fonoaudióloga

MARIA CECÍLIA BEVILACQUA
professora titular da PUC-SP e fonoaudióloga do
Hospital de reabilitação de Bauru (USP)

RESUMO

No meio industrial encontramos vários agentes que em determinadas condições podem comprometer o ambiente de trabalho e a saúde do trabalhador. Entre esses agentes destacamos o ruído.

O trabalho que se segue tem por objetivo estudar a relação entre a perda de audição induzida pelo ruído (PAIR) em função do tempo de exposição, fornecendo aos profissionais alguns subsídios para posterior reflexão sobre os critérios de classificação atualmente utilizados no que se refere a faixa de frequências avaliada.

ABSTRACT

There are many agents commonly found in industry, that can, in certain conditions, represent a hazard to workers health . Among these, noise is one of most common agent observed.

The aim of the present paper is to study the association between noise-reduced hearing loss and length of exposure, to contribute in the study of audiogram classification criteria, currently in use.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico presenciados por todos durante este século trouxe inúmeros benefícios à sociedade. Permitiu o desenvolvimento e aperfeiçoamento de novos equipamentos e técnicas de produção que puderam ser aplicadas às diversas áreas de atuação do homem. Porém, o aumento indiscriminado e não planejado da industrialização trouxe sérias implicações à saúde física e psíquica dos trabalhadores (NEPOMUCENO 1979).

No meio industrial, por exemplo, encontramos vários agentes que em determinadas condições podem comprometer a qualidade do ambiente de trabalho e conseqüentemente a saúde do trabalhador. De acordo com GOMES (1989), o ruído ocupa o terceiro lugar entre os riscos ocupacionais que atinge o trabalhador brasileiro, sendo superado apenas pelos agrotóxicos e pelas doenças osteoarticulares decorrentes de alteração de postura.

O ruído pode acarretar alterações de ordem neurovegetativa e psicossomática, como também alterações auditivas, comumente divididas em três categorias : trauma acústico, mudança temporária do limiar auditivo e mudança permanente do limiar auditivo.

REVISÃO DA LITERATURA

A perda de audição induzido por ruído (PAIR) é uma mudança permanente dos limiares auditivos que ocorre, em geral, após vários anos de exposição à ruídos de intensidade excessiva. A perda é irreversível pois compromete as células ciliadas do Orgão de Corti.

Muitos fatores concorrem para a instalação da PAIR. As variedades nos graus deste tipo de perda podem ser atribuídas tanto às diferenças de suscetibilidade entre os indivíduos (sexo, exposição concomitante a outros agentes, perda auditiva pré-existente, idade, etc...), quanto a determinadas características físicas do ruído (espectro de frequências, intensidade , etc...) (MELNICK, 1978).

Algumas da principais características da PAIR segundo a "ACOM" American College of Occupational Medicine Noise and Hearing Conservation Committee (1989) são :

* perda do tipo neurosensorial caracteristicamente bilateral e simétrica. Contudo **SANTOS et alli (1989)** mencionam que tem sido encontrada perdas não simétricas entre os ouvidos e alguns casos de perda unilateral.

* começa com uma queda na faixa de frequências de 3000 a 6000 Hz. A perda de audição usualmente é mais pronunciada em 4000 Hz. Algumas vezes, a frequência mais comprometida é a de 6000 Hz, como observou **MORATA (1986) e GODOY (1991)**

* a perda nas frequências de 3000, 4000 e 6000 Hz atingem um nível máximo num período de 10 a 15 anos em condições de exposição estáveis.

* a existência de uma PAIR não torna o ouvido mais sensível a futuras exposições ao ruído.

A perda de audição resulta dos efeitos nocivos de um ruído, especialmente em meios tipicamente industriais, progridem de maneira bem definida e os audiogramas apresentam configurações bastante reconhecíveis. A ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE E A ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (1980), por exemplo, fornecem dados sobre a evolução da PAIR em função dos anos de exposição.

OBJETIVO E MÉTODO

Este trabalho teve por objetivo o estudo da relação entre perda auditiva induzida por ruído (PAIR) e o tempo de exposição dos trabalhadores a este ruído dentro de indústrias metalúrgicas.

A população desta pesquisa, trabalhadores matriculados no Sindicato dos Metalúrgicos e Mecânicos de São Bernardo do Campo *, foi sorteada aleatoriamente e convocada a fazer parte da pesquisa através de carta convite.

Primeiramente os trabalhadores passavam por uma entrevista e em seguida por avaliação audiométrica por via aérea nas frequências de 250 a 8000 Hz, usando-se tom puro como estímulo sonoro. Era exigido repouso auditivo de no mínimo 8 (oito) horas . A devolutiva era dada aos trabalhadores após o exame e as dúvidas discutidas.

O equipamento utilizado na realização da audiometria foi o audiômetro MAICO MA-41.

Os exames foram analisados
respeitando a seguinte classificação :

25-40 dB.....perda leve
41-60 dB.....perda moderada
61-90 dB.....perda severa
mais de 90 dB.....perda profunda

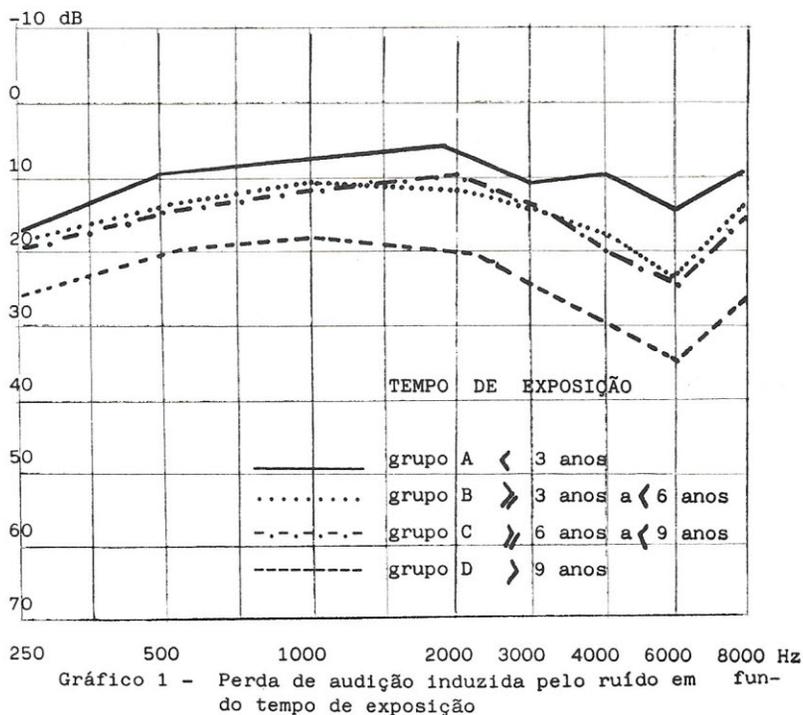
Após a classificação das audiometrias os valores foram colocados no computador, tentando-se com isso o cruzamento dos dados audiométricos e dados na entrevista. Para esta parte do trabalho foi feita uma medida linear das audiometrias entre ouvidos direito e esquerdo, que foram, por sua vez, classificados em 4 grupos em função do tempo de exposição dos trabalhadores ao ruído:

grupo	tempo de exposição
<i>A</i>	<i>.....(menor) de 3 anos</i>
<i>B</i>	<i>.....(maior ou igual) a 3 anos, a (menor) de 6 anos</i>
<i>C</i>	<i>.....(maior ou igual) a 6 anos, a (menor) de 9 anos</i>
<i>D</i>	<i>.....(maior) de 9 anos</i>

*** A coleta dos dados deste trabalho foi feita no Sindicato dos Metalúrgicos e Mecânicos de São Bernardo do Campo.**

RESULTADOS

As audiometrias dos trabalhadores foram classificadas em 04 grupos em função do tempo de exposição ao ruído. Observamos no gráfico 1 os quatro grupos formados (A,B,C e D) e por ele podemos notar que quanto maior o tempo de exposição ao ruído, um número maior de frequências são atingidas. Inicialmente as frequências agudas são as mais atingidas, com a continuidade de exposição, as frequências médias e graves também se comprometem.



ANÁLISE DE CADA GRUPO

GRUPO A

Tempo de exposição : (menor) de 3 anos

A média dos limiares audiométricos dos trabalhadores deste grupo encontra-se na faixa de normalidade (20 dB NA) - em todas as frequências.

Em 3000 Hz observa-se uma queda dos limiares com ligeira recuperação de 4000 Hz. Contudo a queda é mais acentuada em 6000 Hz com recuperação em 8000 Hz.

GRUPO B

Tempo de exposição:(maior ou igual) a 3 anos,
a (menor) de 6 anos

Neste grupo a média dos limiares das frequências de 500 a 4000 Hz e na frequência de 8000 Hz situa-se acima de 20 dBNA - dentro da normalidade. Apenas em 6000 Hz configura-se a perda auditiva.

GRUPO C

Tempo de exposição : (maior e igual) a 6 anos
a (menor) de 9 anos

Percebe-se neste grupo uma repetição do quadro apresentado no grupo anterior (grupo B), ou seja, ocorrência de perda auditiva apenas em 6000 Hz.

