

# Acústica e Vibrações

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA – SOBRAC

MARÇO 2009 N° 40

Medição de coeficiente de absorção de absorvedores de membrana em tubo de impedância usando uma sonda pu

A qualidade acústica ambiental nas salas de aula das escolas públicas, sua influência no processo ensino-aprendizagem e na qualidade de vida do professor

Procedimento ISO 140-4 e ISO 140-5 para medição de isolamento sonoro

Tecnologia de aquisição de sinais biauriculares – um histórico até aos projetos atuais

O Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído – A campanha em três cidades do sul do Brasil

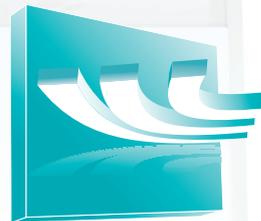
Avaliação do ruído de tráfego como índice de poluição sonora

Acústica e reciclagem de edifícios: Estudo da Capela Santa Maria em Curitiba

Percepção sonora em duas áreas verdes de Curitiba: Indicadores de tolerância ao ruído nos espaços públicos

ISSN 1983-442X

# O silêncio no lugar certo!



2009  
**VidroSom**  
1º Seminário Soluções Acústicas em Vidro

www.operamarketing.com.br

Data: 29/04/09  
Horário: 13h15  
Local: MAM/SP  
faça já sua  
**Inscrição**

Um evento inédito com a presença dos maiores especialistas no assunto, programado para Você. O local é ideal: auditório do **mam**, no Parque do Ibirapuera, longe da poluição sonora e no coração da cidade de São Paulo.



Auditório do MAM

## Conteúdo do Temário



**eng. Davi Akkerman**  
tema: O ruído urbano e a necessidade de conforto acústico nos edifícios.



**eng. Carlos Gabriel Caruy**  
Tema: Como especificar o melhor isolamento e a melhor absorção dos materiais acústicos.



**adm. Edison Claro de Moraes**  
Tema: Como otimizar e especificar janelas e portas acústicas com eficácia.



**arq. Paulo Duarte**  
Tema: O vidro como parte da solução acústica

**Inscrições:** 11.3382-3060 ou  
[www.atenuasom.com.br/vidrosom](http://www.atenuasom.com.br/vidrosom)

Realização

**Atenua Som**

Patrocínio



Planejamento e organização



Apoio Institucional



Apoio de Divulgação



## Expediente

Revista da Sociedade Brasileira de Acústica –  
SOBRAC  
ISSN 1983-442X

Caixa Postal 11530 CEP 22020-970  
Rio de Janeiro/RJ - Brasil  
www.acustica.org.br  
e-mail: sobrac@acustica.org.br  
Skype ID: sobrac\_acustica  
Tel: ++55 21 2235-1011

### Diretoria SOBRAC 2006/2009

Presidente: Marco Antonio Nabuco de Araujo  
nabuco@inmetro.gov.br  
Vice-Presidente: Ana Claudia Fiorini  
acfiorini@pucsp.br  
1º Secretário: Gilberto Fuchs de Jesus  
gilberto@acustica.org.br  
2º Secretário: Lilian Seligman Graciolli  
seligman.lilian@gmail.com  
1º Tesoureiro: Roberto Jordan  
jordan@acustica.org.br  
2º Tesoureiro: Erasmo Felipe Vergara Miranda  
efvergara@gmail.com

### Conselho Consultivo

Samir Gerges, UFSC  
Moyses Zindeluk, COPPE/UFRJ  
Fernando Castro Pinto, COPPE/UFRJ  
Elvira Viveiros, UFSC  
Marco Vecci, UFMG  
Mauricy C.R. de Souza, UFSC  
David Akkerman, Harmonia Acústica Ltda

### Diagramação e montagem

Maysa Moreno M.  
maysamoreno@yahoo.com

## Sumário

Editorial	2
<b>Artigos</b>	
Medição de coeficiente de absorção de absorvedores de membrana em tubo de impedância usando uma sonda pu Carneiro, E.B.; Lenzi, A.	3
A qualidade acústica ambiental nas salas de aula das escolas públicas, sua influência no processo ensino-aprendizagem e na qualidade de vida do professor Costa, R; Querido, J.G	10
Procedimento ISO 140-4 e ISO 140-5 para Medição do Isolamento Sonoro Ferreira, J.A.C., Marcon, C.R, Zannin, P.H.T	21
Tecnologia de aquisição de sinais biauriculares – um histórico até os projetos atuais Paul, S.	26
O Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído – A campanha em três cidades do sul do Brasil Paul, S; Paixão, D.X. ;Vergara E.F.; Bitencourt, R.F.; Lacerda, A.B. M.; Gonçalves. C.G.	48
Avaliação do ruído de tráfego como índice de poluição sonora Paz, E. C.; Zannin, P.H.T.	56
Acústica e Reciclagem de Edifícios: Estudo da Capela Santa Maria em Curitiba Schmid, A.L.; Rocha, L. S. ; Prestes, M. F.; Winck, S. S	63
Percepção Sonora em Duas Áreas Verdes de Curitiba: Indicadores de Tolerância ao Ruído nos Espaços Públicos Szeremeta, B; Pierin, D.P. ; Zannin, P.H.T.	67
<b>Informações</b>	
Divulgação do INAD 2009	73
Congressos	74

## Editorial

A Assembléia Geral da Sobrac, realizada em Belo Horizonte nos dias 26 e 27 de novembro de 2008, estabeleceu que a reformulação editorial da revista Acústica e Vibrações, iniciada a partir da edição de número 38, deveria ser continuada.

Para tal, ficou decidido que a Diretoria da Sobrac nomearia um editor chefe, que teria como principal incumbência convocar o conselho editorial indicado em 2006 para que este inicie efetiva e imediatamente suas atividades.

Outra importante decisão da assembléia foi a de se buscar a indexação da revista junto aos organismos fomentadores de pesquisa (Capes e CNPq).

O Doutor Engenheiro Júlio Cordioli, que atualmente ocupa o cargo de Professor Visitante na Universidade Federal de Santa Catarina, aceitou nosso convite e será o primeiro Editor Chefe efetivo da Revista Acústica e Vibrações.

A nomeação do Júlio traz, no último ano desta gestão, uma nova perspectiva para a nossa Revista, que após a conquista do ISSN, passará a ter um corpo de revisores, na busca por uma qualificação científica.

O número 40 da Revista Acústica e Vibrações mantém a mesma linha das três últimas edições, com oito artigos técnicos e informações referentes aos congressos a serem realizados em 2009. Todos os artigos foram enviados através do site da Sobrac, expediente que tem se mostrado muito prático e eficiente.

Os anúncios comerciais das contra capas da revista 40 foram substituídos por peças de divulgação de eventos técnicos. Já o caderno de páginas amarelas com os anúncios de nossos associados institucionais será editado em separado e distribuído a partir de maio de 2009.

Esperamos que este número agrade os associados e estimule os colegas a submeter artigos para publicação na próxima edição, que contará com a revisão do novo conselho editorial a ser formado em breve.

Marco Antonio Nabuco de Araujo

# Medição de coeficiente de absorção de absorvedores de membrana em tubo de impedância usando uma sonda pu

Carneiro, E.B.\*; Lenzi, A.\*

\*Laboratório de Vibrações e Acústica, UFSC, Florianópolis, SC, eric@lva.ufsc.br

## Resumo

Absorvedores de membrana são comumente aplicados em acústica de salas para controlar os problemas de modos acústicos em baixas frequências. Neste artigo uma revisão sobre o comportamento físico desses absorvedores é apresentada. Em seguida alguns protótipos de absorvedor de membrana são medidos com um transdutor de velocidade de partícula, chamado de *Microflown*, combinado em uma mesma sonda com um microfone. Tal dispositivo é chamado de sonda pu e pode medir a impedância acústica localmente. A impedância acústica foi medida em um tubo de impedância com o método apresentado ao longo deste artigo. Uma comparação entre os valores encontrados nas medições e modelo analítico proposto também pode ser vista.

**Palavras-chave:** Absorvedor de membrana, velocidade de partícula, sonda pu.

## 1. Introdução

Os absorvedores de membrana são absorvedores ressonantes que consistem numa cavidade fechada por uma membrana flexível, que vibra sob a ação de uma onda sonora incidente. Este comportamento ressonante é descrito em [1], [2] e [3]. Este tipo de absorvedor é muito utilizado em acústica de salas para o controle dos modos acústicos, bem como ruído e reverberação em baixas frequências [4], [5] e [6].

Neste artigo os princípios físicos que governam o comportamento do absorvedor de membrana são revistos. Após esta revisão um método de medição do coeficiente de absorção de absorvedores de membrana em tubo de impedância é apresentado, seguido dos resultados obtidos e uma comparação com o modelo analítico. O método de medição é baseado no uso de um transdutor que combina a medição da velocidade de partícula e pressão sonora, em um único ponto do tubo de impedância. Este dispositivo é chamado de sonda pu.

## 2. Comportamento físico do absorvedor de membrana

O absorvedor de membrana consiste numa cavidade parcialmente preenchida com uma amostra de material poroso de espessura  $d_{por}$ . A cavidade, cuja profundidade total é  $D$ , é lacrada no topo por uma membrana flexível. A Figura 1 apresenta um esquema do absorvedor em questão.

O comportamento do absorvedor de membrana pode ser analisado por três parâmetros principais: massa, rigidez de mola e amortecimento. Deste ponto de vista este absorvedor se comporta como um sistema de 1 grau de liberdade. A massa do absorvedor de membrana é

representada pela densidade superficial da membrana ( $m''$  [kg/m<sup>2</sup>]). O efeito de rigidez de mola é proporcionado pela compressibilidade do volume de ar, ou fluido, enclausurado na cavidade. O efeito do amortecedor é proporcionado pelas perdas estruturais da membrana, e pelas perdas causadas pelo material poroso contido no interior da cavidade.

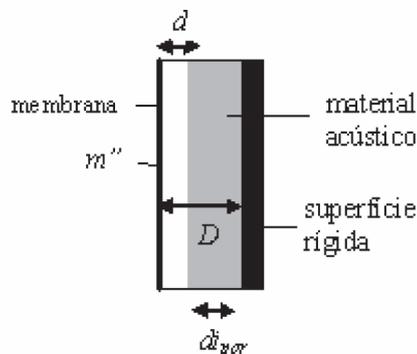


Figura 1: Esquema de um absorvedor de membrana

De acordo com [7], se a membrana é grande o suficiente, a vibração desta pode ser considerada como a de um pistão rígido. Porém, nem sempre essa situação é realística. Para o caso investigado em que a membrana suficientemente grande a densidade superficial da membrana é dada por:

$$m'' = \rho_m t \quad (1)$$

Onde  $\rho_m$  é a densidade volumétrica [kg/m<sup>3</sup>] do material do qual é feita a membrana, e  $t$  [m] é sua espessura.

Em Bosmans et al propõe-se uma correção para o

cálculo de  $m''$  levando-se em conta a massa de ar na cavidade. Para membranas muito finas, com pequena densidade, a ordem de grandeza da massa de ar interfere de forma significativa na massa da membrana. A massa corrigida é então dada por:

$$m''_c = m'' + \frac{1}{3} \rho_0 D \quad (2)$$

Onde  $\rho_0$  é a densidade volumétrica do ar.

A rigidez de mola ( $k_{mola}$ ), do volume de ar na cavidade é obtida da derivação de  $pv^\gamma = cte$  em relação à  $v$  (sendo  $v$  o volume da cavidade e  $p$  a pressão):

$$k_{mola} = \rho_0 c_0^2 / D \quad (3)$$

Onde  $c_0$  é a velocidade do som em [m/s]. A frequência de ressonância, dessa forma, resulta em:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho_0 c_0^2}{D \rho_m t}} \quad (4)$$

Para o ar a temperatura e pressão ambientes têm-se:  $\rho_0 = 1,21 [kg/m^3]$  e  $c_0 = 343 [m/s]$  a Equação 4 pode ser reescrita na forma da Equação 5 (para cavidades preenchidas somente com ar):

$$f_{60} = \frac{60}{\sqrt{m'' D}} \quad (5)$$

Para cavidades preenchidas com material poroso a equação mais correta para a frequência de ressonância é a Equação 6, pois, segundo [1], as condições termodinâmicas no interior da cavidade do absorvedor mudam de adiabáticas para isotérmicas.

$$f_{50} = \frac{50}{\sqrt{m'' D}} \quad (6)$$

O comportamento do absorvedor de membrana é descrito em termos da impedância normal à superfície ( $\tilde{Z}_{smem}$ ) e de medidas relacionadas a esta como a razão de reflexão ( $R$ ) e o coeficiente de absorção ( $\alpha$ ). A razão de reflexão é a razão entre as pressões refletida e incidente. Para incidência normal  $R$  e  $\alpha$  são, respectivamente:

$$R = \frac{\tilde{Z}_{smem} - \rho_0 c_0}{\tilde{Z}_{smem} + \rho_0 c_0} \quad (7)$$

$$\alpha = 1 - |R|^2 \quad (8)$$

Em [1] é demonstrado que para a configuração mostrada na Figura 1,  $\tilde{Z}_{smem}$  é:

$$\tilde{Z}_{smem} = i\omega m'' + \frac{-i\tilde{Z}_{spor} \rho_0 c_0 \cot(kd) + (\rho_0 c_0)^2}{\tilde{Z}_{spor} - i\rho_0 c_0 \cot(kd)} \quad (9)$$

onde  $\tilde{Z}_{spor}$  é a impedância normal à superfície no topo da camada de material poroso. Esta impedância é dada na Equação 10.

$$\tilde{Z}_{spor} = -i\tilde{Z}_{por} \cot(k_{por} d_{ipor}) \quad (10)$$

Onde  $k_{por}$  é o número de onda do fluido equivalente do material poroso.  $\tilde{Z}_{por}$  é a impedância característica do material poroso, que pode ser calculada por modelos semi-empíricos descritos em [8] e [9].

A impedância acústica da membrana deve ser composta pela resistência acústica (perdas internas devido à vibração e perdas devido ao atrito nos apoios) e pela parte imaginária da impedância ( $i\omega m''$ ). Neste modelo analítico a resistência acústica da membrana será considerada muito inferior as perdas proporcionadas pelo material poroso, e por isso será desprezada.

A Figura 2 mostra o coeficiente de absorção de três absorvedores de membrana (com dimensões  $D=5\text{mm}$  e  $d_{ipor}=4\text{mm}$ ) com a variação espessura da membrana (densidade superficial). O aumento de  $m''$  desloca a frequência de ressonância para frequências mais baixas. Pode-se observar um aumento da largura de banda com a diminuição de  $m''$ . Os efeitos na largura de banda e outros parâmetros podem ser observados na Tabela 1.