O padrão audiométrico descrito anteriormente se mantém.

GRUPO D

Tempo de exposição : (maior) de 9 anos

Nota-se um rebaixamento significativo com relação ao grupo anterior (grupo C) em todas as frequências estudadas. A perda auditiva surge a partir de 2000 Hz, acentuando-se em 6000 Hz e recuperando em 8000 Hz, apesar desta última também estar comprometida.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Neste estudo observamos que a curva audiométrica da perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) é descendente, sendo mais acentuada nas frequências agudas que nas graves, e que a perda ocorre progressivamente, indo assim, nossa observação, de encontro a literatura consultada. Estes dados podem estar relacionados tanto a características físicas do ruído (espectro de frequências, intensidade, tempo de exposição, etc...) e a fatores ligados suscetibilidade individual do trabalhador (exposição concomitante a outros agentes, sexo, perda auditiva pré-existente, etc...), quanto as características anatômicas da cóclea.

Notamos ainda que o padrão da curva audiométrica na PAIR, descrito acima, se mantém mesmo quando os limiares ainda se encontram na faixa da normalidade, como no Grupo A do gráfico 1.

A frequência mais comprometida neste trabalho foi a de 6000 Hz.

Salientamos, neste momento, a importância da faixa de frequência selecionada para a avaliação dos trabalhadores expostos ao ruído. Ressaltamos, mais especificamente, o critério de classificação de PAIR adotado pela legislação brasileira (tabela de Fowler). Esse critério, além de considerar apenas as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, atribui valores percentuais diferenciados para as frequências graves e agudas, e se utiliza de valores de correção pela idade, encobrendo assim, perdas iniciais e não servindo a fins preventivos.

Acreditamos, que um critério de classificação deva ter como principal objetivo a detecção o mais cedo possível da perda auditiva para que sejam tomadas as medidas preventivas que evitem a sua progressão. Assim, as frequências avaliadas e consideradas por tal critério é um dos fatores que concorrem para a sua efetividade.

Gostaríamos de deixar claro que a avaliação audiológica é apenas uma das etapas de um programa de prevenção à saúde do trabalhador. Assim, devemos entender um programa de prevenção como o conjunto de medidas adotadas não apenas para evitar a perda de audição, mas para proporcionar ao trabalhador um ambiente de trabalho que não provoque danos à saúde global, inclusive à sua audição.

BIBLIOGRAFIA

ACOM - American College of Occupational Medicine Noise and Hearing Conservation Committee (1989) in GODOY, TEREZA M. C.- *Perdas Auditivas Induzidas pelo Ruído em Militares : Um enfoque preventivo*. Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre - PUC - SP, 1991

GODOY, TEREZA M. C. - *Perdas Auditivas Induzidas pelo Ruído em Militares : Um enfoque preventivo*. Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre PUC - SP, 1991.

GOMES (1986) in GODOY, TEREZA M. C. - GODOY, TEREZA M. C. - *Perdas Auditivas Induzidas pelo Ruído em Militares : Um enfoque preventivo*. Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre PUC - SP, 1991.

MELNICK, W (1978) - "*Temporary and Permanent Threshold Shift*" in : LIPSCOMB, DAVID M. - Noise and Audiology. University Park Press, Baltimore, 1978.

MORATA, THAIS C. - "*Saúde do Trabalhador. Estudo sobre a Exposição Simultânea ao Ruído e ao Dissulfeto de Carbono*".
Dissertação apresentada como exigência parcial para a
obtenção do título de Mestre - PUC - SP , 1986.

NEPOMUCENO, L. X. - "*Medidas Técnicas para Análise, Avaliação e Controle do Barulho na Indústria*". in : "Revista Brasileira de Saúde Ocupacional", 7(28) : 6 - 2 , 1979.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE e
ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE - Critérios de Saúde
Ambiental - no. 12, 1986.

Absorção Acústica de Materiais de Acabamento e Construção

Arqta. Lourdes Zunino Rosa
OCAM Consultoria e Projetos
Rua Paula Brito, 671/305-Andaraí
20541.190, RJ, RJ
Prof. Jules G. Slama
COPPE/UFRJ

1. Introdução

O presente trabalho é parte de uma Tese de Mestrado em Arquitetura [1] que teve como objetivo fornecer dados técnicos para projetos de acústica arquitetônica, através de princípios básicos e exemplos práticos de aplicação.

2. Absorção Acústica

O coeficiente de absorção dos materiais de construção é um elemento importante no projeto arquitetônico, já que influi na qualidade acústica do ambiente construído. Para facilitar o trabalho dos projetistas, reunimos em fichas técnicas, o desempenho de materiais disponíveis no mercado brasileiro. Realizamos, também, um estudo comparativo de alguns destes produtos, apresentados em gráficos. A seguir uma amostragem deste trabalho.

3. Fichas Técnicas

Para trabalhar com condicionamento acústico, precisaremos conhecer o coeficiente de absorção (α) de materiais, pessoas e objetos, dependendo de cada projeto. O coeficiente α , é idealmente definido como uma fração do nível de potência sonora que incide, aleatoriamente sobre uma superfície e por ela absorvido (varia conforme frequência).

LÃ DE VIDRO

Fabricante: SANTA MARINA

Descrição: PAINEL RÍGIDO

TIPO	MASSA VOLM. Kg/m ³	MONTAGEM ÁREA DA AMOSTRA	CERTIFICADO E DATA	ES PES. mm	COEF.DE ABSORÇÃO SONORA					
					125	250	500	1000	2000	4000
PSI- 30-50	30	PISO 10,80m ²	IPT no.781847 30/08/90	50	0,17	0,62	0,90	1,00	1,07	0,97
PSI- 40-25	40	FORRO SUSPENSO PLENUM 400mm / 12m ²	IPT no.776376 15/12/89	25	0,50	0,73	0,49	0,71	0,74	0,69
PSI- 40-25	40	PISO 10,80m ²	IPT no.776047 05/12/89	25	0,05	0,24	0,50	0,70	0,87	0,87
PSI- 60-25	60	FORRO SUSPENSO PLENUN 400mm / 12m ²	IPT no.775001 24/11/89	25	0,50	0,74	0,60	0,73	0,79	0,78

LÃ DE VIDRO		Fabricante: SANTA MARINA			Descrição: FELTRO EM ROLO					
TIPO	MASSA VOLM. Kg / m ³	MONTAGEM, ÁREA DA AMOSTRA	CERTIFICADO E DATA	ESPES. mm	COEF. DE ABSORÇÃO SONORA					
					125	250	500	1000	2000	4000
FSB- 12-50	12	P ISO 12m ²	IPT no. 782056 05/09/90	50	0,16	0,42	0,68	0,94	0,95	1,00
FSB- 12-75	12	"	IPT no. 782055 05/09/90	75	0,22	0,72	0,97	1,07	0,90	1,02
FSB- 20-25	20	"	IPT no. 778442 27/03/90	25	0,12	0,33	0,59	0,81	0,90	0,93
FSB- 20-50	20	"	IPT no. 775516 10/11/89	50	0,21	0,50	0,84	1,00	0,99	1,03

LÃ DE VIDRO		Fabricante: SANTA MARINA			Descrição: DUTO DE AR CONDI- CIONADO					
DUTOVID	80	4 PLACAS S/PISO ² 11,7m	IPT no. 658577 11/08/82	25	0,03	0,19	0,50	0,95	1,02	1,03

LÃ DE ROCHA		Fabricante: FIBERGLAS		Descrição: FIBRAS LONGAS AGLOMERADAS COM RESINA								
TIPO	MASSA VOLM. ₃ Kg / m ³	MONTAGEM AREA DA AMOSTRA	CERTIFICADO E DATA	ESPES mm	COEF.DE ABSORÇÃO SONORA							
					125	250	500	1000	2000	4000		
MS-20	32	PISO 10,80m ²	REALIZADO NO LABORATÓRIO DA UFSC EM 18/11/88	50	0,35	0,40	0,74	0,80	0,91	0,96		
MS-20	32			100	0,84	0,98	1,10	1,11	1,09	1,17		
MS-40	64			50	0,50	0,58	0,91	1,10	1,05	1,06		
MS-40	64			100	0,87	1,23	1,19	1,15	1,12	1,09		
FIBRAS CERAMICAS		Fabricante: MORGANITE		Descrição: FIBRAS CERÂMICAS A BASE DE CILICA E ALUMINA								
MANTA KAOWOOL	64	PISO 13M ²	No. RAL A86-343 RIVERBANK ACOUSTICAL LABS	25	0,10	0,29	1,00	1,04	0,99	0,98		
MANTA KAOWOOL	96			"	25	0,12	0,35	0,99	0,88	0,90	0,91	
MANTA KAOWOOL	64			"	"	51	0,27	0,92	1,01	1,01	1,03	1,10
MANTA KAOWOOL	96			"	"	51	0,33	0,92	0,83	0,89	0,92	0,91

FIBRAS DE MADEIRA Fabricante: CLIMATEX Descrição: CHAPAS DE FIBRA DE MADEIRA MINERAL PRENSADA

TIPO	MASSA VOLUME. Kg / m ³	MONTAGEM E AREA DE AMOSTRA	CERTIFICADO E DATA	ESPESS. MM	COEF. DE ABSORÇÃO SONORA					
					125	250	500	1000	2000	4000
C-25	440	PISO 11,52m ²	NO. LMCC001/90 Laboratório UFSM	25	0,03	0,10	0,23	0,59	0,81	0,62

FIBRAS DE MADEIRA Fabricante: EUCATEX Descrição: CHAPA DE FIBRA DE EUCALIPTO

TIPO	MASSA VOL. (kg/m ³)	FONTE	ESPESSURA (mm)	NRC *
ISOLANTE SIMPLES	260	Fabricante	12	0,3
ISOLANTE SUPER	230	"	50	0,4
" "	230	"	100	0,4
ISOLANTE REVESTIDO	260	"	12	0,3

* NRC - "Noise reduction class" - Média aritmética dos coeficientes de absorção entre as frequências de 250, 500, 1000 e 2000 Hz. O NRC é utilizado quando as baixas frequências não são importantes.