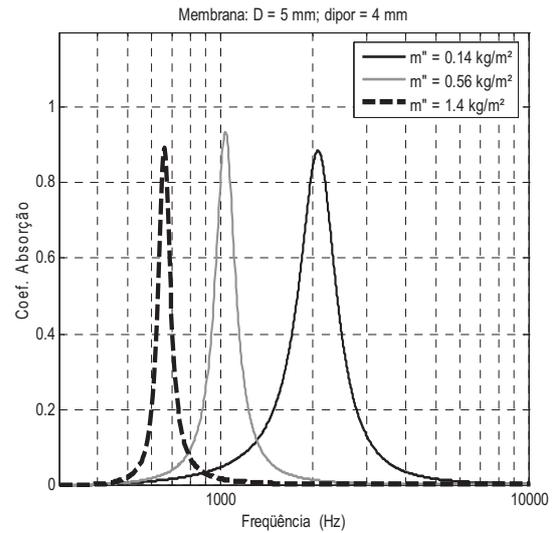


Figura 2: Análise da variação da espessura da membrana

Tabela 1: Dados para o absorvedor de membrana

$m''$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$f_{60}$	$f_{50}$	$f_{calc}$	$B$ [%]
0,14	2267	1889	2075	29,64
0,28	1603	1336	1470	22,99
0,56	1133	944	1040	16,83
0,98	857	714	785	12,23
1,40	717	597	660	9,55

Na Tabela 1,  $f_{60}$  é a frequência de ressonância calculada de acordo com a Equação 5. Da mesma forma,  $f_{50}$  é a frequência de ressonância calculada de acordo com a Equação 6.  $f_{calc}$  é a frequência de ressonância (máxima absorção) calculada através do modelo analítico. A largura de banda de absorção é representada pelo parâmetro  $B$  [%].

### 3. Medição do absorvedor de membrana com a sonda p-u

A medição da impedância normal à superfície em tubo de impedância é uma técnica de medição padronizada muito conhecida na literatura. A medição em banda estreita com dois microfones é o procedimento mais usual na determinação do coeficiente de absorção por incidência normal [10], [11].

Mediu-se o coeficiente de absorção de absorvedores de membrana em tubo de impedância utilizando um novo transdutor, chamado de sonda p-u, que combina a medição da velocidade de partícula e pressão sonora em uma única sonda. A pressão sonora é medida por um microfone de campo de pressão e a velocidade de partícula por um princípio análogo à anemometria de fio quente. O princípio de funcionamento do medidor de velocidade de partícula é explicado em [12].

A medição com a sonda p-u tem duas fases: calibração e medição. A calibração é importante, pois é preciso corrigir amplitude dos dois transdutores da sonda, que não é constante em relação à frequência, e também a fase entre os sinais de pressão e velocidade de partícula. Após a calibração cria-se uma função de correção (CF) a ser multiplicada pelas medições, corrigindo assim os resultados obtidos.

#### 3.1. Calibração da sonda p-u no tubo de impedância

Alguns métodos são propostos na literatura para a calibração da sonda pu [13], [14]. Neste trabalho propõe-se um novo método, otimizado para a medição em um tubo de impedância, e facilmente implementada.

O novo método de calibração é baseado na medição da impedância normal à superfície do tubo de impedância com paredes rígidas. Como se sabe, analiticamente qual deveria ser a impedância medida pela sonda na posição  $x=l$  do tubo, pode-se usar o valor analítico da impedância em  $x=l$  para corrigir a resposta da sonda pu. A Figura 3 mostra um esquema da medição no tubo de

impedância.

Como se sabe da solução da equação de onda, com as condições de contorno dadas, a impedância teórica, que deveria ser medida pela sonda pu, é dada na Equação 11. A amplitude e fase da impedância teórica podem ser vistas nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

$$z_{teo}(l) = \rho_0 c_0 \frac{1 + e^{-2ikl}}{1 - e^{-2ikl}} \quad (11)$$

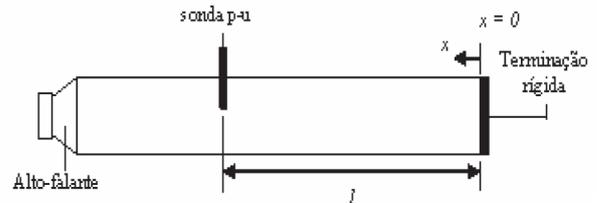


Figura 3: Calibração da sonda pu

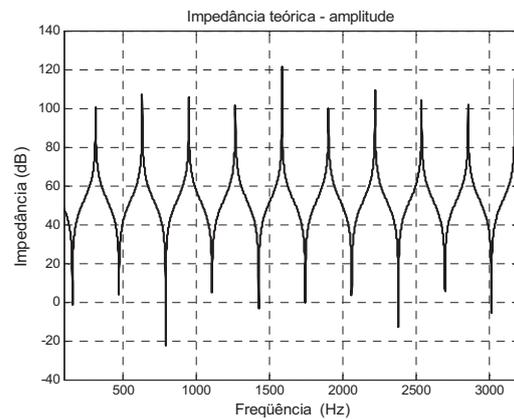


Figura 4: Amplitude da impedância teórica do tubo com terminação rígida em  $x = l$

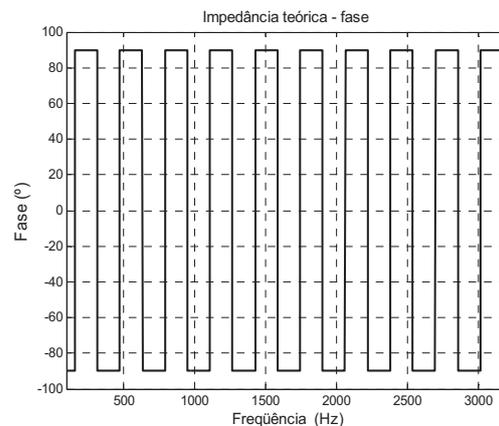


Figura 5: Fase da impedância teórica do tubo com terminação rígida em  $x = l$

A amplitude e fase da impedância medida pela sonda pu em  $x = l$  podem ser vistas nas Figuras 6 e 7.

O fator de correção a ser multiplicado por todas as medições realizadas é dado na Equação 12.

$$CF = \frac{z_{teo}(l)}{z_{med}(l)} \quad (12)$$

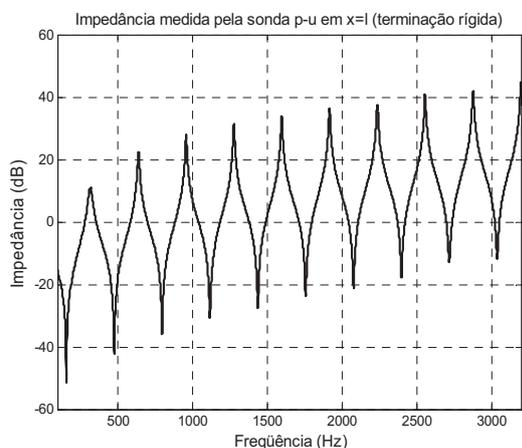


Figura 6: Amplitude da impedância medida no tubo com terminação rígida em  $x = l$

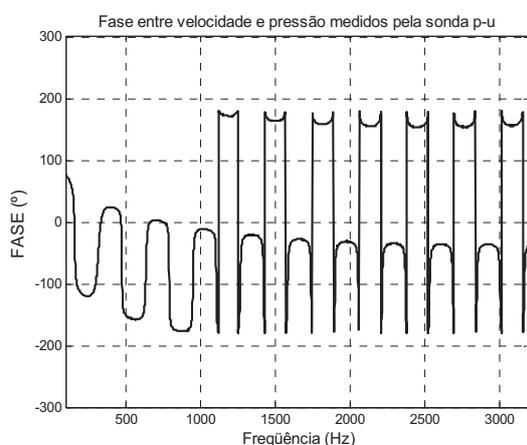


Figura 7: Fase da impedância medida no tubo com terminação rígida em  $x = l$

Deve-se mencionar que nos pontos onde a coerência, medida com o tubo com terminação rígida, é baixa, a curva de coeficiente de absorção obtida apresenta comportamento errôneo. Deve-se então fazer um ajuste do coeficiente de absorção obtido, tomando-se como pontos válidos àqueles em que a coerência é satisfatoriamente alta. A coerência obtida para o tubo de impedância com terminação rígida é dada na Figura 8.

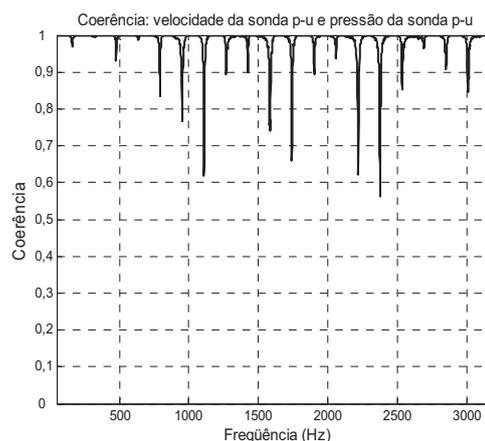


Figura 8: Coerência entre os sinais de velocidade e pressão da sonda p-u

### 3.2. Medição dos protótipos no tubo de impedância

Foram confeccionados três protótipos de absorvedor de membrana para serem medidos no tubo de impedância. Os protótipos tinham um esqueleto cilíndrico oco com comprimento de  $L=35\text{mm}$  e diâmetro de  $45\text{mm}$ . No topo do esqueleto a membrana era fixada. Foram usadas três membranas diferentes fabricadas em borracha vulcanizada. Tais membranas foram nomeadas como BV1, BV2 e BV3. As membranas possuíam espessuras diferentes.

Amostras de material poroso podiam ser colocadas no interior do cilindro de PVC. Duas amostras foram utilizadas. A primeira era uma amostra de espuma acústica com espessura  $d_{ipor}=35\text{mm}$ . O outro material era lã mineral com espessura  $d_{ipor}=20\text{mm}$ . As amostras de material poroso eram posicionadas no interior do cilindro de forma que ficassem  $5\text{mm}$  (para a espuma) e  $15\text{mm}$  (para a lã mineral) distantes da membrana. Um esquema destas montagens pode ser visto na Figura 9.

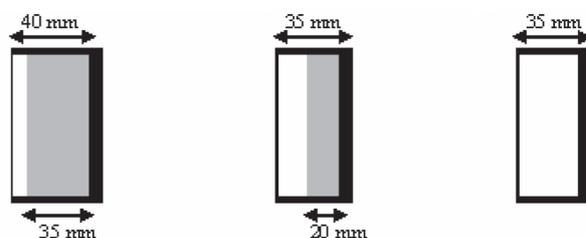


Figura 9: Esquema dos três absorvedores de membrana medidos

Primeiramente, foram medidas as duas amostras de material poroso: espuma acústica ( $d_{ipor}=35\text{mm}$ ) e lã mineral ( $d_{ipor}=20\text{mm}$ ). Na Figura 10 os valores medidos podem ser comparados.

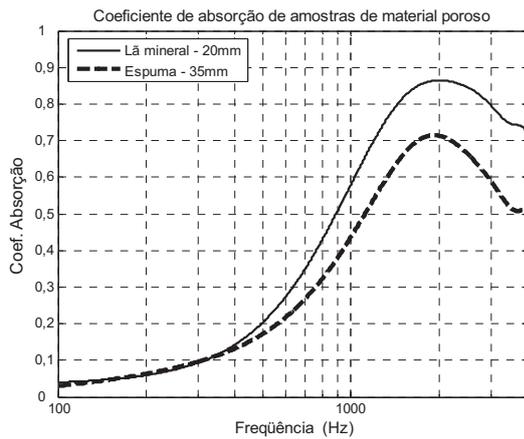


Figura 10: Coeficiente de absorção dos materiais porosos

Embora a lã mineral tenha menor espessura, apresenta valores de coeficiente de absorção maior que da espuma acústica. Isto se deve ao fato de que a espuma tem um esqueleto de estrutura rígida, enquanto que a lã mineral tem um esqueleto com estrutura flexível que, ao vibrar sob a ação de uma onda sonora, provoca maiores perdas.

Cada protótipo de absorvedor de membrana foi medido de três maneiras distintas. A primeira com espuma na cavidade, a segunda com lã mineral na cavidade e a terceira sem material acústico na cavidade. Têm-se então 9 medições. A Figura 11 mostra o comportamento de cada absorvedor de membrana em relação ao tipo de preenchimento da cavidade.

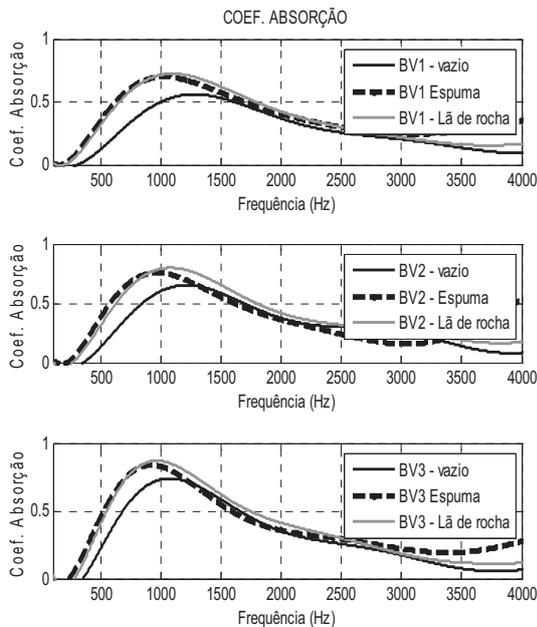


Figura 11: Avaliação do preenchimento da cavidade

Em todas as medições nota-se que, para os casos onde as cavidades estão sem material poroso, o coeficiente de absorção é menor em relação aos demais. Tal fato está de acordo com a teoria, já que para a cavidade vazia não existe o amortecimento proporcionado pelo material poroso. O amortecimento é propiciado então pelo amortecimento da membrana, que inclui as perdas estruturais na membrana e relativas à montagem e amortecimento da membrana.

O que também se pode notar é que em todas as medições a cavidade com espuma tem uma frequência de ressonância um pouco menor. Isto se deve ao fato de que a cavidade com espuma tem uma profundidade maior. Isto condiz com o fato de que quanto mais espessa for a cavidade, menor é a frequência de ressonância (Equações 5 e 6).

Também se nota claramente que as cavidades com lã mineral apresentam um coeficiente de absorção maior, o que condiz com o fato de que a lã mineral tem um amortecimento maior, fato já mostrado na Figura 10.

Foram também comparadas as diferentes membranas entre si mantendo-se o preenchimento da cavidade constante. A membrana BV3 é mais espessa que a membrana BV2 e esta por sua vez é mais espessa que a membrana BV1. Nas Figuras 12 a 14 observa-se que o aumento da espessura leva à diminuição da frequência de ressonância, o que está previsto em teoria (Equações 5 e 6). O que se pode notar também é que membranas menos espessas tendem a ter uma banda de absorção mais larga que membranas mais espessas. Isto é observado no modelo analítico e ocorre porque, como a rigidez e o amortecimento são constantes, a diminuição da massa (num sistema de um grau de liberdade) leva ao aumento da banda de absorção e diminuição do coeficiente de absorção.

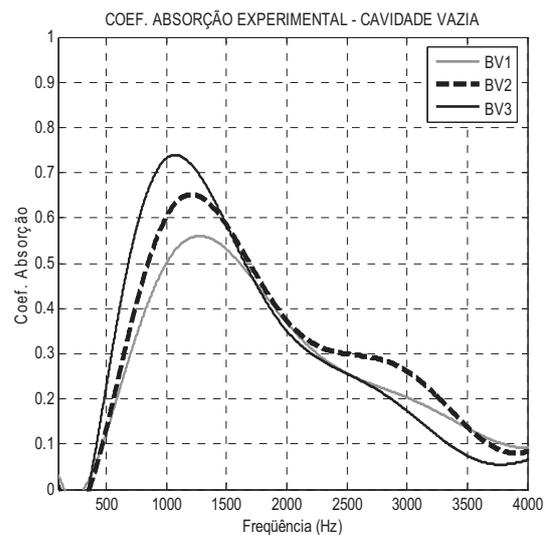


Figura 12: Comparação entre membranas (cavidade vazia)

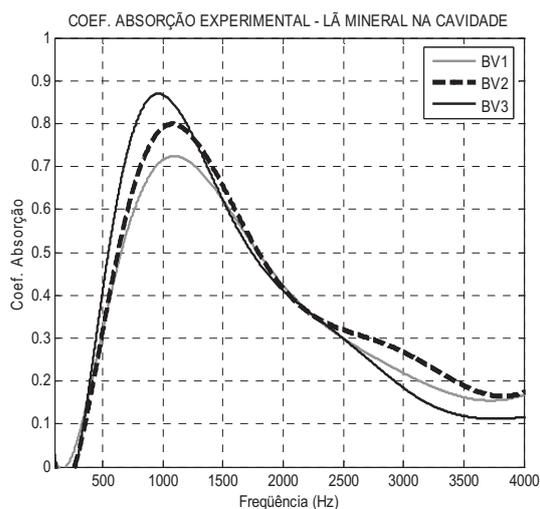


Figura 13: Comparação entre membranas (lã mineral)

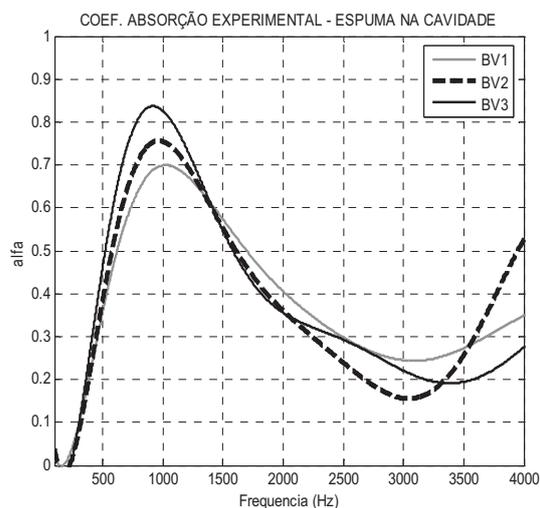


Figura 14: Comparação entre membranas (espuma)

#### 4. Validação experimental

Uma comparação entre os valores medidos e calculados, com o modelo analítico, pode ser vista na Figura 15. Nota-se uma boa concordância entre os modelos, o que torna o modelo analítico uma boa ferramenta no projeto de absorvedores de membrana.

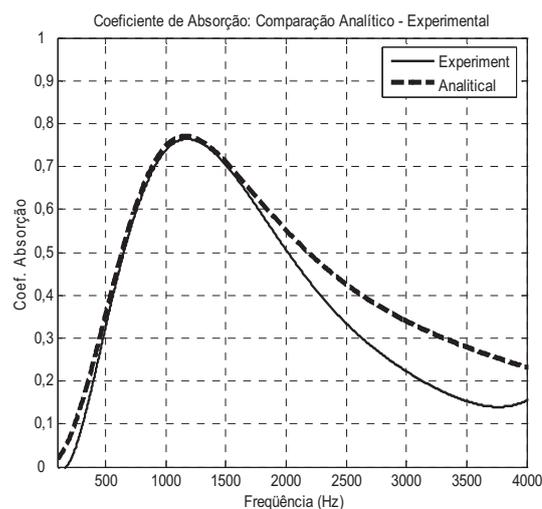


Figura 15: Coeficiente de absorção (analítico vs. Experimental)

#### 5. Conclusões

O método de medição utilizando o novo transdutor se mostra uma boa ferramenta para medição de coeficiente de absorção. Os resultados obtidos estão de acordo com a teoria apresentada, e o modelo analítico tem resultados muito similares à medição efetuada.

A possibilidade de utilizar o novo transdutor em ambientes reverberantes é um atrativo deste novo transdutor [14].

#### Referências

- [1] T. J. Cox; P. D'antonio: *Acoustic absorbers and diffusors: Theory and design*. Spon Press, 2004.
- [2] F. Fahy: *Foundations of engineering acoustics*: London: Academic Press, 2003.
- [3] Sakagami, K.; Marimoto, M.; Takahashi, D. *Sound absorption of a cavity-backed membrane: A step towards design method for membrane-type absorbers*. *Applied acoustics*, 1996.
- [4] Zha, X.; Fuchs, H. V.; Drotleff, H.; Improving the acoustic working conditions for musicians in small spaces, *Applied Acoustics*, 2001.
- [5] FUCHS, H.; ZHA, X.; ZHOU, X., V.; DROTLEFF, H.; Creating low-noise environments in communication rooms, *Applied Acoustics*, 2001.
- [6] FUCHS, H., ZHA, X., POMMERER, M.; Qualifying free-field and reverberation rooms for frequencies below 100 Hz, *Applied Acoustics*, 1999
- [7] Frommhold, W.; Fuchs, H.V.; Sheng, S.; Predicting the absorption of open weave textiles and micro-perforated membranes backed by an air space. *Journal of sound and vibration*, 1998.
- [8] Delany, M.E.; Bazley, E.N.; Acoustical properties of fibrous materials. *JASA*, 1970, Vol. 3.
- [9] Allard; Y. Champoux.; New empirical equations for

- sound propagation in rigid fibrous material. *JASA*, 1992.
- [10] Seybert, AF and Ross, DF; Experimental determination of acoustic properties using a two-microphone random-excitation technique. *JASA*, 1977.
- [11] Chung, J.Y. and Blaser, D.A.; Transfer function method of measuring in-duct acoustic impedance, I. Theory, II. Experiment. *JASA*, 1978.
- [12] Lanoye, R.; Vermeir, G.; Lauriks, W.; Measuring the free field acoustic impedance and absorption coefficient of sound absorbing materials with a combined particle velocity-pressure sensor, *JASA*, 2006.
- [13] Lanoye, R.; Vermeir, G.; Bree, H. E.; Lauriks, W. A practical device to determine the reflection coefficient of acoustic materials in-situ based on a microflown and microphone sensor. *K.U. Leuven*.
- [14] Bree, H. E.; Lanoye, R.; Cock, S.; Heck, J. In situ, broad band method to determine the normal and oblique reflection coefficient of acoustic materials. *SAE International*, 2004.

# A qualidade acústica ambiental nas salas de aula das escolas públicas, sua influência no processo ensino-aprendizagem e na qualidade de vida do professor

Costa, R.\*; Querido, J.G.†

\* Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté – UNIATU - professor.reginaldo@terra.com.br

† Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté – UNIATU - jgquerido@bigghost.com.br

## Resumo

Este trabalho estuda as relações existentes entre a qualidade acústica dentro de um ambiente construído - salas de aula da rede pública estadual - o desempenho escolar alcançado pelos alunos e a qualidade de vida do professor neste ambiente de trabalho. Trata-se mais especificamente da proposição de um algoritmo que possibilite ao administrador escolar verificar a qualidade acústica das salas de aula e de elaborar um plano de trabalho que vise sanar os problemas detectados. A sala de aula é um ambiente que merece uma atenção especial no quesito acústica. Neste espaço a transmissão do conhecimento se realiza em sua maioria através da fala e num ambiente comprometido acusticamente, o resultado final é diretamente influenciado pela sua qualidade. Através da aplicação do algoritmo o administrador escolar envolve toda a comunidade escolar na busca de dados que possibilite uma análise detalhada da situação da escola. Este envolvimento coletivo possibilita que as ações elaboradas e implementadas sejam mais facilmente acatadas por todos, pois os envolvidos apresentam-se representados no processo de coleta de dados e tomada de decisões.

**Palavras-chave:** Acústica de sala de aula; Ambiente construído; Excesso de Ruído; Problemas de ensino-aprendizagem; Voz do professor.

## 1. Introdução

Entre os problemas enfrentados pelas sociedades modernas, os que se referem aos diversos tipos de poluição têm recebido por parte dos especialistas uma atenção especial.

Observa-se hoje que a sociedade reconhece os problemas gerados pelos diversos tipos de poluição, opina a seu respeito e dentro de sua individualidade com ações pontuais e em muitos momentos coletivamente, atua de forma consciente para corrigir suas causas e sanar seus efeitos danosos.

Alguns tipos de poluição como a da água, do ar e do solo, receberam nos últimos anos um tratamento especial devido a uma maior divulgação realizada por organismos governamentais e não-governamentais. Outro fator que vem favorecendo a divulgação das suas causas e efeitos é a sua fácil visualização por parte da sociedade, criando assim um impacto imediato.

Um outro problema que vem se agravando nas últimas décadas é o da poluição sonora. Esta ainda se encontra numa situação de pouca divulgação, carecendo de projetos que ampliem a oferta de informações, e que conscientizem a sociedade sobre suas causas e efeitos gerado no homem e no ambiente.

Os problemas gerados pelo excesso de ruído na saúde dos indivíduos podem ser de origem fisiológica ou psicológica, acarretando danos de difícil reparação ou

até mesmo irreversíveis.

Pesquisas relatam que a população declara-se estar acostumada com o excesso de ruído, aceitando o mesmo como uma consequência natural da sociedade moderna. Este posicionamento dificulta uma ação preventiva, criando assim uma falsa situação de normalidade.

Observa-se também que a população desconhece os malefícios provocados pelo excesso de ruído em seu organismo, reafirmando assim este falso conceito.

Verifica-se a necessidade de criar meios para diagnosticar e informar a sociedade dos problemas relacionados com o excesso de ruído.

Um ambiente que merece neste momento uma atenção especial é a escola. Nela as trocas de informações se dão predominantemente através da expressão verbal. Aqui é naturalmente previsível que estas trocas se realizarão de forma satisfatória quando as condições de controle da qualidade acústica estiverem de acordo com os padrões estabelecidos.

Em uma sala de aula, o aluno é submetido a diversas fontes de ruídos e deverá ter a capacidade de selecioná-las a fim de tirar o melhor proveito destas informações.

No desenvolver das atividades educacionais numa sala de aula, o professor usa a voz como ferramenta de trabalho para atingir seus objetivos. Quando este ambiente não possui as condições acústicas ideais, o trabalho do professor é prejudicado, comprometendo-se

assim o processo de ensino-aprendizagem e acarretando problemas na sua saúde.

A escola como instituição social carrega em sua essência condições básicas para desenvolver este trabalho de divulgação dos problemas gerados pela poluição sonora, pois além de atuar como agente de propagação do conhecimento científico ela se apresenta como objeto de análise, gerando assim um conhecimento fundamentado na teoria e prática, ou seja o aprender através do fazer.

O conhecimento gerado através do “fazer” requer a existência de uma situação problema. A partir desta constatação as ações propostas têm como meta a regularização do problema inicialmente verificado e a adoção de medidas que possibilite evitar o surgimento do mesmo problema em futuros projetos.

## 2. Justificativa

Lacerda (2005) afirma que atualmente um dos principais problemas que afligem as populações urbanizadas é o da poluição sonora. As principais fontes de emissão de ruídos são os motores dos veículos – carros, caminhões, ônibus, trens, motocicletas e aviões – e as indústrias com suas máquinas e equipamentos. Outra fonte comum de ruído nas grandes cidades são aquelas geradas pelas pessoas em apresentações artísticas, esportivas e nos templos religiosos.

Segundo Garavelli (2001) a poluição sonora vem se agravando, exigindo soluções para controlar seus efeitos sobre o meio ambiente e a qualidade de vida dos cidadãos. As alterações provocadas no meio, por exemplo, pela poluição química da água ou do ar, podem ser facilmente identificadas. Ao contrário da poluição sonora, cujos efeitos não são imediatos, porém são cumulativos e vão se implantando com o tempo, como a surdez, desequilíbrios psíquicos e de doenças físicas degenerativas.

Para Souza (2004) a importância da voz na comunicação humana é inquestionável. Há um aumento progressivo de profissionais que dependem da voz como instrumento de trabalho. Para esses, ter uma voz saudável possibilita maior eficiência na relação interpessoal, sendo fundamental para o desempenho profissional assim como para o relacionamento social.

[...] problemas relacionados ao uso da voz provocam impacto negativo na qualidade de vida do professor. As principais necessidades e problemas são percebidos em situações da vida cotidiana relacionadas ao desenvolvimento da profissão e trabalho docente – tais como aquelas que requerem do sujeito falar em forte intensidade em ambientes ruidosos (como salas de aula e de reuniões) e aquelas que demandam adequada coordenação pneumofonoarticulatória [...] (GRILLO, 2005).

O prejuízo acadêmico também é verificado quando se analisa a situação do aluno, pois num ambiente com excesso de ruídos, a fala do professor sofre uma concorrência com as outras fontes e o aluno tende a dispersar-se por não conseguir acompanhar a lógica do conteúdo tratado, deixando assim de aprender o que foi ensinado.

A fala, no contexto escolar, é o grande condutor do saber, de informações, de aprendizado, pois é através desta ferramenta que o professor se comunica em sala de aula, passando assim todo o conhecimento necessário para seus alunos. Desta forma, a fala passa a ser o foco principal, pois caso ela se apresente distorcida ou com seu sinal degradado por interferências externas, poderá prejudicar o entendimento dos alunos, o tempo de atenção, seu comportamento e seu aprendizado (DREOSSI; MOMENSOHN-SANTOS, 2005).

Verifica-se a necessidade de criar elementos que possibilitem a divulgação dos problemas relacionados à exposição ao ruído excessivo ou de trabalhar em ambientes acusticamente comprometidos.

## 3. Revisão de Literatura

Para Guedes (2005) a poluição sonora ambiental resultante da combinação de diversas fontes sonoras, como alarmes, sirenes, atividades comerciais e serviços, templos religiosos, indústrias, obras de construção civil e o trânsito de veículos automotores, tem elevado o nível de ruído urbano e contribuído para o surgimento de ambientes sonoros cada vez mais desagradáveis. Atualmente, tem sido considerado como um dos problemas ambientais mais comuns, degradando o meio ambiente e comprometendo a qualidade de vida.

Segundo Collados (1998) quando possível, deve-se identificar a origem do ruído para que seja possível, então, reduzi-lo ou eliminá-lo. A conduta das pessoas e seus hábitos podem gerar problemas numa vizinhança, por exemplo. Neste caso, a responsabilidade é individual, sendo necessário um trabalho de conscientização das pessoas. Já a presença de comércio, serviços e indústrias pode ser um problema quando alcançam lugares sensíveis, sendo importante um planejamento urbano e um zoneamento que compatibilize os usos do solo possibilitando o equilíbrio entre novos investimentos e a manutenção da qualidade de vida. O transporte tem impacto sobre quem se localiza ao longo das vias ou em sua proximidade, sendo necessário o correto planejamento da distribuição dos corredores de tráfego veicular e a redução do ruído emitido pelos veículos.