ESPUMA DE POLIURETANO Fabricante: ILLBRUCK Descrição: ESPUMA C/CUNHAS

TIPO	MASSA VOLUME, Kg / m ³	MONTAGEM E AREA AMOSTRA	CERTIFICADO E DATA	ESPES. mm	COEF.DE ABSORÇÃO SONORA					
					125	250	500	1000	2000	4000
SONEX	35		IPT NO.766445 12/88	20	0,04	0,12	0,28	0,44	0,60	0,73
SONEX	35	PISO 12m ²	IPT NO.766446 12/88	35	0,06	0,20	0,45	0,71	0,95	0,89
SONEX	35		IPT NO.766442 12/88	50	0,07	0,32	0,72	0,88	0,97	1,01
SONEX	35		IPT NO.766444 12/88	75	0,13	0,53	0,90	1,07	1,07	1,00
SONEX CHUMBO		PISO 12M ²	IPT NO.799058 07/92	42,2	0,20	0,21	0,25	0,35	0,40	0,50

ESPUMA DE POLIURETANO

 Fabricante: ART SPUMA Descrição: ESPUMA SOBRE FO-
LHA DE CHUMBO *

ART CUSTIC	35	PISO 12m ²	IPT NO.793535 18/12/91	65	0,27	0,77	0,63	0,67	0,71	0,85
---------------	----	--------------------------	---------------------------	----	------	------	------	------	------	------

* Painel de chpa de aço 2mm + placa de espuma esculpida 30mm + espuma lisa 25mm + película de chumbo 3mm + espuma lisa de 10mm compactada para 5mm.

MANTA DE POLIESTER Fabricante: RHODIA Descrição: MANTA DE POLIESTER
EXTRUDADO

TIPO	DENSID. SUPERF. Kg/m ²	MONTAGEM E ÁREA DE AMOSTRA	CERTIFICADO E DATA	ESPES. MM	COEF.DE ABSORÇÃO SONORA					
					125	250	500	1000	2000	4000
BIDIN OP060	0,60	PISO 10m ²	IPT no.470997 02/76	6	0,03	0,05	0,12	0,20	0,38	0,58
CARPETES Fabricante: FADEMAC Descrição: MANTA COM 100% DE PROPILENO										
MURA- FLEX	0,40	PISO 11,0m ²	IPT no.799218 08/07/92	3,7	0,02	0,04	0,09	0,10	0,29	0,40
BOU- CLE	0,69	PISO 12m ²	IPT no.782090 06/09/90	4,5	0,03	0,07	0,17	0,30	0,53	0,69

CONCRETO CELULAR Fabricante: SIPOREX Descrição: BLOCOS DE CONCRETO
CELULAR AUTOCLAVADO

TIPO	MASSA VOLUME Kg/m ³	FONTE	ESPES. mm	COEF.DE ABSORÇÃO SONORA					
				125	250	500	1000	2000	4000
BLOCO 0,45	450	Fabricante	100	0,02	-	0,19	-	0,34	-

DESCRIÇÃO	FONTE	ES.PES. mm	COEF. DE ABSORÇÃO SONORA						
			125	250	500	1000	2000	4000	
CORTIÇA EM PLACAS	Documentation Française du Batiment (marca SMCI)	25	0,08	0,08	0,37	0,68	0,30	0,47	
"	ABNT NB-101 conforme Hans W. Bobram	19	0,09	0,02	0,06	0,19	0,21	0,22	
CORTIÇA EM PLACAS COLADAS NO CHÃO	Building Research Station USA, conforme Knudsen e Harris	8	0,08	0,02	0,08	0,09	0,21	0,22	
BORRACHA EM ROLO	ABNT NB-101 conforme Hans W. Bobran	3	0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,10	
VIDRAÇA DE JANELA	ABNT NB-101 conforme Hans W. Bobran	-	-	0,04	0,03	0,02	-	-	
"	General Building Material	-	0,35	0,25	0,10	0,12	0,07	0,04	
TIJOLO DE VIDRO PLACAS DE 0,9 A 0,6m	Documentation Francaise du Batiment (marca Verdex ACR) ensaios em tubo de Kundt	40	0,45	0,88	0,78	0,73	0,99	0,05	

DESCRIÇÃO	FONTE	ES PES. mm	COEF. DE ABSORÇÃO SONORA					
			125	250	500	1000	2000	4000
PAREDE TIJOLO PIN- TADA	W.C.Sabine, segundo Knudsen e Harris	450	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
PAREDE DE TIJOLO NÃO PINTADA	"	450	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
BLOCOS DE TIJOLO VAZA- DO COM ABER- TURAS EXPOS- TAS	J. I. Pizzuti - Laboratório da UFSM (piso)	200	0,05	0,28	0,28	0,32	0,32	0,40
IDEM CHEIOS DE CASCA DE ARROZ	"	200	0,55	0,95	0,68	0,85	0,80	0,68
BLOCO DE CONCRETO RÚSTICO	General Building Mat. and Furnishing segundo Knudsen e Harris	-	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25
BLOCO DE CONCRETO PINTADO	"	-	0,10	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08

DESCRIÇÃO	FONTE	ES PES. mm	COEF. DE ABSORÇÃO SONORA					
			125	250	500	1000	2000	4000
CONCRETO DESPEJADO SEM PINTAR	"	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
CONCRETO DESPEJADO PINTADO	"	-	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
GESSO/MASSA ACAB.LISO S/ TIJ.OU TELHA	General Building Mat. and Furnishing segundo Knudsen e Harris	-	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
GESSO CARTO- NADO (GYPSUM SOBRE SARRA- FOS DE 40cm)	"	12,5	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09
PAINEL DE AGLOMERADO	General Building Mat. and Furnishing segundo Digital Tecnologia de Audio e Video Ltda.	6	0,60	0,30	0,10	0,09	0,09	0,09
PAINEL DE AGLOMERADO	"	10	0,28	0,22	0,17	0,09	0,10	0,11

TIPO	MONTAGEM E ÁREA DE AMOSTRA	CERTIFICADO E DATA	ESPES. mm	COEF.DE ABSORÇÃO SONORA					
				125	250	500	1000	2000	4000
FORRO DE LÃ DE VIDRO				Fabricante: SANTA MARINA					
K/60 GLACIAL	FORRO SUS- PENSO PLENUM 400mm / 12m ²	IPT no.775490	25	0,20	0,38	0,48	0,51	0,25	0,11
FORROVID ES- TANQUE P.A.	"	IPT no.781124 01/08/90	20	0,23	0,12	0,22	0,70	0,36	0,10
FORROVID PLAFOND 50	"	IPT no.775489 10/11/89	20	0,24	0,52	0,44	0,49	0,27	0,10
FORRO DE LÃ ROCHA				Fabricante: EUCATEX					
EUCAROC	MÉTODO DE TUBO DE CÂMARA DE	-	-	0,31	0,39	0,47	0,60	0,77	0,79
TEXTURIZADO	AR 50mm / LAB. IGOR	-	-	0,14	0,12	0,28	0,28	0,36	0,30
JUTA	SRESNEWKY	-	-	0,07	0,12	0,10	0,12	0,12	0,30