Especialmente nas últimas décadas, os conceitos de poluição e de degradação do meio ambiente vêm tomando um grande espaço nas discussões sociais e científicas sobre como lidar com suas causas e efeitos.

Lacerda (2005) afirma que a poluição sonora ambiental

influencia a qualidade de vida de uma população urbana, gerando reações psicossociais efetivas como: 1) irritabilidade e 2) insônia. Estas reações podem estar na base de doenças graves como disfunções cardiovasculares, podendo interferir na saúde e no bem estar dos indivíduos em particular e de uma população urbana com um todo.

Guedes (2005) conclui que reações psíquicas como a motivação e a disposição podem ser modificadas negativamente através do ruído. Em decorrência disto, um número crescente de pessoas apresentam problemas de saúde relacionados à exposição aos altos níveis de ruído. Estes problemas também são observados quando as pessoas são submetidas a níveis medianos de ruídos mas durante um longo período de tempo. Os problemas gerados pela exposição aos ruídos vão desde a diminuição da capacidade auditiva até a lesão do músculo auditivo que pode acarretar um zumbido permanente e irreversível. Observa-se também que o nervosismo e a agressividade aumentam e a capacidade de aprendizagem e de concentração é sensivelmente afetada. Uma característica maléfica da poluição sonora é que ela se acumula no organismo humano e em muitos casos os problemas aparecerão num momento futuro, dificultando ainda mais o diagnóstico e tratamento das doenças geradas.

Fatores de ordem econômica e social, como o processo de industrialização e urbanização influenciaram diretamente na mudança de hábitos da sociedade, determinando novos padrões comportamentais.

Como consequência desta urbanização acelerada, verifica-se a elevação dos níveis de ruídos e dos problemas causados nos indivíduos e ao meio.

A partir dos anos 30 e 40, a urbanização incorporou-se às profundas transformações estruturais por que passavam a sociedade e a economia brasileira. Ela assume, de fato, uma dimensão estrutural: não é só o território que acelera o seu processo de urbanização, mas é a própria sociedade brasileira que se transforma cada vez mais em urbana.

Essa grande transformação urbana acompanhará o acelerado processo de industrialização da economia brasileira, que tem como marco inicial mais importante à segunda metade da década de 50, quando se tornou cada vez mais intensa com a expansão dos sistemas de transportes e dos meios de comunicação de massas.

Essa grande transformação deve ser entendida como a construção irreversível da hegemonia do urbano, não só como o locus privilegiado das atividades econômicas mais relevantes e da população, mas também como difusora dos novos padrões de reações sociais – inclusive de produção – e estilos de vida (BRITO, 2005).

Essa urbanização acelerada e concentrada gerou

problemas de difícil solução. Entre tantos, encontra-se os ligados ao excesso de ruído a qual a população está exposta diariamente.

Amorim (2005) ressalta que cada vez mais, a necessidade de proporcionar aos usuários ambientes externos e internos com maior qualidade, fica mais clara. Neste sentido, as intervenções urbanas e arquitetônicas devem garantir que um nível mínimo de habitabilidade seja atingido, tanto em novos projetos quanto na reestruturação/reabilitação/reutilização de infraestruturas urbanas e arquitetônicas. As já consolidadas discussões sobre sustentabilidade também direcionam neste sentido, colocando que a manutenção ou obtenção de qualidade nos ambientes é prerrogativa fundamental.

A adoção de medidas reguladoras e fiscalizadoras por parte da sociedade se faz necessário, para evitar que nos novos empreendimentos estes problemas não venham a se repetir e que nos já instalados, medidas mitigadoras possam ser implementadas, valorizando a qualidade de vida dos usuários e a preservação dos recursos naturais da região.

Em diversos ambientes, com residências, hospitais, hotéis, escolas, cinemas, teatros, a preocupação com a acústica destes locais deve se tornar uma prioridade para os responsáveis.

Dreossi; Momensohn-Santos (2005) concluem que apesar de sabermos que o ruído já faz parte de nossas vidas, não somente para aquelas pessoas que moram em grandes centros, e que estão se tornando cada vez mais pacientes com sons (desejáveis ou não) que podem ser músicas, buzinas, canto de pássaros, sirene de viaturas, etc.; precisamos nos ater a maneira como lidamos com estes sons quando eles ocorrem concomitantemente às situações de aprendizagem, onde toda energia do sujeito deverá estar voltada para seus estudos, na árdua tarefa de ouvir, reter e aprender apesar do ruído.

Nas sociedades a escola ocupa uma posição de destaque, formando cidadãos capazes de reconhecer seus direitos e deveres e capacitando-os profissionalmente para ao longo de sua existência gerarem benefícios e qualidade de vida para todos.

Historicamente os direitos nascem e se desenvolvem, não pela disponibilidade pedagógica, mas essencialmente por conjunturas históricas de formações sociais concretamente dadas, podendo-se arriscar a tese de que o direito à educação também se desenvolveu por patamares postos em três gerações:

a) o ensino torna-se paulatinamente direito público quando todos adquirem a possibilidade de acesso à escola pública;

b) a educação como direito dá um salto quando historicamente passa a contemplar, pouco a pouco, o atendimento a padrões de exigência, voltados para a

busca de maior qualidade do ensino oferecido, e para o reconhecimento de ideais democráticos internos à vida escolar;

c) o direito da educação será consagrado quando a escola adquirir padrões curriculares e orientações políticas que assegurem algum patamar de inversão de prioridades, mediante atendimento que contemple – à guisa de justiça distributiva – grupos sociais reconhecidamente com maior dificuldade para participar desse direito subjetivo universal que é a escola pública gratuita, obrigatória e laica (BOTO, 2005).

Atualmente o Brasil alcançou a universalização do ensino, onde todos têm o direito ao acesso e permanência na escola pública, respeitando sua idade e condição sócio-econômica.

A universalização por si só não é uma resposta final para a escola. O direito de acesso e permanência é fundamental, mas precisa-se agora que a sociedade cobre das autoridades competentes, políticas públicas que valorizem a qualidade do ensino aplicado em todos os níveis de educação.

Pensar neste espaço se faz necessário ao observar que todos, por um período de sua existência se comportarão como agentes ativos e passivos na sua realização.

Observa-se aqui que a instituição escolar é muito mais do que um local (instalações físicas) é um somatório de intenções, ações e realizações que acontecem para suprir uma demanda atual da sociedade.

Neste ambiente, as trocas de informações se dão em sua grande maioria através da expressão verbal. Nas salas de aula as condições acústicas influenciam diretamente a qualidade do trabalho acadêmico desenvolvido.

Dreossi & Momensohn-Santos (2005) afirmam que a voz do professor é um ponto de real interesse quando pensamos em percepção da fala, pois dela depende a grande tarefa de transmissão de conhecimento, tendo a exigência de ser clara, harmoniosa, inteligível e sobrepor-se a todo e qualquer ruído competitivo, pois caso contrário os alunos não acompanharão seus ensinamentos. Porém em uma sala ruidosa, o professor normalmente tem de superar os ruídos competitivos para ser entendido, e assim sobrecarrega seu aparelho fonador, exigindo que sua voz seja mais forte do que deveria e em um período prolongado de tempo, o que pode, muitas vezes, desencadear alterações de pregas vocais (edemas, nódulos, fendas, etc).

Reverberação e ruído em excesso interferem com a inteligibilidade da fala, resultando na redução do entendimento e, portanto, na redução do aprendizado. Em muitas salas de aula [...] a inteligibilidade da fala é de 75% ou menos [...] (SEEP, 2002).

Segundo Lasky (1983 apud GRILLO, 2005, p. 255), os estímulos auditivos que ocorrem em sala de aula

incluem aqueles que são apresentados pelo professor e aqueles apresentados pelos alunos. Os primeiros são os estímulos relevantes e os outros estímulos não são relevantes para a aprendizagem. A criança sintoniza-se em um estímulo selecionado e resiste ao estímulo competitivo através de sua concentração perceptual e seu direcionamento da atenção. Para aprender, a criança deverá manter sua atenção sintonizada no estímulo relevante e desprezar o estímulo competitivo.

Testes de inteligibilidade da fala podem ser usados para medir a inteligibilidade em salas de aula. Tais testes podem ser de várias formas. Tipicamente, o orador lê sílabas sem sentido, palavras monossilábicas, ou sentença e os ouvintes escrevem o que ouviram ou escolhem de uma lista de alternativas possíveis.

A porcentagem dos itens corretamente ouvidos é uma medida da inteligibilidade da fala. Procedimentos padronizados foram desenvolvidos, que orientam na aplicação de testes, na seleção de ouvintes, no treinamento de ouvintes e oradores, e assim por diante (SEEP, et al., 2002).

Seep, et. al. (2002) afirma de freqüentemente fala-se sobre o desejo de construir salas com boa acústica, mas isto se tornou vago e quase sem sentido. Não há nenhum critério único que garanta boa acústica para todos os ambientes e seus usos. Pequenas salas de aulas, grandes locais de conferências, auditórios, locais de shows, lanchonetes e ginásios têm exigências específicas.

O conforto ambiental é alcançado quando o ambiente se encontra em uma faixa de valores para o ruído no qual as pessoas sintam-se confortáveis. Estes limites variam de acordo com o tipo e localização do ambiente e a atividade desenvolvida.

O conforto acústico depende de parâmetros, como: freqüência e nível do som, distância e posição relativa das fontes (externa e interna) e forma de transmissão do ruído (ondas aéreas, vibrações do próprio edifício).

Dependendo desses dados, a solução para o conforto pode ser obtida do isolamento do ambiente em relação ao seu entorno ou do tratamento das suas superfícies internas visando à absorção do som ali mesmo produzido (FERREIRA, A.M.C. 2006).

Os ruídos de origem interna quando associados ao tipo de construção do prédio escolar pode-se em muitos casos serem minimizados com pequenas adaptações nas construções existentes.

Para Dreossi & Momensohn-Santos (2005) os ruídos gerados dentro da escola deverão ser analisados caso a caso, de forma que crianças em horário de recreio e lazer não prejudiquem os estudantes que ainda estiverem em sala de aula; ou que as vozes de um ginásio de esportes não atrapalhem as aulas em curso. Estas estratégias de grade de horário deverão ser analisadas isoladamente. Muitas vezes, somente a

alteração de posicionamento das portas de entrada das salas de aula já diminuí muito o ruído entre elas, de forma que elas não estejam posicionadas frente a frente ou uma ao lado da outra.

Fundamentalmente, a conscientização dos usuários sobre os malefícios provocados pelo excesso de ruído é o ponto central para solucionar os problemas.

#### 4. Metodologia

Para a realização deste trabalho, foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica com as palavras-chave: ruído, poluição sonora, acústica ambiental e acústica de sala de aula.

Após a realização desta busca, os artigos foram organizados em categorias que possuem características próprias mas que em um determinado momento se inter-relacionam formando um quadro que possibilita compreender a problemática da situação.

Nesta organização, foram criadas seis categorias:

1. O ruído, suas origens e suas conseqüências;
2. O processo de urbanização, como fato gerador de uma nova forma de viver;
3. A escola como instituição que divulga o conhecimento e forma cidadãos;
4. O rendimento acadêmico dos alunos e professores em ambientes acusticamente comprometidos;
5. Problemas orgânicos gerados nos indivíduos expostos a elevados níveis de ruídos;
6. Propostas de medidas mitigadoras para ambientes com excesso de ruídos.

Buscou-se identificar as relações existentes entre estas categorias no sentido de viabilizar a apresentação de um modelo que possibilite aos responsáveis analisarem a situação de suas unidades escolares. Esta análise deverá ser realizada a partir de um problema local, mas tendo como entendimento que o problema observado faz parte de uma situação maior.

Numa segunda etapa, as informações coletadas foram organizadas a fim de criar uma seqüência lógica que possibilitasse ao leitor uma visão ampla do processo. Estas informações possuem dados referentes ao ruído, suas possíveis causas e efeitos, a importância da escola como agente gerador de ruído e como agente transformador da sociedade.

Durante a leitura e organização dos dados coletados buscou-se:

a) confirmar a existência do comprometimento do processo de escolarização quando este se dá em ambientes de baixa qualidade acústica, principalmente os decorrentes da falha de inteligibilidade da voz do professor e da competição sonora gerada por outras fontes;

b) verificar se a saúde do professor sofre comprometimento no desempenho de sua função em ambiente desfavorável;

c) a verificação da percepção dos problemas e das atitudes tomadas.

Finalizando o trabalho, apresenta-se uma proposta de algoritmo que visa sistematizar a análise da situação acústica de uma escola. Este algoritmo inicialmente projetado para ser utilizado em escolas poderá servir para analisar outros ambientes, desde que sejam devidamente observadas as peculiaridades do ambiente em questão.

#### 5. Resultado e discussão

Observa-se no decorrer da pesquisa que a preocupação apresentada inicialmente a respeito da qualidade acústica das salas de aula, sua influência no processo de ensino-aprendizagem e na qualidade de vida do professor já vem sendo tratado por profissionais e diversas áreas do conhecimento.

Trabalhos elaborados por engenheiros e arquitetos ressaltam a necessidade de desenvolverem estudos que forneçam parâmetros mínimos para este ambiente, pois verificam que os parâmetros disponíveis atualmente são de difícil aplicação no momento da realização do projeto.

Laier (2001) relata que a preocupação com a qualidade acústica dos ambientes vem sendo tratada nos cursos de graduação com mais atenção, pois entendem que as condições de habitabilidade devem ser priorizadas durante o desenvolvimento de um projeto arquitetônico.

No campo da geografia política, os trabalhos explicam o movimento migratório das populações a partir do desenvolvimento industrial. Brito (2005) relata que este movimento migratório produziu uma nova sociedade, que deixou o seu antigo ritmo de vida e passou a aceitar a viver de uma nova maneira.

Esta nova maneira incluiu novos hábitos de vida como: viver em habitações mais adensadas, reduzindo seu raio de visão e perdendo sua individualidade; deslocar-se por grandes distâncias para trabalhar, usando parte do seu tempo diário nestes deslocamentos; morar em locais de intensa atividade, próximo de grandes avenidas, fábricas ou estabelecimentos comerciais convivendo desta forma com elevados níveis de ruídos e poluição.

Os fonoaudiólogos se destacam nesta pesquisa. Os trabalhos demonstram uma grande preocupação com a qualidade acústica do ambiente escolar. Comprova-se que a qualidade acústica de um ambiente pode influenciar no resultado do trabalho ali desenvolvido.

O conceito de inteligibilidade da voz é usado por Seep (2002) para demonstrar que nem tudo o que o professor fala é entendido pelo aluno, criando assim um déficit de aprendizagem que se não for detectado e corrigido

gerará no aluno um grande prejuízo.

Trabalhos desenvolvidos nas salas de aula, relatam os problemas que podem ser gerados no aluno por não conseguir entender o que o professor fala. Dreossi & Momensohn-Santos (2005) ressaltam que muitos alunos por não conseguem ouvir corretamente o que o professor fala, acabam se dispersando e conseqüentemente ficam prejudicados.