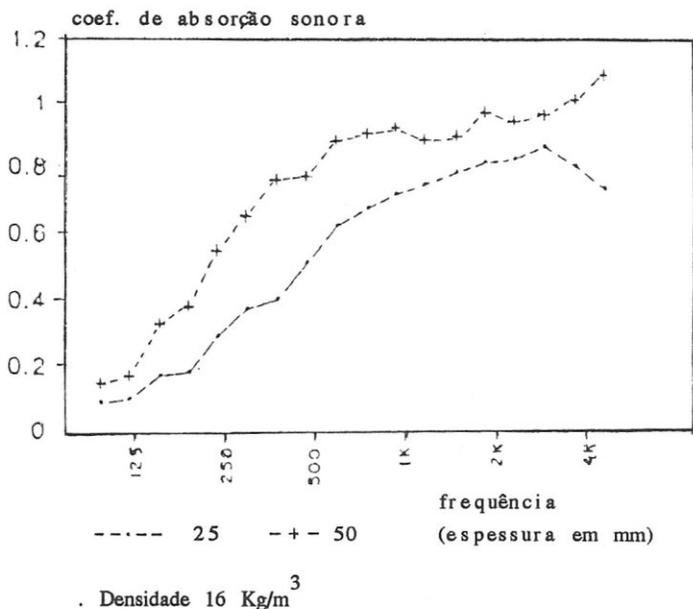
TIPO	MONTAGEM E ÁREA DE AMOSTRA	CERTIFICADO E DATA	ESPES. mm	COEF.DE ABSORÇÃO SONORA					
				125	250	500	1000	2000	4000
FIBRA PROJETADA A BASE DE LÂ DE VIDRO				Fabricante: SANTA MARINA					
FISTOFIBRA AMARELO	-	IPT no.733427 12/05/86	de 30 a 40	0,07	0,33	0,64	0,75	0,89	0,96
A BASE DE VERMICULITA				Fabricante: EUCATEX					
ISOCUSTIC	-	Fonte: Fabri- cante	10	-	0,15	0,35	0,65	0,78	0,65
A BASE DE CELULOSE				Fabricante: TRATAMENTO TERMO-ACUSTICO LTDA.					
ACUSTIC-MIL	-	Fabricante	-	0,05	0,24	0,65	0,87	0,99	1,00
CELUJET	-	IPT no.713455 14/05/85	de 25 a 30	0,06	0,22	0,60	0,87	0,98	0,100
A BASE DE POLIURETANO PULVERIZADO				Fabricante: L'AVALLE					
ESPUMA PULVE- RIZADA	-	Fabricante	25	0,12	0,18	0,27	0,19	0,62	0,22

4. Gráficos Comparativos

Estudamos os materiais fibrosos, por sua dupla ação de absorção, que se dá via atrito viscoso (abertura entre fibras) como na maioria dos materiais porosos e também por perdas internas (absorção da energia vibratória adquirida pelas próprias fibras). [2].

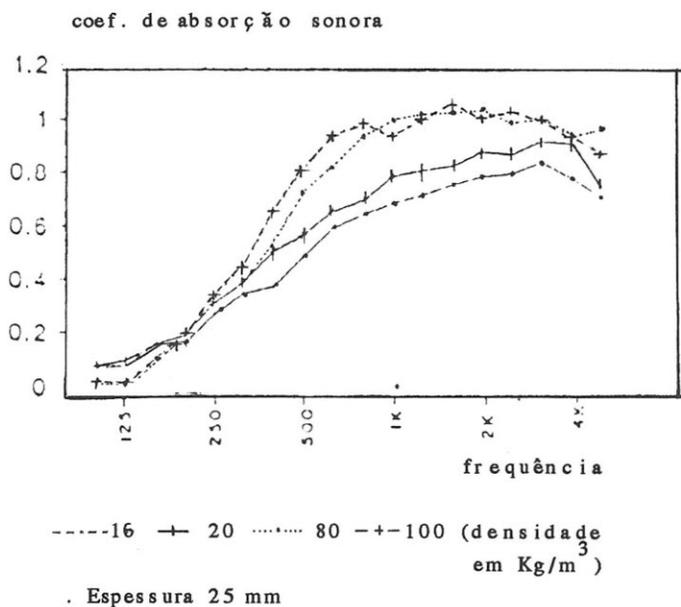
Efeitos de Espessura - de uma maneira geral, para baixas densidades (12 à 30 Kg/m^3), quanto mais espesso, melhor desempenho nas frequências médias (250 à 1 KHz). Já materiais mais densos, quanto mais espessos, tendem a melhorar seu desempenho nas baixas frequências e apresentando pouca variação nas altas frequências. Considerou-se montagem contra superfície rígida.

mesma montagem, mesma densidade espessura diferente



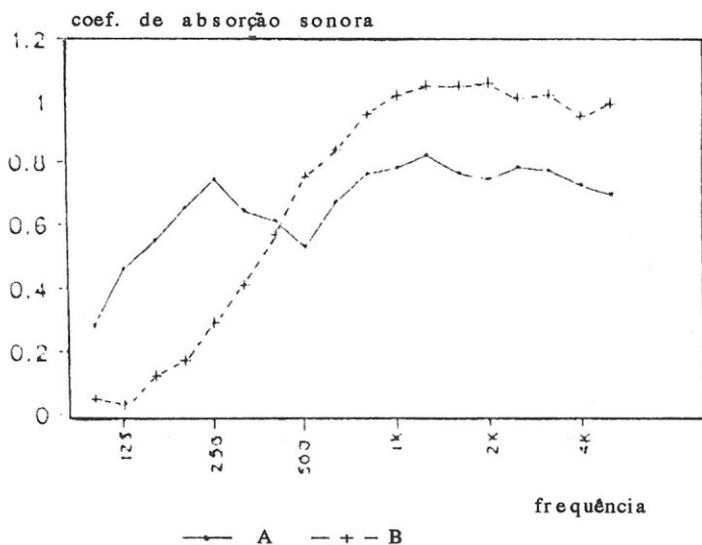
Efeitos de Densidade - para a mesma espessura, quanto maior a densidade, menor o desempenho em baixas frequências. Materiais montados contra superfície rígida.

mesma montagem, mesma espessura
densidade diferente



Efeitos da Montagem - montados contra superfícies rígidas, tendem a melhorar o desempenho acima de 500 Hz e piorar abaixo desta faixa, se comparados com materiais montados com espaçamento de ar. A variação no espaçamento de ar, também afeta o resultado e está relacionada com o comprimento da onda sonora incidente.

montagem diferente, mesma espessura mesma densidade



A - com espaçamento de ar de 400 mm

B - material montado contra superfície rígida

5. Conclusões

Chamamos atenção à importância da montagem do material absorvente no desempenho final de absorção de um determinado sistema e também ao fato que materiais de mesma densidade e espessura, apresentam resultados diversos se colocados contra superfícies rígidas, como paredes ou quando fixados afastados destas, como em forros. Estes dados podem influir no custo final do projeto e portanto devem ser analisados com rigor.

Constatamos também que muitos materiais ditos acústicos, não têm testes que possam comprovar suas qualidades neste sentido. Acreditamos que este fato tenda a se reverter, à medida que aumenta a preocupação e demanda de soluções em torno da poluição sonora e qualidade do ambiente construído. Quanto maior o número de técnicos atuando nesta área, maior a pressão sobre o mercado, facilitando a exigência de laudos, o surgimento de novos materiais, a pesquisa com materiais alternativos (desenvolvendo produtos com matéria-prima local e de baixo custo), novas soluções e padrões de construções urbanas.

O desenvolvimeno da acústica arquitetônica é recente, mas com certeza contribuirá para uma melhoria social, tendo em vista que o ruído afeta a saúde física e mental dos indivíduos.

6. Referências Bibliográficas

- [1] Zunino Rosa, L. "Absorção Acústica na Qualidade do Ambiente Construído: da Sala de Estar ao Estúdio de Som." Tese, M. Sc. Arquitetura, FAU/UFRJ, set. 1992.
- [2] Documentation Française du Bâtiment, L'Acoustique, Paris Ed. Publications du Moniteur, 1987.

Modelagem do Aparelho Fonador para Síntese Digital e suas aplicações na Música¹

Eduardo Reck Miranda
University of Edinburgh
Artificial Intelligence and Music Group
12 Nicolson Square
Edinburgh - EH8 9DF - Scotland - UK
e-mail: E.Miranda@edinburgh.ac.uk

Abstract

This paper introduces the notion of the design of abstract models of physical phenomena as a starting point for computer implementation of digital musical instruments. It focuses on the design of a digital synthesizer for the production of the human voice. It begins with a brief explanation of the human vocal physiology. Then it proposes a plausible acoustic model for it called FOFI (for source/fiter, or FOnTe/FIltro in Portuguese). After it shows how FOFI can be implemented using a sound synthesis technique known as subtractive synthesis. It goes on suggesting some musical applications for the model and finishes with a conclusion and further work.

1. Introdução

Modelos são muito úteis para o entendimento de fenômenos e simulação científica. Embora nem sempre perfeitos, são os modelos que nos permitem abstrair certos aspectos de um fenômeno complexo e consolidar resultados de pesquisa. Por outro lado, simulações computadorizadas de alguns fenômenos científicos, tais como fractais matemáticos e autômatos celulares, também têm sido utilizadas nas artes visuais e inspirado composições musicais [1][2][12].

Este artigo enfoca a modelagem do sistema de produção da voz humana para fins de implementação de um sintetizador digital de voz. O artigo começa com uma apresentação do sistema fisiológico humano e sugere um modelo acústico plausível para este sistema. Depois apresenta um método para implementação do modelo em computador seguido de algumas propostas e exemplos de como o modelo pode ser utilizado na música. O artigo finaliza com a conclusão e perspectivas para continuação do trabalho de pesquisa.

A modelagem da produção da voz humana vem sendo investigada desde o século XVIII, mas foi com a invenção do telefone que pesquisas neste sentido tomaram maior impulso. Hoje em dia existem diversas áreas do conhecimento interessadas na síntese digital da voz, tais como: acústica, medicina, indústria da computação, telecomunicações, psicologia, ciências cognitivas, e música.

2. Fisiologia da Produção da Voz

O pulmão e o diafragma são responsáveis pela excitação do aparelho vocal. O primeiro atua como um reservatório de ar e o segundo como uma fonte de energia que impulsiona o ar de dentro para fora. O processo de fala começa quando o ar dos pulmões é impulsionado pelo diafragma, passando pela traquéia e cordas vocais, depois pela faringe e velum, e finalmente saindo pela boca e/ou narinas. Para produzir o som da fala o fluxo de ar deve ser interrompido pelas cordas vocais e articulado pela língua e lábios. O fluxo de ar, interrompido e articulado, ainda sofre uma série de modificações quando passa pelas várias cavidades do sistema vocal, tais como faringe, cavidades nasais, e boca. Essas modificações são causadas por um fenômeno acústico conhecido como *resonância* [3].

O fluxo de ar expelido dos pulmões é uma turbulência, ou seja, um ruído branco. Quando essa turbulência passa pelas cordas vocais, estas vibram com um certa periodicidade gerando então um som que tem uma frequência e uma banda espectral mais ou menos definida. Mas o que finalmente define a característica do som é a *resonância do aparelho vocal*. Isto é determinado pelo formato do aparelho vocal no momento da produção do som. Em outras palavras, as cavidades funcionam como *resonadores* [3]. Um resonador tem a propriedade de atenuar certas frequências de um som complexo e enfatizar outras (queas que 're-so(n)am'). Os sons da fala humana podem ser classificados em dois

grandes grupos: vogais e consoantes. Entretanto, a maioria dos sons constituem uma combinação destes dois. As vogais são produzidas quando o aparelho vocal assume uma posição fixa e as cordas vocais vibram em uma frequência mais ou menos constante. Para cada vogal existe um conjunto diferente de *formantes*. Um conjunto de formantes pode ser pensado como um *envelope espectral* que modifica as amplitudes dos componentes espectrais do som (Fig. 1).

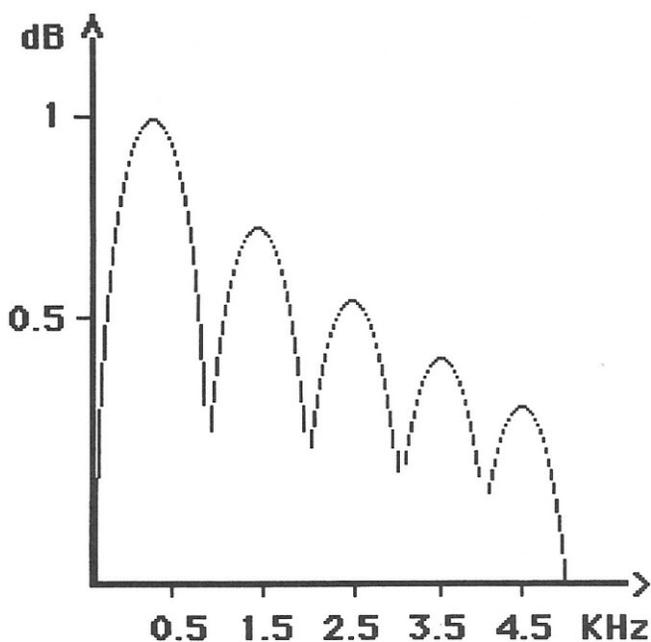
3. Modelo FOFI

O aparelho vocal pode ser visto como um cilindro de aproximadamente 17 centímetros, fechado em uma das extremidades (pelas cordas vocais) e aberto na outra (lábios), cuja medida pode ser levemente variada baixando-se ou levantando-se a laringe [4]. A área seccional do cilindro é determinada pelo posicionamento dos lábios, da língua e da garganta, variando desde zero (completamente fechado) até aproximadamente 20 centímetros quadrados [5]. A articulação dos mais diversos sons produzidos pelo mecanismo vocal ocorre através de variações do tamanho e área do cilindro, juntamente com variação da pressão com que a turbulência de ar é produzida durante a emissão do som.

Para um cilindro de mais ou menos 17 centímetros de comprimento, ressonâncias ocorrem aproximadamente nas frequências: 500, 1500, 2500, 3500, 4500 hertz. A título de experimentação, suponha que na extremidade fechada do cilindro existe uma fonte sonora rica em harmônicos.

Ao examinar o som que sai na outra extremidade, valendo-se de um analisador de espectro, nota-se que as amplitudes dos harmônicos do som original sofrem alterações de acordo com o envelope espectral imposto pelo formato do cilindro (Fig. 2).

Figura 1: Formantes constituem o 'envelope espectral' que caracteriza um determinado som. O envelope abaixo é composto por 5 formantes bem distintas.



Caso o cilindro seja dobrado, aumentado, ou a extremidade de saída do som for congestionada, o envelope espectral será modificado.

O modelo acústico FOFI baseia-se na premissa de que um som é produzido quando um objeto é excitado por algum tipo de energia mecânica e esse objeto por sua vez modifica essa excitação. A excitação mecânica corresponde a fonte enquanto que o objeto corresponde ao filtro. No caso da voz humana, a fonte é o som produzido pelas cordas vocais e o filtro é representado pelas cavidades formadas pela faringe, boca e narinas.

4. Implementação do modelo FOFI

O modelo FOFI pode ser implementado de acordo com o diagrama da Fig. 3. Neste sistema, a fonte constitui-se de 2 componentes: um gerador de ruído branco (que gera sinal correspondente ao ar turbulento que passaria sem vibrar as cordas vocais) e um gerador de pulsos (que gera sinal correspondente ao som emitido pela vibração das cordas vocais). De acordo com o ganho de cada um, a fonte pode ser somente pulso, ruído ou uma combinação de ambos. O sinal é então modificado por um sistema de filtros. Essa técnica é conhecida como *síntese subtrativa* [7].

Figura 2: As amplitudes dos componentes do som original sofrem alterações de acordo com o envelope espectral imposto pelo formato do cilindro.

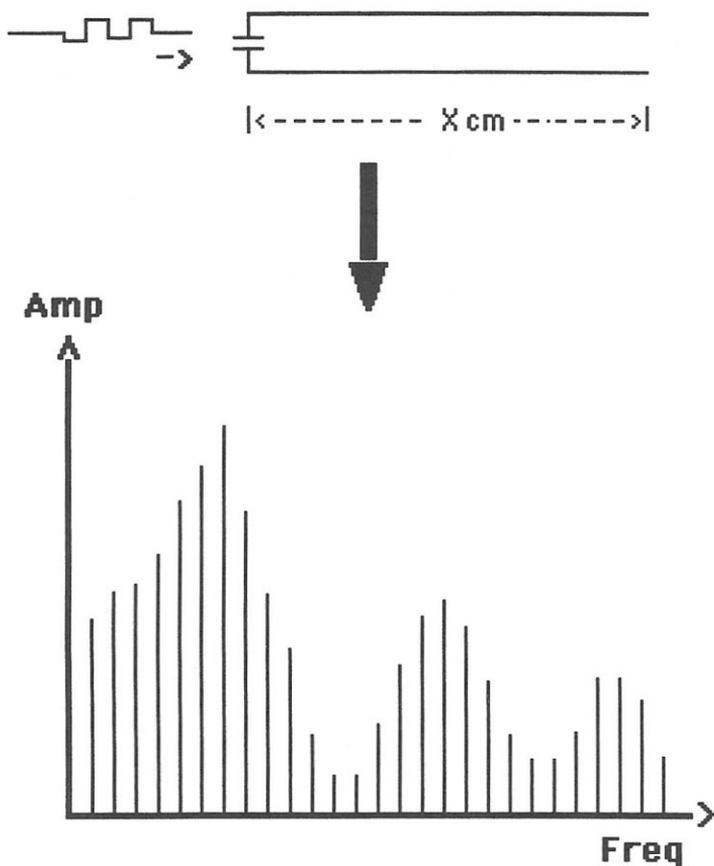
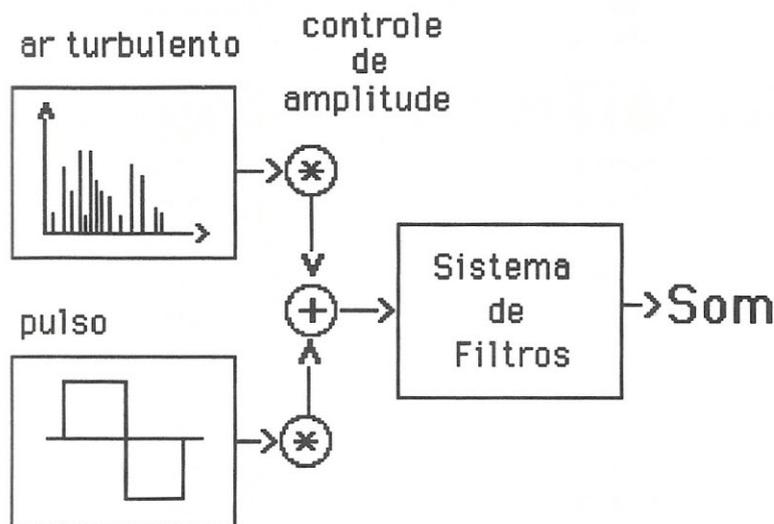


Figura 3: Modelo FOFI.