Outro problema observado pelas autoras é com relação as crianças que estudam nas séries iniciais. Esta tem um prejuízo ainda maior, pois ao não entender perfeitamente a fala do professor, não conseguem completar o entendimento, pois nesta fase da educação elas ainda possuem um vocabulário limitado.

Para os fonoaudiólogos, o professor também é objeto de preocupação nesta área, pois como agente ativo no processo de ensino-aprendizagem, a qualidade acústica do ambiente influenciará diretamente em seu trabalho e sua qualidade de vida.

Grillo & Penteadó (2005) afirmam que um ambiente comprometido acusticamente gera no professor um desgaste excessivo, pois o professor ao perceber que não está sendo entendido, naturalmente tende a forçar a voz, acarretando assim problemas na sua saúde vocal. Inicialmente estes problemas são de difícil detecção, mas por serem acumulativos, quando diagnosticados demandam de um rigoroso tratamento médico e em muitos casos os problemas apresentados são irreversíveis, necessitando inclusive de uma realocação profissional.

Um último grupo profissional observado foi o dos pedagogos. Observa-se que os trabalhos produzidos pelos mesmos focalizam duas grandes áreas:

a) os direitos individuais e coletivos de uma sociedade, seu direito ao acesso e permanência na escola;

b) e o contexto histórico que cria a escola, sua forma administrativa e seus objetivos.

Tratando dos direitos individuais e coletivos de uma sociedade, seu direito ao acesso e permanência na escola, encontramos Botto (2005) que destaca que no Brasil a sociedade já alcançou o direito à universalização do estudo, mas que este ainda é de baixa qualidade e que necessita de uma correção na sua base curricular para atender as necessidades atuais.

Os pedagogos analisam as origens que formataram a sua base curricular, chegando a conclusão que ela é de caráter filosófico – humanista e que sua organização funcional tem base taylorista. Esta organização tecnicista com base curricular humanista, tem gerado um grande problema na formação acadêmica. Ou seja, nossas escolas têm uma administração tecnicista-taylorista mas trabalham uma grade curricular filosófico-humanista que prioriza a permanência do

aluno na escola, sua formação para viver em sociedade e o respeito pelos diferentes.

A escola assim constituída, forma cidadãos que mesmo reconhecendo os problemas, não possuem um conhecimento técnico para apontar medidas corretivas. Como regra geral, este conhecimento será adquirido nos cursos técnicos especializados ou durante a sua formação universitária.

Ao organizar este trabalho, verifica-se que este tema tem despertado em muitos profissionais com formações diversificadas o reconhecimento da existência do problema.

Os administradores escolares têm como função principal propiciar aos alunos as condições necessárias, para que eles adquiram os conhecimentos fundamentais para o seu desenvolvimento cultural, científico e esportivo e que possam atuar como cidadãos conscientes de seus direitos e deveres.

Para atingir estas condições, o administrador escolar que é o responsável pela qualidade das instalações físicas, dos materiais didáticos e da organização da equipe de professores, pessoal administrativo e de serviço, deve dispor de instrumentos que possibilite a sua tomada de decisões.

Neste sentido, um algoritmo que possibilite ao administrador escolar fazer uma análise da realidade de sua unidade escolar no quesito qualidade acústica das salas de aula, o ajudará na tomada de ações disciplinadoras e corretivas para atingir uma maior eficiência acadêmica.

Algoritmo para abordagem da qualidade acústica das salas de aula.

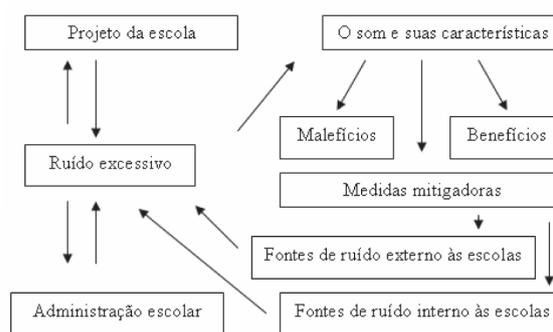


Figura 1: Fluxograma que representa o algoritmo de análise

Este algoritmo se apresenta inicialmente como modelo de instrumento de análise da situação atual, mas durante sua execução as ações de origem didático-pedagógica devem ser priorizadas para que as possíveis intervenções futuras sejam aceitas pela comunidade escolar como algo naturalmente previsível.

Durante o desenvolvimento do algoritmo as ações

didático-pedagógica devem preferencialmente se desenvolver de forma multidisciplinar, para que todos os envolvidos possam perceber a complexidade do caso, suas possíveis causas e seus efeitos a médio e longo prazo.

Verifica-se que o fluxo de informações descrito no algoritmo possui em alguns momentos o sentido duplo e em outros momentos o sentido único de direção. Isso se fez necessário porque algumas partes envolvidas podem se comportar com agente de causa e em outros momentos, estas mesmas partes podem se comportar diferentemente, dependendo de uma ação anteriormente desencadeada.

Quando o fluxo estiver representado em sentido único, ele expressa uma relação de subordinação, ou seja, de dependência direta entre os elementos do algoritmo.

O fluxo representado com sentido duplo, expressa que o elemento do algoritmo estudado atua como agente/quesito influenciador e num segundo momento pode ocupar a posição de agente/quesito influenciado, verificando-se assim uma alternância no posicionamento de influenciador e influenciado.

### 5.1. Seqüenciamento lógico do algoritmo

O algoritmo divide-se em três partes:

- 1) O Diagnóstico;
- 2) O Embasamento Teórico;
- 3) O Desencadeamento de Ações.

Na primeira parte, o “Administrador escolar” deverá verificar se os problemas de excesso de ruído estão prejudicando sua escola e se isto se verificar, deverá aplicar a seqüência proposta.

#### 5.1.2. O diagnóstico

Na posição inicial do algoritmo encontra-se o “Ruído Excessivo” que se comportará como um quesito de duplo sentido em relação ao “Projeto da escola” e a “Administração escolar”.

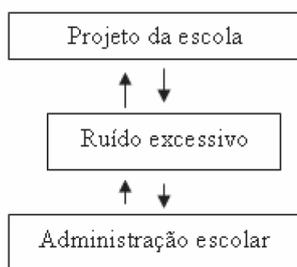


Figura 2: Fluxograma que apresenta o estudo inicial

#### 5.1.2.1. Projeto escolar e o ruído excessivo

Ao levantar-se os dados referentes ao “Projeto da escola” como quesito que sofre com os problemas do “Ruído excessivo”, gerados pelas atividades desenvolvidas nas áreas próximas a escola, não se pode ignorar o fato que o “Projeto da escola” também pode se comportar como uma fonte geradora de “Ruído excessivo”, tornando-se assim necessária à identificação destas posições de quesito influenciado e quesito influenciador.

#### 5.1.2.2. Administração escolar e o ruído excessivo

A “Administração escolar” também se comportará como um agente de duplo sentido em relação ao “Ruído excessivo”. Neste momento, a “Administração escolar” deve observar se os alunos estão sendo comprometidos academicamente pela exposição ao “Ruído excessivo” gerado pelo setor administrativo da escola, ou mesmo, se estes próprios alunos não são a fonte geradora deste “Ruído excessivo”, criando assim um círculo vicioso que se auto-realimenta.

Com esta análise já concluída, e se o problema do “Ruído excessivo” for observado a segunda linha de ação deve ser desencadeada.

Esta etapa trata de organizar um rol de informações que possibilite o reconhecimento do problema e subsidie a tomada de decisões. A etapa final tratará do desencadeamento de ações práticas que possibilite corrigir os problemas detectados.

#### 5.1.3. O som e suas características

Esta segunda linha de ação deve ser desencadeada se o problema do “Ruído excessivo” for detectado e tem como objetivo introduzir na discussão, elementos de origem acadêmica que envolva o som e suas características.

Como ponto de partida devem-se desenvolver estudos sobre “O som e suas características” com a finalidade maior de criar uma base de conhecimento científico que possibilite a identificação dos “Malefícios” e “Benefícios” causados pelo mesmo.

Com o reconhecimento dos “Malefícios” provocados pelo “Ruído excessivo”, os envolvidos devem desenvolver um grupo de ações que apresentem “Medidas mitigadoras” que possam ser realmente aplicadas na unidade escolar em relação às “Fontes de ruído externo às escolas” e às “Fontes de ruído interno às escolas”.

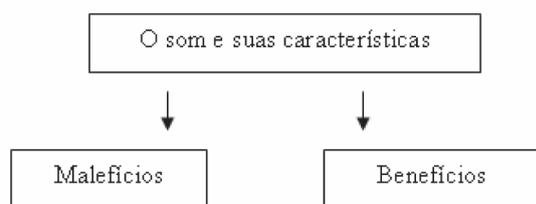


Figura 3: Fluxograma que apresenta a relação entre o som, seus malefícios e benefícios

Para desenvolver esta ação, deve-se trabalhar de forma multidisciplinar, interligando conceitos físicos, biológicos e de usos e costumes, enfatizando a aplicabilidade dos conceitos em ações reais. Como ação natural deste processo multidisciplinar, os alunos poderão identificar os “Malefícios” e “Benefícios” gerados pelo som.

Entre os diversos tópicos a serem tratados neste momento, deve-se priorizar:

- a) aqueles que ressaltam a importância do som para a evolução do homem;
- b) suas formas de interagir com os na mesma espécie e com o meio natural;
- c) o som como meio de divulgação de informações e sobrevivência de uma cultura;
- d) as qualidades do som que propiciam bem estar físico e psicológico;
- e) o som como elemento de alerta ou agressão;
- f) o que pode ser considerado um ruído excessivo;
- g) os malefícios provados pelo excesso de ruído ao homem e ao meio;

#### 5.1.4. Desencadeamento de ações

A etapa final do algoritmo se resume em aplicar os conceitos adquiridos na superação de um problema real.

Para o viabilizar a aplicação do algoritmo dentro de uma escola, alguns dados são necessários para subsidiarem na tomada de decisões. Estes dados devem ser subdivididos para facilitar o processo de organização.

##### 5.1.4.1. Projeto da escola

Para analisar o “Projeto da escola” algumas ações deverão ser desencadeadas com a finalidade de dimensionar e reconhecer o objeto de estudo.

As ações aqui propostas, serão desenvolvidas de forma multidisciplinar, envolvendo alunos de todas as séries e de todos os períodos. Algumas disciplinas como artes, geometria, matemática, física e geografia, poderão facilmente se apropriarem da coordenação destas tarefas, pois possuem em sua base curricular os pré-

requisitos necessários para conduzirem os trabalhos.

Inicialmente algumas características do imóvel deverão ser levantadas. Estes trabalhos serão apresentados por meio de tabelas, gráficos, desenhos e maquetes. Entre eles podemos citar:

- a) a planta do prédio indicando suas subdivisões, dimensões e utilizações (salas de aula, biblioteca, corredores, cantina, auditórios, sanitários, quadra de esportes, estacionamentos, etc);
- b) o posicionamento do prédio escolar em relação ao terreno ocupado pela escola;
- c) o posicionamento do prédio em relação à via pública e aos prédios vizinhos;
- d) identificação das atividades (residencial, comercial, industrial, etc.) desenvolvidas nos prédios que estão ao redor da escola;
- e) a identificação dos materiais que revestem pisos, paredes e teto;
- f) descrição dos modelos e medidas das esquadrias (janelas e portas);
- g) a descrição do mobiliário (carteiras, cadeiras, mesas, armários, etc) existente dentro das salas de aula e sua disposição;
- h) a contagem do número de usuários (alunos e professores) que freqüentam diariamente a escola e os respectivos períodos de utilização;
- i) a contagem do número de pessoas (pais, alunos e professores) que utilizam a secretaria da escola e os respectivos períodos de utilização;
- j) levantamento da quantidade e posição dos equipamentos que possam estar gerando ruídos (ventiladores, aparelhos de ar condicionado, catracas, motores elétricos, bombas d’água, compressores, etc).

##### 5.1.4.2. Constatação do ruído excessivo

O quesito “Ruído excessivo” certamente é o item mais complexo a ser analisado. Esta complexidade se justifica pela sua subjetividade. Sabe-se que as pessoas quando submetidas a um mesmo estímulo sonoro, podem reagir de forma diferenciada, classificando-os como desagradáveis ou não.

Outro fator que dificulta esta análise é a ausência de recursos financeiros para contratar profissionais para fazerem medições que comprovariam as condições acústicas das salas de aula.

Tratando-se especificamente que o algoritmo propõe-se a subsidiar a elaboração de um modelo de abordagem das condições acústicas das salas de aula, este “Ruído excessivo” deverá ser assim definido quando as condições de uso das salas de aula se apresentarem insatisfatórias, ou seja, quando os professores e alunos

percebem que ruídos de origem interna ou externa à escola, estão dificultando o entendimento do que é dito durante a aula.

Uma observação mais detalhada realizada por um terceiro elemento das reações dos professores e alunos durante uma aula, podem facilitar este processo de classificação.

Numa sala com “Ruído excessivo” os alunos normalmente apresentam as seguintes reações:

- demonstram menos atenção à fala do professor;
- alegam muitas vezes que não sabem o que é para ser feito;
- apresentação inquietação;
- pedem com frequência sair da sala (ir ao banheiro ou beber água);
- procuram sentar-se mais próximo do professor;
- viram a cabeça tentando posicionar o ouvido de forma mais favorável;
- freqüentemente podem para o professor repetir o que foi dito, alegando que não entenderam

Em relação à postura do professor, observa-se que ele começa a:

- fala mais alto do que o necessário;
- apresenta-se menos tolerante em relação aos alunos daquela sala;
- apresenta ansiedade e cansaço excessivo.

Uma vez detectado o “Ruído excessivo”, as etapas complementares do algoritmo assumem uma posição de destaque, pois determinarão o sucesso ou o fracasso do trabalho anteriormente iniciado.

A partir deste momento todas as ações desencadeadas serão de caráter multidisciplinar, com a finalidade de envolver todos os indivíduos que se utilizam deste ambiente escolar.

A “Administração escolar” de posse da análise inicial que detectou o “Ruído excessivo”, deve desenvolver ações que envolvam alunos, professores e auxiliares administrativos e de serviço, conscientizando-os da necessidade de tomar medidas efetivas que possibilitem a solução do problema.

#### 5.1.4.3. Medidas mitigadoras

Esta linha de ação trata das “Medidas mitigadoras” que podem ser aplicadas sobre as “Fontes de ruído externo às escolas” e “Fontes de ruído interno às escolas”.

Estas ações devem objetivar a sanar os problemas detectados no quesito “Ruído excessivo”, fechando-se assim o esquema que possibilita o rompimento deste

círculo vicioso.

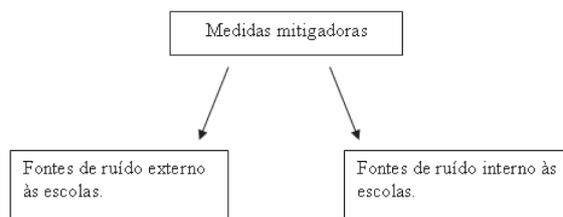


Figura 4: Fluxograma que apresenta as medidas mitigadoras sobre as fontes de ruído

Estas ações devem objetivar a sanar os problemas detectados no quesito “Ruído excessivo”, fechando-se assim o esquema que possibilita o rompimento deste círculo vicioso. Entre os diversos tópicos a serem desenvolvidos, podemos citar:

- quais são os ruídos externos que atuam sobre a escola, sua periodicidade e intensidade;
- quais são as fontes geradoras de ruído excessivo dentro da escola e sua periodicidade;
- atitudes individuais e coletivas que possam melhorar a qualidade acústica da escola;
- intervenções físicas que minimizem os efeitos causados pelo ruído excessivo.

Um cuidado muito especial deve ser observado ao propor as “Medidas mitigadoras”. Antes de propor as medidas, deve-se realizar uma análise para verificar se as medidas realmente podem ou têm como serem implementadas, pois uma medida proposta e não aplicada pode gerar um descrédito em relação ao projeto.

Estas ações devem ser decididas coletivamente, de tal forma que todos possam reconhecer a sua necessidade e se posicionarem como autores que influenciaram na tomada das decisões.

Agindo-se desta forma, os envolvidos no processo demonstrarão uma menor resistência à mudança de posturas e aceitarão mais facilmente as ações propostas.

Como consequência natural do desenvolvimento destas “Medidas mitigadoras” os problemas causados pelo “Ruído excessivo” devem diminuir a patamares aceitáveis, possibilitando assim a “Administração escolar” fechar o quadro avaliativo.

## 6. Conclusão e Recomendação

Conclui-se que as escolas apresentam falhas de posicionamento de projeto, localização, utilização e que as autoridades tem ignorado o quesito de qualidade acústica do ambiente quando destinam os recursos financeiros para a manutenção e construção dos prédios escolares.

A aplicação do algoritmo pode servir como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem desenvolvendo atividade transdisciplinares.

A coleta de dados proposta pelo algoritmo atua como fator gerador de conscientização a respeito da qualidade de vida do professor e da comunidade escolar.

O algoritmo é bom, pois vai ajudar o administrador escolar na adoção de medidas mitigadoras e a propor novas intervenções que melhorem a qualidade acústica das salas de aula.

Que este algoritmo seja aplicado como modelo de documento que possibilite a verificação da situação das escolas já existentes.

### Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: Acústica – avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10152: Níveis de ruído para o conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 7p.
- [3] ALVES, I.A.V. Perfil vocal de docentes do ensino municipal e privado da cidade de Jataí – Goiás. São Paulo: PUC, 2002.
- [4] AMORIM, C. N. D. Controle Ambiental Urbano e Arquitetônico – Ementa da Disciplina, Brasília, 2º semestre de 2005.
- [5] AZEVEDO, José Clovis de. Educação pública: o desafio da qualidade. *Estud. Av.*, São Paulo, v. 21, n. 60, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142007000200002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000200002&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 4 Jan 2008, 14:05:40.
- [6] BERISTÁIN, S. El ruído es un serio contaminante. In: Congresso Iberoamericano de acústica, 1; Simpósio de metrologia e normalização em acústica do mercosul, 1; Encontro da sociedade brasileira de acústica, 18, 1988, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 135-142.
- [7] BONJORNO, R. A.; et al. Física Completa: volume único; ensino médio. 2.ed. São Paulo: FTD, 2001.
- [8] BOTO, Carlota. A educação como direito humano de três gerações: identidades e universalismo. *Educ. Soc.*, Campinas, v.26, n. 92, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-73302005000300004&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302005000300004&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 11 Jan 2008, 09:40:10.
- [9] BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 001, de 8 março de 1990.
- [10] BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 002, de 8 março de 1990.
- [11] BRITO, Fausto; SOUZA, Joseane de. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. *São Paulo Perspec.*, São Paulo, v. 19, n. 4, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-88392005000400003&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392005000400003&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 4 Jan 2008, 14:25:20.
- [12] CARNEIRO, S. Distúrbios da voz no trabalhador público do município de São Paulo. Anais do XIII Seminário de Voz PUC-SP. São Paulo, 2003.
- [13] COLLADOS, E. Prevención del impacto acústico de nuevos proyectos. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 169-177.
- [14] DREOSSI, Raquel Cecília Fischer; MOMENSOHN-SANTOS, Teresa. O ruído e sua interferência sobre estudantes em uma sala de aula: revisão de literatura. *Pró-Fono R. Atual. Cient.*, Barueri, v. 17, n. 2, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-56872005000200014&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-56872005000200014&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 4 Jan 2008, 13:20:05.
- [15] ENIZ, A. O. Poluição sonora em escolas do Distrito Federal. Dissertação de Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental, Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2004. Disponível em: <[http://www.bdt.uec.br/tede/tde\\_arquivos/6/TDE-2004-09-17T13:49:58Z-122/Publico/Dissertacaoalexandre.pdf](http://www.bdt.uec.br/tede/tde_arquivos/6/TDE-2004-09-17T13:49:58Z-122/Publico/Dissertacaoalexandre.pdf)>. Acesso em 4 Jan 2008, 11:10:40.
- [16] FERREIRA, A. M. C. Avaliação do conforto acústico em salas de aula: estudo de caso na Universidade Federal do Paraná. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Departamento de Engenharia Mecânica – setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. Disponível em: <[http://www.pgmecc.ufpr.br/dissertacoes/dissertacao\\_062.pdf](http://www.pgmecc.ufpr.br/dissertacoes/dissertacao_062.pdf)>. Acesso em 4 Jan 2008, 10:45:20.
- [17] FERREIRA, L.P. et al. Condições de Produção Vocal de Professores da rede do Município de São Paulo. In: *Revista dos Distúrbios da Comunicação*. São Paulo, v. 14, n.2, p. 275-308, Jun/2003.
- [18] GARAVELLI, S. L. Relatório de Avaliação dos Níveis de Ruídos da Biblioteca Central da Universidade Católica de Brasília. Brasília, nov/2001.
- [19] GRILLO, Maria Helena Marotti Martelletti; PENTEADO, Regina Zanella. Impacto da voz na qualidade de vida de professor(a)s do ensino fundamental. *Pró-Fono R. Atual. Cient.*, Barueri, v. 17, n. 3, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-56872005000300006&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-56872005000300006&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 4 Jan 2008, 11:50:10.
- [20] GUEDES, I.C.M. Influência da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE). Campinas: Faculdade de Engenharia

- Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 126p.
- [21] KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C. O projeto arquitetônico e o conforto ambiental: necessidades de uma metodologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5, 1993, São Paulo. Anais... São Paulo: ENTAC, 1993. p. 785-794.
- [22] LACERDA, A. B. M. ; MAGNI, C. ; MORATA, T. ; Marques, J. ; Paulo Zanin . Ambiente urbano e percepção da poluição sonora. Ambiente e Sociedade, v. VIII, n. 2, p. 1-15, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2005000200005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2005000200005&lng=en&nrm=iso)> . Acesso em 17 Jun 2006.
- [23] LAZZARINI, V.E.P. Elementos de Acústica. Departamento de Artes da Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <[http://music.nuim.ie/vlazzarini/papers/Elementos\\_de\\_Acustica.pdf](http://music.nuim.ie/vlazzarini/papers/Elementos_de_Acustica.pdf)>. Acesso em 17 Jun. 2006, 14:25:15.
- [24] LAIER, E.J. Estudo da Disciplina Acústica Ambiental para Engenheiros. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2001.
- [25] LIMA, W.R. Perfil vocal dos professores dos municípios de Vitória e Vila Velha. São Paulo: PUC, 2002.
- [26] MARICATO, Ermínia. Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras. São Paulo Perspec. , São Paulo, v. 14, n. 4, 2000 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-88392000000400004&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392000000400004&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 4 Jan 2008, 14:30:05.
- [27] MEDEIROS, E. B. Introdução à Teoria Acústica. In: I Seminário de Engenharia de Áudio, 2002, Belo Horizonte. Anais do I SEMEA, 2002. Disponível em: <<http://www.cpdee.ufmg.br/~semea/anais/artigos/Eduar doBauzer.pdf>>. Acesso em 17 Jun. 2006, 09:10:40.
- [28] PIMENTEL-SOUZA, F. Efeitos da poluição sonora no sono e na saúde em geral: ênfase urbana. Revista de Acústica e Vibrações, 10, 1992. p. 12-22.
- [29] QUERIDO, J. G. ; CAPASSO, C. A. A. . Parâmetros empíricos que Garantam a Inclusão da Discussão acústica no projeto e Gestão de Espaços Escolares. In: IV Congresso Ibero-americano de Acústica - Acústica 2004, 2004, Guimarães. IV Congresso Ibero-americano de Acústica - Acústica 2004. Lisboa : SPA - Sociedade Portuguesa de Acústica, 2004. v. 01.
- [30] RAMALHO JÚNIOR, F.; FERRARO, N.G.; SOARES, P.A.T. Fundamentos da Física 2. 7. ed. rev. e ampl. São Paulo: Moderna, 1999. ISBN 85-16-02348-6 (LA).
- [31] SEEP, B. Acústica das Salas de Aula: um recurso para criar ambientes de aprendizado com condições desejáveis de audibilidade. In: Revista de Acústica e Vibrações, Florianópolis, n. 29, Jul/2002.
- [32] SESI. Serviço Social da Indústria. Projeto Saúde Vocal. São Paulo, 2000.
- [33] SILVA, N. Estudo da Ação do nível elevado de pressão sonora e do extrato seco de Ginkgo biloba EGd 761 na citoarquitetura da cóclea de cobais adultas. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2005. 96p.
- [34] SIMÕES, M. Prevalência de disfonia e estudo de seus fatores associados em educadores de creche. São Paulo: Departamento de Epidemiologia de Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 2001.
- [35] SOUZA, M.T. Apresentação do Documento: Distúrbio de Voz Relacionado ao Trabalho. In: XIV Seminário de Voz. São Paulo: PUC, nov/2004.

# Procedimento ISO 140-4 e ISO 140-5 para Medição do Isolamento Sonoro

Ferreira, J.A.C., Marcon, C.R., Zannin, P.H.T

\*LAAICA – Laboratório de Acústica Ambiental – Industrial e Conforto Acústico – Universidade Federal do Paraná  
email: zannin@ufpr.br

## Resumo

Este trabalho avaliou as condições de isolamento acústico no ambiente construído seguindo os procedimentos recomendados pelas normas internacionais ISO 140-4 e ISO 140-5. Avaliou-se a acústica do ambiente construído através de medições *in situ* do índice de isolamento sonoro  $R'_w$  entre cômodos e índice de isolamento sonoro de fachada  $R'_{str,s,w}$ . Nas residências, para as medições entre cômodos, foram medidos o ruído na sala emissora, o ruído na sala receptora, o ruído de fundo e o tempo de reverberação, obtendo-se o isolamento sonoro do conjunto normalmente formado por paredes e portas. Já no isolamento de fachada, é utilizado como fonte de sonora o ruído de tráfego. Os números únicos do isolamento sonoro foram obtidos através do procedimento gráfico descrito na norma internacional ISO 717-1, através da utilização do software *Qualifier* BK 7830. Os resultados de campo apontam a precariedade das condições de isolamento sonoro de fachada das moradias avaliadas.

**Palavras-chave:** de isolamento sonoro, medições *in situ*, isolamento de fachada qualidade acústica da edificação, normas ISO 140-4, ISO 140-5, ISO 717-1.

## 1. Introdução

Com o crescimento das cidades, ocorre também um aumento na poluição. Um dos tipos de poluição muito comum em metrópoles, como Curitiba, cidade com cerca de 1,7 milhões de habitantes; é a poluição sonora (Zannin et.al. 2001; Zannin et.al 2002a; Zannin et.al, 2002b; Zannin et.al, 2003). Este tipo de poluição é classificado pela Organização Mundial de Saúde como o tipo de poluição que atinge o maior número de pessoas no planeta, depois da poluição do ar por emissões gasosas e da poluição da água (World Health Organization, 2003). Esta consequência do crescimento das cidades é difícil de ser evitada, sendo a cidade um ambiente barulhento. Isto é provocado pela poluição sonora urbana que tem como agente caracterizador o ruído ambiental, considerado um ruído complexo, pois é composto de várias parcelas de ruídos secundários, provenientes de fontes e atividades diversas (Brown, 1994). Assim, uma das soluções é isolar o ruído, reduzindo sua entrada nas edificações, proporcionando à população maior conforto acústico no interior das mesmas.

A norma alemã Norma DIN 4109 (1999) fornece valores para o isolamento sonoro de uma fachada, relacionando níveis de ruído externo e o tipo de ambiente avaliado. O isolamento, neste caso, depende da relação entre parede externa, janela e tamanho do ambiente estudado. Para salas de estar e dormitórios o índice considerado ( $R'_{w,res}$ ) varia conforme níveis de ruído externo. Se o ruído externo for de até 60 dB(A), o

isolamento deverá ser no mínimo de 30 dB, chegando a um isolamento mínimo de 35 dB quando o ruído externo for de 65 dB(A).



Figura 1: Incômodo gerado pelo Ruído Urbano e busca pelo conforto acústico no interior da edificação

Este trabalho propõe verificar a condição de isolamento sonoro dos materiais comumente utilizados na construção civil brasileira, bem como o conjunto formado por eles, e verificar se os mesmos proporcionam conforto acústico no interior das residências.

## 2. Método

Foram realizadas medições *in situ* do isolamento sonoro de partições entre cômodos e na fachada de residências localizadas em bairros residenciais de Curitiba.

Os equipamentos e procedimento adotado foram os seguintes: o ruído é gerado pelo analisador acústico de dois canais (BK2260), passa pelo amplificador de potência (BK2716), e então é distribuído pelo ambiente através de uma fonte dodecaédrica (BK4296). A captação do ruído é feita pelo microfone(s) (dois quando entre cômodos e um para fachada) e então os dados são calculados pelo programa computacional “Qualifier” (BK7830). Todos os equipamentos são fabricados pela Brüel & Kjaer (Dinamarca) e satisfazem as normas internacionais requeridas para este tipo de medição, ISO 140-4 e ISO 140-5.



Figura 2: Sistema de Medição do Isolamento Sonoro: Analisador de dois canais BK 2260, fonte sonora dodecaédrica BK 4296, amplificador de potência BK 2716, microfones de medição BK 4190

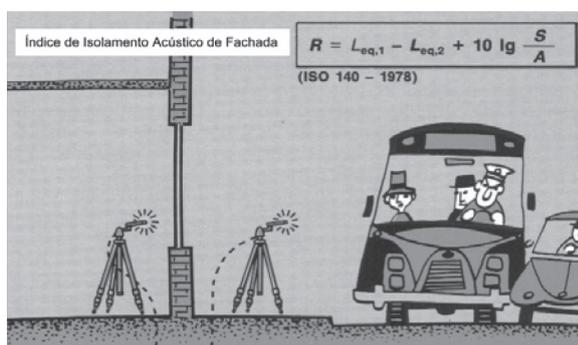


Figura 3: Determinação do índice de isolamento sonoro em uma fachada (Fonte: Brüel&Kjaer, 1999)

Nessa etapa existe uma relação direta com as dimensões e tipos de materiais (absorventes ou refletivos) existentes no ambiente avaliado acusticamente, principalmente para obter o tempo de reverberação, fator essencial para se calcular o isolamento sonoro da

partição interna ou fachada.