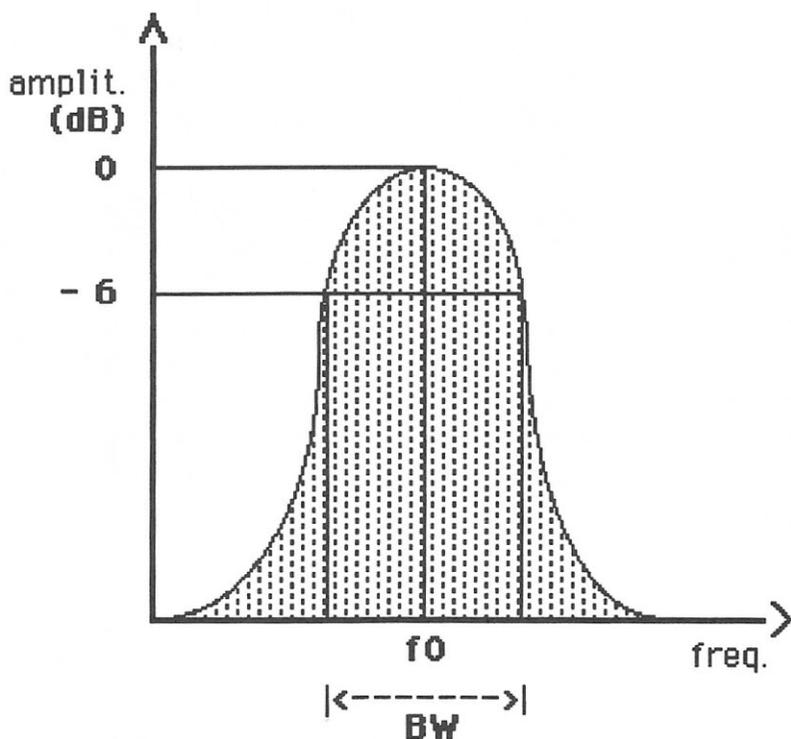


A técnica de síntese subtrativa assume que a excitação tenha um espectro rico. O sistema de filtros altera esse espectro removendo ou atenuando certas frequências enquanto deixa passar ou até mesmo amplifica outras. Se pensarmos em uma analogia com a escultura, síntese subtrativa funciona como uma espécie de lapidação de um som bruto.

Enquanto o gerador de ruído branco gera um largo espectro aleatoriamente distribuído, o gerador de pulsos produz uma forma de onda periódica com muita energia nos harmônicos. O tipo de filtro utilizado é

chamado de *filtro passa-banda* (BPF, ou "band-pass filter", em literatura em Inglês). Este é um filtro que rejeita frequências abaixo e acima de um certo valor (Fig. 4).

Figura 4: Resposta do filtro passa-banda (BPF).



Este filtro caracteriza-se por 2 parâmetros: f_0 (frequência de ressonância) e BW (largura de banda). A frequência de ressonância especifica o centro de

resonância do filtro, isto é, a principal frequência que deve ressonar. A largura de banda do filtro especifica a quantidade de componentes vizinhos de f_0 que não sofrerão atenuação maior de 6 decibéis. Para maiores esclarecimentos sobre BPF, por favor consulte [6][7].

Para se obter um envelope espectral como o da Fig. 1, por exemplo, é necessário que se faça uma composição de filtros em paralelo, onde cada um é responsável por uma das ressonâncias (Fig. 5). O sinal fonte passa por 5 filtros passa-banda, cada um com seus valores respectivos a f_0 e BW , bem como atenuadores para controlar a amplitude das formantes. As manobras do aparelho vocal para produzir os mais variados sons podem ser simulados pela adequação destes valores de acordo com o envelope espectral desejado. Veja no apêndice uma lista dos valores utilizados para produção das vogais /a/, /e/, /i/, /o/, e /u/.

5. Utilidade do modelo FOFI na música

FOFI foi implementado em Csound² [8]. Embora a implementação do modelo não seja perfeita para imitação fiel de um cantor humano, ele foi utilizado para composição de passagens musicais intercalando voz natural e voz artificial. Uma das maiores vantagens da utilização de um cantor artificial é que ele pode produzir sons que são difíceis, e até mesmo impossíveis de serem produzidos pelo cantor humano. Estes podem ser obtidos

através do uso de valores para os filtros que extrapolem os limites das possibilidades humanas. Mas por outro lado, o modelo não capta certos detalhes e nuances que somente a voz natural pode produzir. A deficiência de um é complementada pela eficiência do outro.

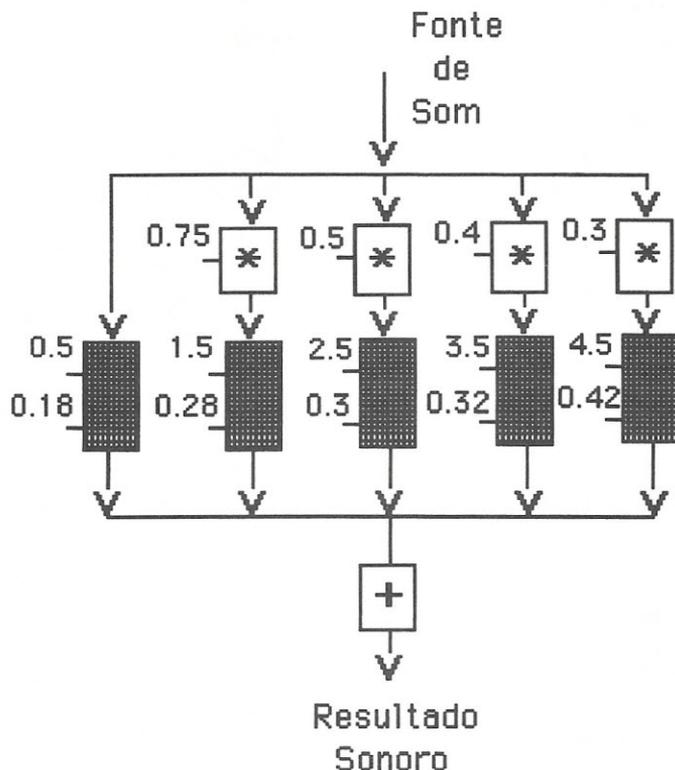
O mesmo modelo vem sendo utilizado para a implementação do protótipo para um projeto de um sintetizador inteligente na Faculdade de Música da Universidade de Edimburgo [9][13]. O sistema possuirá um banco de conhecimento sobre a produção de alguns sons mais convencionais do aparelho fonador humano e a partir de sucessivas interações com o músico o sintetizador será capaz de aprender a produzir outros sons através de simples descrições.

O modelo FOFI foi selecionado para este projeto por ser o mais flexível em termos de produção de uma gama muito variada de sons sem perder um certo grau de coerência e uniformidade requerido para ser considerado um instrumento musical [10].

6. Conclusão e perspectivas

Este artigo introduziu a idéia de modelagem de fenômenos físicos como ponto de partida para projeto de instrumentos digitais. Foi apresentado um modelo, bem como sua implementação, de um sintetizador que produz sons parecidos com a voz humana a partir da modelagem do sistema fisiológico de produção da voz.

Figura 5: Filtros paralelamente compostos (atenuadores em %, e f_0 e BW dos filtros em KHz).



Tendo em vista que este artigo não visa aspectos técnicos de implementação, muitos detalhes foram omitidos. Por exemplo, nada foi dito a respeito do efeito de vibrato de uma cantora de ópera e nem tão pouco sobre os aspectos que diferenciam uma voz masculina da feminina. Também não mencionamos o problema da

produção de consoantes. Entretanto estas informações podem ser obtidas nas referências bibliográficas citadas. Maiores detalhes sobre implementação podem ser obtidos com o autor.

O autor agradece ao MEC-CAPES pela bolsa de estudos concedida, sem a qual este trabalho não seria possível se ser realizado.

7. Referências bibliográficas

- [1] **Sanson, C. & Glazier, L.** (1990), Fractal Music (MIDI software for the Atari ST), Datamusic, UK.
- [2] **Miranda, E. R. et al.** (1992), ChaOs: A Model for Granular Synthesis by means of Cellular Automata, Annual Report 1991-92 & Project Directory, pp. 153-156, Edinburgh Parallel Computing Centre, UK.
- [3] **Helmholtz, H. L. F.** (1885), On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music, Longmans, Green and Co., UK.
- [4] **Rossing, T. D.** (1990), The Science of Sound, Addison-Wesley Pub. Co., USA.