Para se obter o tempo de reverberação a fonte sonora dodecaédrica é posicionada aproximadamente no centro da sala a ser medida, como indica a ISO 140-4. Para a medição do isolamento sonoro de fachada foi utilizado o tráfego de veículos como fonte sonora, como indica a ISO 140-5.

Todos os índices de isolamento sonoro são calculados de acordo com a norma ISO 717-1 (1996). Esta norma apresenta os valores do isolamento sonoro como “números únicos”, o que facilita a interpretação dos valores medidos. Todos os resultados apresentados foram baseados em dados de medições em bandas de um terço de oitava, ou seja, foram medidos índices diferentes em 16 bandas de frequências para logo após condensar o resultado em apenas um valor, conforme especifica a norma ISO 717-1.

Finalizadas as medições, os dados foram tratados com a ajuda do software Qualifier BK 7830, o qual segue o procedimento de cálculo da norma ISO 717-1:1996, gerando o gráfico de isolamento sonoro apresentado na Figura 4. A norma ISO 717-1:1996 apresenta um método para a obtenção de um número único, que represente o resultado da medição de parâmetros acústicos obtidos através de medições realizadas em bandas de frequência de 1/3 de oitava, ou em bandas de oitava. Este número é obtido através da comparação da curva do espectro de frequências do coeficiente avaliado a uma curva padrão, cujos valores estão na tabela 1.

Esta comparação é efetuada plotando-se a curva de referência obtida, através da medição em uma parede de tijolos sem furos com espessura de 25 cm, e deslocando-se esta de 1 em 1 dB, até que a soma dos desvios desfavoráveis seja a maior possível, mas não ultrapasse 32 dB, para medições em bandas de 1/3 de oitava, e 10 dB, para medições em bandas de oitava. O valor do número único é o valor da curva de referência na frequência de 500 Hz, após a realização dos procedimentos acima descritos. A Tabela 1 apresenta os valores de referência for *airborne sound insulation* conforme a norma ISO 717-1:1996:

Tabela 1: Valores de referência ISO 717-1:1996.

Frequência [Hz]	Valores de referência para <i>airborne sound insulation</i>	
	Valores de referência bandas de 1/3 de oitava [dB]	Valores de referência bandas de oitava [dB]
100	33	
125	36	36
160	39	
200	42	

250	45	45
315	48	
400	51	
500	52	52
630	53	
800	54	
1000	55	
1250	56	55
1600	56	
2000	56	
2500	56	56
3150	56	

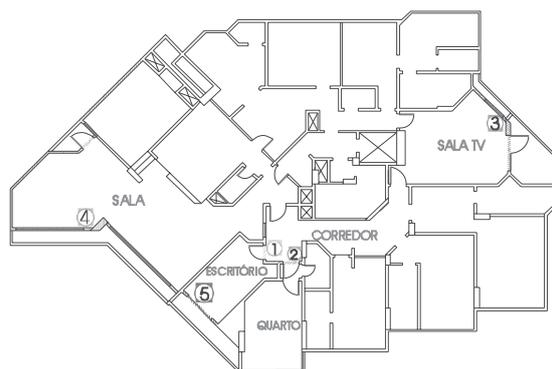


Figura 5: Planta do apartamento 1 com a localização dos pontos avaliados

Tabela 1: Índice de isolamento sonoro medidos no apartamento 1 -  $R'_w$  (entre cômodos) e  $R'_{str,s,w}$  (fachada)

DIVISÓRIA	TIPO DE MEDIÇÃO	RESULTADOS
1	entre cômodos	25
2	entre cômodos	27
3	de fachada	22
4	de fachada	22
5	de fachada	21

No segundo apartamento, os valores obtidos são muito semelhantes, apesar desse ser mais antigo e de menores dimensões, o que acarreta num menor valor econômico.

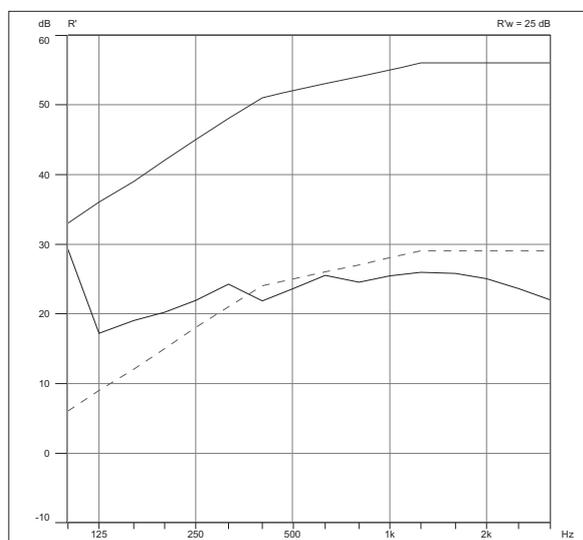


Figura 4: Índice de isolamento sonoro em função da frequência e índice de isolamento sonoro ponderado  $R'_w=25\text{dB}$  – Método - ISO 717-1:1996

### 3. Resultados e Discussões

Foram avaliadas três residências: dois apartamentos no bairro Batel e um sobrado geminado localizado no bairro Santa Cândida, todos em Curitiba.

No primeiro apartamento avaliado, considerado de classe média-alta, o índice de isolamento não superou os 27 dB para isolamento entre cômodos e os 22 dB para fachada. Essa diferença entre os níveis deve-se a maior quantidade de aberturas (janelas fechadas apenas com vidros e esquadrias muitas vezes mal instaladas) existentes nas fachadas.

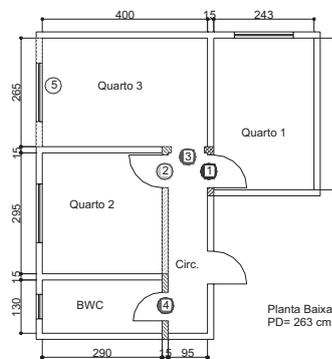


Figura 6: Parte da planta do apartamento 2 com a localização dos pontos avaliados

Tabela 2: Índice de isolamento sonoro medidos no apartamento 2 -  $R'_w$  (entre cômodos) e  $R'_{str,s,w}$  (fachada)

DIVISÓRIA	TIPO DE MEDIÇÃO	RESULTADOS
1	entre cômodos	28
2	entre cômodos	29
3	entre cômodos	26
4	entre cômodos	27
5	de fachada	21

O sobrado geminado, localizado em região mais afastado do centro da cidade que os dois outros imóveis, mas em região igualmente ruidosa, apresentou valores semelhantes aos anteriores. Esse possui valor econômico inferior aos outros, mas níveis de isolamento sonoro próximos aos encontrados anteriormente.

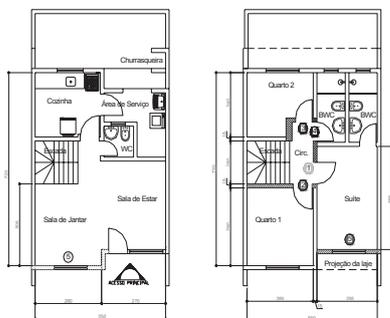


Figura 7: Plantas do sobrado geminado (terreo e superior) com a localização dos pontos avaliados

Tabela 3: Índice de isolamento sonoro medidos no sobrado geminado -  $R'_w$  (entre cômodos) e  $R'_{str,s,w}$  (fachada)

DIVISÓRIA	TIPO DE MEDIÇÃO	RESULTADOS
1	entre cômodos	28
2	entre cômodos	28
3	entre cômodos	29
4	entre cômodos	27
5	de fachada	19

#### 4. Conclusões

Os resultados não foram satisfatórios sendo que nenhum dos índices de isolamento de fachada obtido apresentou valor igual ou superior do prescrito na norma europeia DIN 4109 (1999), que é de no mínimo 30 dB, para fachada de dormitório.

Os valores do índice de isolamento sonoro mantiveram-se praticamente constantes, quando se comparam os seus valores com o valor monetário e a classe social dos ocupantes dos imóveis avaliados.

A maior parte do som é transmitida pelas aberturas existentes (portas e janelas). Assim, percebe-se a precariedade dos materiais usados para o fechamento dessas além da má instalação de caixilhos e esquadrias.

As propriedades dos elementos de uma fachada são, definidos primariamente devido às condições climáticas da região onde a moradia será construída, principalmente em relação à temperatura (Saarinen, 2002). O isolamento térmico regula as propriedades construtivas e a disponibilidade dos materiais de construção. Nos países Nórdicos, as janelas são tipicamente de vidro triplo, o que, por sua vez, possui, além de um bom isolamento térmico, também um isolamento sonoro muito superior às janelas de vidro

simples (3 – 5 mm), comumente encontradas nas construções brasileiras.

Devido a essa divergência de fatores que separam as condições construtivas no Brasil das de outros países, existe a necessidade de um embasamento nas referências de estudos realizados neste país. A tese de doutorado de Baring J. (1990) sobre o desempenho acústico de caixilhos de fachada no contexto do controle da poluição sonora urbana fornece um material de comparação com os resultados aqui apresentados. Os resultados do trabalho de Baring demonstram um aspecto típico da situação no Brasil e concordam com os números encontrados nas medições do presente trabalho.

#### Referências

- [1] Baring, J: 1990, Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, O Desempenho Acústico de Caixilhos de Fachada no Contexto do Controle da Poluição Sonora Urbana.
- [2] Brüel & Kjaer, Measurements in Building Acoustics, 1999.
- [3] DIN 4109: 1999, Schallschutz im Hochbau, Verlag Ernst Vögel GmbH, München/Stamsried.
- [4] ISO 717-1:1996 Acoustics – rating of sound insulation in buildings and building elements Part 1. Airborne sound insulation.
- [5] ISO 140/4-1978 Acoustics – Measurement of sound insulation in building and of building elements- Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms.
- [6] ISO 140/5-1978, Acoustic – Measurement of sound insulation in building and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades.
- [7] ISO 354- 1985, Acoustic- Measurement of sound absorption in reverberation room.
- [8] NBR 10152 – 1987 – Níveis de ruído para conforto acústico. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [9] Recchia, C: 2001, Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Estudo do Desempenho Acústico dos Elementos Construtivos que Compõe a Fachada.
- [10] Saarinen, A. Reduction of external noise by building facades: tolerance of standard EN 12354-3. applied acoustics 63 (2002) 529-545.
- [11] Silva, D: 2000, Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Estudo da Isolação Sonora em Paredes Divisórias de Diversas Naturezas.
- [12] World Helath Organization – WHO. Résumé d'Orientation des Directives de l'OMS Relatives au Bruit dans l'Environmental. Disponível em: <<http://www.who.int/home.page/>> Acesso em: 05 abr. 2003.

- [13] Zannin, P. H. T.; Diniz, F. B., Calixto, A., Barbosa, W. Environmental Noise Pollution in Residential Areas of the City of Curitiba. *Acustica Acta Acustica*, 2001, 87, 625-628.
- [14] Zannin, PHT; Diniz, FB; Barbosa, W. Environmental Noise Pollution in the City of Curitiba, Brazil, *Applied Acoustics*, 2002a, 351, 358-63.
- [15] Zannin, P. H. T.; Diniz, F. B.; Ferreira, J. A. C.; Schuhli, R. Incômodo Causado pelo Ruído Urbano à População de Curitiba, PR. *Revista de Saúde Pública*, 2002b, 36, 521-524.
- [16] Zannin, PHT; Diniz, FB; Ferreira, JAC; Calixto, A. A survey of urban noise annoyance in a large Brazilian city: the importance of a subjective analysis in conjunction with an objective analysis, *Environmental Impact Assessment Review*, 2003, 245, 255-23.

# Tecnologia de aquisição de sinais biauriculares - um histórico até os projetos atuais

Paul, S.\*

\*Laboratório de Vibrações e Acústica, Universidade Federal de Santa Catarina, stephan.paul.acoustic@gmail.com

## Resumo

Nas áreas relacionadas ao registro e reprodução do som, é de grande valia que seja possível obter e armazenar sinais acústicos de tal forma que um evento sonoro seja integralmente reconstituído. Tal feito é o objetivo da tecnologia biauricular. Embora muitas pessoas a considerem uma tecnologia recente e restritamente vinculada a uma subárea da engenharia acústica, a da qualidade sonora, ela é, na verdade, bem mais antiga. Os seus passos iniciais foram dados por volta mais que cem anos atrás e as suas primeiras aplicações foram em outras áreas como a da transmissão de sinais telefônicos. Durante o seu longo tempo de existência e com a dedicação de muitas pessoas, vários desafios foram superados, mas alguns deles não foram resolvidos até hoje. Em um resgate histórico, o artigo acompanha o desenvolvimento da tecnologia de obtenção de sinais biauriculares, isto é das cabeças artificiais e dos manequins, dando o devido destaque ao grande número de pessoas envolvidas, proporcionando também uma breve visão de desenvolvimentos futuros.

**Palavras-chave:** aquisição de sinais biauriculares, biaural, biauricular, binaural, histórico

## 1. Introdução

A obtenção, gravação e reprodução fidedigna de sinais acústicos sempre foi de interesse para engenheiros da área e outras pessoas envolvidas com áudio. Para atingir este objetivo foram desenvolvidas várias tecnologias, entre elas a estereofonia e a tecnologia biauricular. No Brasil, a última é chamada de tecnologia *binaural*, biaural, biauricular ou até biáurea<sup>1</sup>. Usam-se também os termos estereofonia relacionada à cabeça (*head related stereophony*) ou *dummy-head technology* e até o termo *biphonic* foi utilizado.

Muitas vezes, o termo biauricular é utilizado para definir o fato de se apresentar qualquer sinal às duas orelhas, mesmo que os sinais que chegam a cada uma delas sejam totalmente iguais (dióticos) ou diferentes de alguma forma (dicóticos), o que torna o termo ambíguo. Mas quando se fala em técnicas de obtenção (gravação), o termo biauricular deve ser utilizado exclusivamente quando os sinais acústicos correspondem aos sinais que chegariam às membranas timpânicas de uma pessoa, caso fosse ela, e não o receptor, que estivesse captando os sons. Ou seja, as interferências físicas do corpo humano sobre o campo sonoro devem ser consideradas. Nesta situação, o sinal da orelha esquerda será invariavelmente diferente do da orelha direita.

Nos últimos tempos, tem havido um interesse crescente na tecnologia de obtenção, gravação e reprodução de sinais biauriculares, principalmente por causa de tecnologias como a auralização e a realidade virtual. A tecnologia biauricular e os termos relacionadas a ela também estão sujeitos a uma certa popularização em *blogs* na internet, nos quais os usuários discutem assuntos de seu interesse e disponibilizam arquivos de som para os demais internautas, como amostras de sons biauriculares. Apesar de que nem sempre o que está sendo chamado de gravação biauricular realmente o é. Muitas vezes, são na verdade uma simulação atingida por convolução de sinais monauriculares com as funções de transferência relacionadas à cabeça, ou ainda uma gravação que não considera todas as influências do corpo humano sobre o campo sonoro, no sentido da definição dada anteriormente. Existem inúmeros arquivos de sons disponíveis na internet que consistem de sinais biauriculares que, escutados com (bons) fones de ouvido, fazem o ouvinte acreditar que a fonte sonora se move ao redor dele. Um dos exemplos mais conhecidos é o *barbershop*, a loja de barbeiro, onde um barbeiro virtual se move ao redor da pessoa que está escutando os sinais.