- [5] **Flanagan, F.** (1984), Voices of Men and Machines, Electronic and Speech Synthesis, Granada, UK.
- [6] **Miranda, E. R.** (1992), Towards an Acousmatic Singer, Research Report, February 1992, Faculty of Music, University of Edinburgh, UK.
- [7] **Dodge, C. & Jerse, T.** (1985), Computer Music: synthesis, composition and performance. Schirmer Books, USA.
- [8] **Vercoe, B.** (1986), Csound Reference Manual, MIT Press, USA.
- [9] **Miranda, E. R.** (1992), From Symbols to Sound: AI-based investigation of Sound Synthesis. Dept. of Artificial Intelligence discussion paper No. 117, Dept. of AI, University of Edinburgh, UK.
- [10] **Schaeffer, P.** (1966), Traité des Objets Musicaux, Ed. du Seuil, França.
- [11] **Bennet, G. & Rodet, X.** (1986), Synthesis of the Singing Voice, Current Directions in Computer Music, MIT Press, USA.
- [12] **Miranda, E. R.** (1993), Cellular Automata Music: An interdisciplinary Project, Interface, Vol. 22, pp. 1-9, Swets & Zeitlinger, Holanda.

- [13] **Miranda, E. R. (1992), From Symbols to Sound: AI-based investigation of Sound Synthesis (Research Abstract), 10th European Conference on Artificial Intelligence, Artificial Intelligence and Music Workshop Notes, ECCAI/ÓGAI, Áustria.**

¹ Artigo apresentado no I Encontro de Música Computacional da UFSC em Florianópolis, em dezembro de 1992.

² Csound, projetado por B. Vercoe no MIT, é uma linguagem para síntese digital de som e processamento de sinais. Ela consiste de uma série de unidades geradoras e processadoras de sinais de áudio que, seletivamente conectadas pelo usuário, formam *instrumentos musicais*. Vários instrumentos podem ser agrupados em um mesmo arquivo, formando o que se chama de *orquestra*. O usuário também define um outro arquivo, conhecido como *partitura*, que fornece os parâmetros de síntese para os *instrumentos*. Entidades do arquivo-orquestra são invocadas no decorrer da performance de acordo com os dados fornecidos pelo arquivo-partitura.

8. Apêndice: Parâmetros FOFI para síntese de vogais.

Os valores abaixo foram os mesmos utilizados per Bennet & Rodet em [11].

Tabela 1: Atenuação em dB.

	1	2	3	4	5
/a/	0	-6	-7	-8	-22
/e/	0	-14	-12	-14	-20
/i/	0	-15	-18	-20	-30
/o/	0	-10	-12	-12	-26
/u/	0	-28	-17	-14	-26

Tabela 2: *Frequência de ressonância em Hz.*

	1	2	3	4	5
<i>/a/</i>	650	1028	2650	2900	3250
<i>/e/</i>	400	1700	2600	3200	3580
<i>/i/</i>	290	1870	2800	3250	3540
<i>/o/</i>	400	800	2600	2800	3000
<i>/u/</i>	350	600	2700	2900	3300

Tabela 3: *Largura de banda em Hz.*

	1	2	3	4	5
/a/	80	90	120	130	140
/e/	70	80	100	120	120
/i/	40	90	100	120	120
/o/	40	80	100	120	120
/u/	40	60	100	120	120

NOTÍCIAS

- A Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC) junto com a Sociedade Argentina de Acústica (AdAA) estão organizando a I Conferencia Regional Brasil/Argentina sobre Acústica e vibrações e o 15o. Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica de 11 a 13/04/94 no Hotel Praia Tur na Praia dos Ingleses em Florianopolis, Santa Catarina. Maiores informações com a SOBRAC/Florianópolis Fax:(0482) 34-1519 ou fone:(0482) 31-9227 e 34-4074, com Prof. Samir ou Sineide.

- A Comissão de Vibrações e Choques da ABNT está concluindo norma sobre vibrações em unidades hidrelétricas de grande porte e está aberta para receber sugestões e voluntários para desenvolver outras normas. Maiores informações com Ricardo V. do Amaral - IPT. Telefone: (011)268-2211 Ramal: 242.

- VI Jornada Latinoamericana de Acústica e Audio.

Data: 1 e 2 de julho de 1993.

No Instituto Manuel Dorrego, Rua Alvarez Thomas, 28

Codigo Postal 1427 - Capital federal - Argentina

Fax: (541)-773-1773.

Organização :

Associação de Acústicos da Argentina e Instituto Manuel Dorrego.

Conjuntamente a esta jornada haverá de 01 a 04/07/93, a II Exposição Internacional de Audio.

- NOISE & MAN/93 - Second announcement

The Instituto National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité,

The Internacional Commission on the Biological Effects of Noise and

The French Ministry of the Environment present the

6th Internacional Congress on Noise as a Public Health Problem

to take place in NICE (Acropolis) France, from 5 to 9 July 1993

Conference secretariat: NOISE & MAN/93 / INRETS-LEN

Case 24 F-69675 BRON cedex - France

Tel.:(33) 72 36 23 00 Fax.: (33) 72 37 68 37.

- III COBRASEMT

Congresso Brasileiro de Seguranaça e Medicina do Trabalho
de 17 a 19 de agosto de 1993.

Palácio das Convenções do Anhembi - São Paulo - SP

Secretaria Geral: PACIN Eventos S/C Ltda.

Cx. Postal 68006 - CEP:04047-970 - São Paulo - SP.

Tel.: (011)579-1489 Fax.: (011)577-4239

- INTER-NOISE 93, the 1993 International Congress on Noise

Aug. 24-26 1993 - Control Engineering, Leuven, Belgium.

Contact: INTER-NOISE 93 Congress Secretariat, Christine
Mortelmans, TI-K VIV, Desguinlei

214, B-2018 ANTWERPEN, Belgium.

- 18th International Seminar on Modal Analysis

K.U.Leuven, 30 August-1 September 1993.

Info: Prof. P.Sas, Course Chairman Mrs. Notré, Course Administrator

K.U.Leuven, Dept. Mechanical Engineering

Division PMA - Celestijnenlaan 300B

B-3001 Heverlee - Belgium

Tel.: 32 1628661 ext.2482 - Fax.: 32 16222345.

- VII SIMEA - Simpósio de Engenharia Automativa

1 a 3 setembro 1993 - São Paulo - SP

Organização : AEA-Associação Brasileira de Eng. Automativa

Rua Salvador Correia, 80 - Aclimação

04109-070 - São Paulo - SP

Tel.: (011) 575-9043 Fax.: (011) 571-4590.

- Acoustical Society of America Meeting

1993 act 4-8 - Denver, Colorado

Contact: Elaine Moran - Acoustical Society of America

500 Sunnyside Blvd. Woodbury, NY 11797, USA.

- III Congres Francais D' Acoustique - SFA

fin Avril 1994

Université Toulouse-le-Mirail

Centre de Promotion de la Recherche Scientifique

5 Allées Antonio Machado / 31058 TOULOUSE Cedex FRANCE

Tél.:(33) 61.50.44.68 Fax.:(33) 61.50.42.09.

- Fifth International Conference on Recent Advances in Structural Dynamics

18-21 July 1994.

at the Institute of sound and Vibration Research England.

For further information, please contact Maureen Strickland, ISVR, University of Southampton, Southampton SO9 5NH, England.

Tel.: 44 703 59322 - Fax.: 44 703 593033.

- INTER-NOISE 94 in Yokohama, Japan - First Announcement

Congress Secretariat: Yôiti Suzuki

Sone Lab., R.I.E.C. - Tohoku University

2-1-1 Katahira, Aoba-Ku / Sandai, 980 Japan

Tel.: 81 22 266-4966 Fax.: 81 22 263-9848 ou 224-7889.

- A NIOSH e NHCA dos EUA estão organizando a seguinte conferência:

CONFERENCE III/XX - Reaching Out for Underserved Workers:

Strategies for the Next century

Hyatt Regency Hotel, Cincinnati, Ohio - March 22-25, 1995.

Areas of special interest:

Regulations for Protecting Underserved Workers

Identification of Underserved Workers

Maintaining Records for the Itinerant Worker

Motivation and Education Programs

Hearing Protectors

Perceived Importance of hearing conservation by Underserved Workers

Evaluating Hearing Conservation Program Success and Failure

Noise Cancellation & Control Techniques

Special Audiometric & Training Programs

Basic and Applied Research of Noise Effects on the Ear and on Hearing.

Informações com: Michele Johnson-Executive Director

National Hearing Conservation Association

431 East Locust Street, suite 202

Des Moines, Iowa 50309.

II SIBRAV - Simpósio de Acústica Veicular
30 e 31 de Agosto de 1993

APRESENTAÇÃO

Com a finalidade de estimular o intercâmbio entre os profissionais, empresas e entidades interessadas nos vários aspectos referentes a acústica e ciências das vibrações aplicadas a área automobilística, a SOBRAC - Sociedade Brasileira de Acústica, realizará nos dias 30 e 31 agosto de 1993, o II SIBRAV - Simpósio Brasileiro de Acústica Veicular.

O evento consistirá da apresentação de trabalhos técnicos desenvolvidos por pesquisadores de universidades, institutos de pesquisas e de profissionais do setor industrial. Serão também apresentadas palestras técnicas de representantes das principais montadoras do país, além de convidados especiais do exterior.

Atualizando o setor com dados técnicos e de informações, espera-se com essa oportunidade um intercâmbio dos mais variados tópicos da acústica em pesquisas e desenvolvimento, controle de qualidade, normalização e legislação, indo de encontro a valorização profissional dos técnicos dessa área.

PÚBLICO ALVO

Este evento estará congregando profissionais e técnicos ligados à acústica e ciências das vibrações, reunindo os maiores nomes do setor empresarial, tecnológico e científico, como:

- Técnicos e profissionais da Indústria Automobilística e Autopeças;
- Pesquisadores;
- Executivos;
- Técnicos e profissionais de engenharia de órgãos públicos;
- Universidades e escolas técnicas;
- Entidades ligadas ao setor.

LOCAL

Auditório Nobre do Instituto de Engenharia
Av. Dante Pazzanese, 120 - São Paulo.

TEMÁRIO

Palestras Especiais - (30/40 minutos)

- Strategies for Vehicle Noise Reduction
F.K.Brandl and G. Argow - AVL List GmbH, Graz, Austria.
- Measuring Torsional Operational Deflection Shares of Rotating Shafts
K. Gatzwiller - Bruel & Kjaer A/S. Naerum, Denmark

Palestrantes Especialmente Convidados (Tema Aberto) 30/40 min.

- Eng. M. Moretti (Gerente do Campo de Provas de Cruz Alta) e Eng. E. Feijó (Gerente Técnico de Engenharia) - GM do Brasil S/A.
- Eng. Newton Ganzon Moreira César (Ger. de Logística)
Fiat Automóveis (Betim - Minas Gerais).

TRABALHOS TÉCNICOS

Apresentação 15 min. / Discussão 05 min.

- **Análises Dinâmicas.** S. Sakon - (Engeware)
- **Análises Alternativas de Ruído Mascarado.**
S. Demetrio S. Neto, C.M. Grandl e E.B. Garakis-(Embraer)
- **Furos Acústicos em Veículos.** P.S. Takahashi - (Fiat)
- **Redução de Ruído por Encapsulamento do motor.**
S.N.Y. Gerges e O.H.A. Lantieri-(UFSC-Eng.Mec./Algodoeira Lantieri)
- **A Sonorização do Automóvel.**
W.A. Cerchiai - (Accuskraft)
- **Aplicação de antivibradores de Elastômeros para Reduzir Vibrações no Powertrain.** G. Avilla e W. Covi - (Getoflex)
- **Vibrações Providenciais.**
S. Soraggi e G. Moreto - (Autolatina)
- **Redução de Ruído de Motores de Combustão Interna através de Mancais Poliméricos.**
J.L. Souza Lima, R.S. Nakai e M. Azevedo - (Metal Leve)
- **Os recursos da FEV - Motorentchnik no Campo de Acústica Veicular.** I. Schulze-Blanck - (Schenck)
- **Causas Geradoras de Rumoriedade de Pneus.**
R. Falkenstein - (Pirelli)
- **Caracterização da Frota Circulante quanto a Emissão de Ruído de Escapamento.**
J.R. Mannis, D.E. Schmidt e A. Szwarc - (Cetesp)

- **Preocupações Ecológicas: poluição química e poluição sonora.**
S. Duarte - (Indaru)
- **Estudo do encapsulamento de um Veículo Comercial Leve.**
M.M. Hage, H. Onusic, L.C. Ferraro, M.A. Fogaça, V. Mizutami, E.L. Baptista - (Mercedes-Benz / IFUSP)
- **Ruído Interno de Veículos Automotores: a utilização do Loudness.** H. Onusic e M.M. Hage - (Mercedes-Benz/IFUSP)
- **Correlação Técnico Experimental em Análise Modal.**
R.R. Kniest e L.F. Coutinho - (Albarus)
- **Avaliação Acústica de Sistemas de Filtro de Ar.**
J.L.H. Loureiro, M.A. Suster. P.L. Ferrador, K. Rose-(Autolatina)
- **Sistemas de Coxinização: Fatores que influenciam seu Desempenho Acústico.** P.L. Ferrador, A.T.J.C. Leal, F.A.C. Machado e H.Onusic. - (Autolatina / IFUSP)
- **Produtos Renováveis ou Recicláveis no Acabamento Interno do Veículo.** O.J.F. Lantieri - (Algodoeira Olan)
- **Simulação Matemática (FEA) e Ensaio (Lab. e Estrada).**
S. Hayashi - (Sound & Vibration)
- **Investigação Experimental da Influência de Diferentes Sistemas de Transmissão (Cardan) no Conforto do Ônibus.**
M.A. Fogaça, C.A.M. Freitas, L.C. Ferraro e H. Onusic
(Mercedes-Benz / IFUSP)
- **Correlação entre Julgamento Subjetivo e Características Físicas de Elementos Elásticos para Suspensão de Motores(coxins) de Veículos Pesados**
M.A. Fogaça, Felix M., L.C. Ferraro e H. Onusic
(Mercedes-Benz / IFUSP)
- **Coefficientes de Absorção de Tipos de Pavimentação.**
A.M. Barbosa, M.A.P. Sacramento e H. Onusic - (Ello / IFUSP)
- **Materiais de Amortecimento - estudo preliminar para dimensionamento.** H.C. Lucatto - (Waytech)
- **Usando a Norma de Conforto (ISO 2631) como Ferramenta no Desenvolvimento das Forças dos Amortecedores.**
F.T.S. Rios - (Cofap)
- **Análise Experimental em Ruído de Transmissão de Veículo de Passageiro.** F.J. Garzeri, J.A. Silva Filho, M.R. Alfonso, R. Cardinali
(Vibrac / Autolatina)
- **Digital Order Tracking in Automotive NVH Testing.**
D. McDonald, M. Gribbler (Hewlett Packard Co.)

INFORMAÇÕES GERAIS

Para participação e informações do evento, entrar em contato com:
Atená Estúdio Cultural R: Joaquim Antunes, 489 cep.05415-011
Pinheiros - SP - Fone: (011)883-5306 e fone/fax: (011)853-4667.

EXPOSIÇÃO

Em espaço anexo ao local do evento, haverá exposição de produtos e serviços de empresas atuantes na área. Interessados em participar deverão contactar a Atená Estúdio Cultural.

COMISSÃO ORGANIZADORA

Helcio Onusic (Mercedes Benz / Inst. Física da USP)
Honório C. Lucatto (Waytech)
Luiz C. Ferraro (Mercedes Benz)
Mario Pimentel (SOBRAC)
Marco F. Piai (Bruel & Kjaer)
Sadao Hayashi (Sound & Vibration)
Mauricy Souza (illbruck)

PATROCÍNIOS

Albarus - Algodoeira Olan - Brüel & Kjaer - Edisa/HP - Getoflex - Goodyear - Indaru - Kadron - Mastra - Pirelli - Santa Marina - Schenck - Toro.

INSTRUÇÕES PARA INSCRIÇÕES

- As inscrições serão feitas através da produtora do evento: Atená Estúdio Cultural, com cheque nominal em favor de: **Estúdio Cultural Editora e Projetos Ltda.**
- As vagas são limitadas em função da capacidade do auditório, encerrando-se com o preenchimento das mesmas.
- Preencha a Ficha de Inscrição a máquina ou em letra de imprensa.
- Verifique as taxas de inscrição para o preenchimento do cheque.
- Observe as datas para envio de sua inscrição. Para sua validade será considerada a data constante do carimbo de postagem do correio.
- O recibo será enviado pelo correio após o processamento de sua ins-

crição.

- Para sua segurança, mantenha uma cópia de sua Ficha e comprovante de pagamento para credenciamento e entrega de material.

TAXA DE INSCRIÇÃO

(por pessoa - considerar o dolar comercial).

Sócios da SOBRAC (com pagamento em dia)US\$ 15,00

Não SóciosUS\$ 40,00

FICHA DE INSCRIÇÃO

II SIBRAV - Simpósio Brasileiro de Acústica Veicular.

30 e 31 de agosto de 1993.

Local: instituto de Engenharia / Salão Nobre

Av.: Dante Pazzanese, 120 - São Paulo.

Envie com esta ficha cheque nominal a favor de:

Estúdio Cultural Editora e Projetos Ltda.

Endereço para remessa: Rua Joaquim Antunes, 489

05415-011 - Pinheiros - SP.

Empresa/Instituição : _____

Endereço: _____

Cidade: _____

Nome Completo: _____

Cargo: _____

Recibo em nome de: () Empresa () Participante(s)

Associado da SOBRAC com pagamento em dia () SIM () NÃO

Cheque No.: _____ Banco No.: _____ Valor:Cr\$ _____

Data:/...../..... Assinatura: _____

O Instituto de Engenharia conta com amplo estacionamento e estará a disposição dos participantes do evento.

Obs.: Caso haja mais de uma inscrição, esta ficha poderá ser reproduzida em copiadora.