Mas a informação encontrada na internet, bem como em algumas publicações recentes (como em [69]), muitas vezes passam a impressão de que se trata de uma tecnologia recente e muitas vezes os equipamentos, sobretudo aqueles de obtenção dos sinais biauriculares (as cabeças artificiais e manequins), tem um ar ultra-moderno. Porém, pesquisas e aparelhos de obtenção, transmissão, gravação e reprodução de sinais biauriculares vem sendo desenvolvidos há muito tempo e a muitas pessoas que se

<sup>1</sup> Tecnologia biaural ou biauricular seriam as denominações corretas considerando o Português brasileiro. Tecnologia binaural é uma adaptação direta e não muito correta do nome em inglês, *binaural recording*, considerando que o prefixo bin- não existe na língua portuguesa.

dedicaram à pesquisa e ao desenvolvimento da tecnologia devem ser dados os devidos créditos.

Igualmente podem ser encontradas muitas informações duvidosas, confundindo ou misturando os conceitos de cabeça artificial e manequim, estereofonia e tecnologia biauricular, ou inventando nomes e inventores para conceitos e técnicas já conhecidas há mais tempo.

O objetivo deste artigo é resgatar uma parte da história do desenvolvimento da tecnologia biauricular de obtenção de sinais: dos manequins e cabeças artificiais. Como cabeça entende-se por exemplo um dispositivo que compreende a simulação de uma cabeça humana com os elementos importantes que modificam os sinais, isto é basicamente o pavilhão auditivo e em função da aplicação também um canal auditivo (parcial ou total). Um manequim por sua vez apresenta além disso ombros e muitas vezes o tronco, considerando portanto outros elementos muito importantes para a modificação dos sinais que chegariam à orelha de uma pessoa real.

Além de relatar o desenvolvimento ao longo de mais de 100 anos com um número grande de exemplos, o artigo ilustra os desafios que foram superados e os que ainda aguardam a serem superados, bem como dá uma visão breve do possível rumo que a tecnologia vai tomar no futuro.

## 2. Passos iniciais - predecessores à tecnologia biauricular

Os estudos sobre a audição biauricular começaram há mais de um século, sendo os estudos de Wells in 1792 e Venturi entre 1796 e 1802 provavelmente os primeiros a serem realizados [151]. Durante o século XIX e no início do século XX outros pesquisadores como Wheatstone [154], Dove [38, 39], Seebeck [134], Alison, Steinhäuser [140], Thompson [143–145] e J.W Strutt (Lord Rayleigh) [118] estudaram a audição biauricular. O artigo de Wade e Deutsch [151] traz uma revisão completa dos primeiros estudos sobre audição biauricular. Ficou claro que o fato de os seres humanos possuírem dois ouvidos é co-responsável pela sofisticação da audição humana e proporciona muitas habilidades ao ouvinte. Entre elas está a de localizar e discriminar fontes sonoras, inclusive em ambientes barulhentos ou reverberantes, e proporcionar noções de espacialidade. Essas características estão sempre presentes ao se escutar um evento sonoro ao vivo, mas eram reproduzidas deficientemente em gravações feitas com microfones.

A fim de proporcionar transmissões mais fidedignas de peças musicais, começou-se a experimentar o uso de microfones espaçados. Desta forma nasceu um antecessor à estereofonia moderna, tendo o inventor comparado o efeito audível ao efeito visível, conhecido naquela época como estereoscopia. A obtenção e transmissão de sinais separados a serem destinados separadamente às duas orelhas começou em 1881 com a submissão de uma patente

considerando a melhoria de equipamentos de transmissão de sinais sonoros em teatros<sup>2</sup>

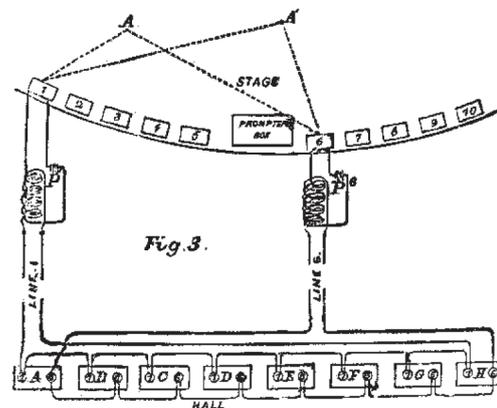


Figura 1: Esquema de captura e transmissão dos sinais “estereofônicos” realizada por Clément Ader em 1881. Fonte: [81]

Genuit, Gierlich e Bray [70] e Stahl [138] apontam que os primeiros trabalhos com uma cabeça artificial foi desenvolvido em 1886 nos laboratórios Bell. No entanto, é importante destacar que os laboratórios Bell (*Bell Labs. Inc*) se formaram como entidade de pesquisa utilizando este nome em primeiro de janeiro de 1925 pela união dos departamentos de engenharia da *Western Electric* e da *AT&T*. Jont B. Allen, antigo integrante dos laboratórios Bell e conhecedor profundo das pesquisas realizadas nos laboratórios também informou em comunicação pessoal não ter conhecimentos de que um manequim fosse desenvolvido ou utilizado nos laboratórios da *Western Electric* ou da *AT&T* antes dos anos 1920.

Conforme Mr. Allen uma primeira cabeça artificial foi apresentada ao Alexander Graham Bell nos anos 1920, mas não há referências bibliográficas que possam comprovar este fato. Porém, há evidências (por exemplo [146]) que o fato de o ser humano possa localizar fontes sonora mediante os dois ouvidos já foi utilizada na primeira guerra mundial, por exemplo para localização de submarinos mediante a escuta dos sinais captados por dois hidrofones [93]. Porém, estes sinais, captados por receptores

<sup>2</sup> O título original da patente é *Improvements of a telephone equipment in theatres*. e a realização da primeira transmissão “estereofônica” de uma peça musical da ópera de Paris a uma sala adjacente na ocasião da exposição elétrica de Paris no mesmo ano [19, 58, 59, 79, 81, 106]. Os sinais foram obtidos com vários pares de microfones de carbono, usados nos telefones da época, posicionados no palco da ópera conforme o esquema da Figura 2. Os sinais dos pares eram transmitidos via linhas telefônicas, duas para cada par, e podiam ser escutados com dois fones de ouvido monauriculares, típicos dos telefones da época. Mais tarde, a invenção foi batizada de *théâtrephone* na França e *electrophone* nos países de fala inglesa e utilizada comercialmente até 1932<sup>3</sup>.

espaçados somente foram apresentados aos dois ouvidos e assim não seriam sinais biauriculares pela definição utilizada neste artigo.

Deste 1916 Fletcher foi membro da equipe de pesquisa do departamento da *Western Electric* e já tinha dedicado muitos anos de trabalho ao problema de perda auditiva, também por ter o seu próprio pai afetado pela perda auditiva. No início dos anos 1920 Harvey Fletcher desenvolveu um aparelho auditivo “biauricular” a ser usado em reuniões por Alfred DuPont, integrante da conhecida família DuPont que tinha um histórico de surdez. No aparelho desenvolvido dois microfones foram posicionadas na mesa de reunião e conectados via amplificadores valvulados a dois telefones monauriculares a serem usados como fones de ouvido [57]. Assim Fletcher tinha criado provavelmente o primeiro aparelho auditivo estereofônico, ou aparelho “biauricular”, como foi chamada a invenção na época. Um sistema completo de transmissão “biauricular”, provavelmente até aquele desenvolvido no início dos anos 1920, foi patenteado por Fletcher e Sivian em 1927 [56]. Segundo a patente, o sistema utilizava um balão de couro ou tecido, recheado com espuma, algodão ou couro. Nele foram instalados dois microfones. Desta forma quatro elementos afetando a transmissão sonora de uma fonte até a membrana timpânica de uma pessoa foram modelados de certa forma: a separação dos receptores, a sombra acústica, a difração e a absorção devido à cabeça.

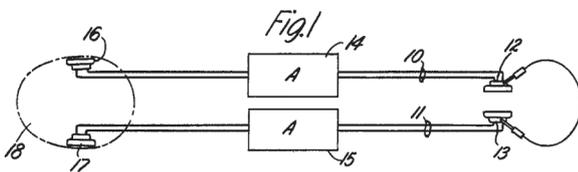


Figura 2: Sistema de telefonia “biauricular” conforme patente de Fletcher e Sivian, Fonte: [56]

Em 1921 Doolittle submeteu uma patente para um aparelho de obtenção, gravação e reprodução de dois canais [37]. Segundo a patente os sinais foram obtidos com dois microfones sem presença de um septum acústico e gravados em disco. Em 1924 lhe foi concedida outra patente relacionada à transmissão de dois canais via rádio [35]. No mesmo ano a sua estação de rádio rádio WPAJ<sup>4</sup> recebeu autorização para transmissão em duas frequências diferentes<sup>5</sup>. Assim, as pessoas podiam ouvir os dois sinais conectando um fone de ouvido monauricular a um rádio

sintonizado na primeira frequência de transmissão e o segundo fone monauricular ao outro aparelho sintonizado na segunda frequência de transmissão. Naquela época utilizava-se quase que exclusivamente fones de ouvido, já que os alto-falantes ainda eram extremamente primitivos (eram basicamente fones de ouvido com uma corneta acoplada) [?]. Em 1925 Doolittle publicou um artigo chamado de “*Binaural Broadcasting*” [36] detalhando os experimentos com a transmissão de dois canais. Segundo Ericson e colegas [43] a opera de Berlin também utilizou técnicas de de obtenção de sinais “biauriculares” por volta de 1925.

A partir do artigo de Doolittle [36] e um artigo de Sherman [135] conclui-se que foram utilizados apenas dois microfones sem que estes foram separados por um material que providenciava difração, sombra acústica e absorção conforme por exemplo a invenção de Fletcher. Mesmo assim Doolittle, Sherman, bem como muitos outros até os anos 1970 descreviam qualquer tecnologia de obtenção, gravação, transmissão e reprodução de mais de um canal como biauricular. Isto porque o termo biauricular (ou *binaural*) foi concebido por Alison em 1861 [151] para designar o fato de que dois ouvidos participam da audição humana. Além disso surgiu o termo estereofonia e também uma combinação dos dois, o termo estereofonia biauricular (*binaural stereophony*). Hammer e Snow [78] por exemplo consideraram um sistema de ser completamente biauricular (*fully binaural*) quando os sinais adquiridos por um manequim ou uma cabeça artificial foram reproduzidos por fones de ouvido, mantendo assim a separação dos canais e os indicadores biauriculares dos sinais. Sistemas que não apresentavam essas características foram chamados de sistemas estereofônicos. Porém, a definição desses termos não foi geralmente adotada e a confusão no uso dos termos continuou. Kinns ainda utilizou o termo *binaural* de forma não adequado em um título de um artigo sobre uma técnica parecida ao *beamforming* utilizando dois microfones pouco espaçados [87]. Snow [136] considerou a imprecisão de definição de termos um fenômeno comum em desenvolvimentos novos mas mencionou também definições diferenciadas para obtenção estereofônica e biauricular de sinais. Hoje as técnicas que fazem uso de dois microfones simples não sendo montados em uma cabeça artificial ou um manequim, não devem ser considerados técnicas biauriculares mas sim técnicas de estereofonia. Apenas as técnicas que fornecem sinais que correspondem àqueles que seriam obtidos nas orelhas de um ouvinte humano são consideradas hoje técnicas biauriculares de obtenção de sinais.

Em 1927, W. Bartlett Jones, de Chicago, submeteu uma patente considerando um sistema de captação, gravação e reprodução de sinais “biauriculares”. A patente, finalmente concedida em abril de 1932 [84], mostra desenhos simples de uma “cabeça artificial” em forma de cilindro ou esfera, com microfones nas posições que correspon-

<sup>4</sup> A partir da primavera de 1925 a estação se chamou WDRC conforme <http://www.wdrcobg.com/history.html>.

<sup>5</sup> Vide também as informações em <http://www.wdrcobg.com/doolittle2.html> e as informações sobre a data de 16 de agosto de 1924 em <http://www.wdrcobg.com/history.html>

deriam às orelhas humanas. A diferença do sistema em

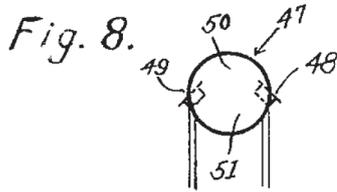


Figura 3: Esquema da “cabeça artificial” idealizada por W. Bartlett Jones. Fonte: [84]

relação ao patenteado por Fletcher e Sivian [56] está no fato de empregar uma esfera e na colocação dos microfones, que deviam ser inclinados para frente para melhor reproduzir, conforme o autor da patente, a inclinação dos pavilhões auditivos na cabeça humana. A patente também descreve, em forma muito simplificada, aparelhos de gravação e reprodução dos sinais “biauriculares” em disco e propõe meios de reprodução dos sinais de tal forma a preservar os indicadores “biauriculares” necessários para localização de fontes sonoras (principalmente a diferença interauricular de tempo e de intensidade). Porém, com os conhecimentos que se tem hoje, pode-se afirmar que os sistemas de Fletcher, Sivian e Jones não conseguiriam reproduzir de forma muito fiel a localização de uma fonte e os sinais teriam bastante coloração, isso é, a alteração de timbre em comparação ao original, não apenas devido às funções de resposta em frequência dos microfones e fones de ouvido, mas também devido à simplificação geométrica da cabeça humana.

Com certeza pode-se afirmar que o uso de manequins iniciou-se no final dos anos 1920 quando Firestone [2, 54] descreve o uso de um manequim composto de uma imitação da cabeça humana feita de parafina e um tronco de madeira, com receptores Baldwin no lugar das orelhas. O aparelho foi utilizado para determinar as diferenças de fase e a razão de amplitudes entre as orelhas utilizando uma simulação da cabeça humana ao invés de se aproximar a cabeça humana por uma esfera<sup>6</sup>.

Outros pesquisadores como por exemplo Doolittle [37], patentearam sistemas de obtenção, gravação e reprodução de dois canais, mas não consideraram alguma cabeça ou outro *septum* acústico.

Nos anos 1930, pesquisadores dos laboratórios Bell, liderados por Harvey Fletcher, começaram a fazer experimentos com manequins [55, 57, 78, 137]. Conforme Fletcher [3, 55], o seu grupo trabalhou na melhoria da transmissão de voz pelo telefone a fim de conseguir uma

impressão sonora com alta fidelidade. Após exaustivas tentativas e baseados nas experiências de Fletcher com o aparelho auditivo feito nos anos 1920, eles perceberam que o fato de escutarmos sempre com duas orelhas é um fator extremamente importante para a alta fidelidade do som ao vivo e que a transmissão de apenas um sinal monauricular é a responsável pela ausência dessa fidelidade. Mas além de usar dois receptores, duas linhas de transmissão e dois fones, Fletcher e seus colegas colocaram os receptores em um manequim de parafina, este adquirido de um artista que fabrica manequins para as vitrines de lojas. Nele foram montados microfones na posição da esfenoide conforme mostra a Figura 4<sup>7</sup>. A construção do manequim “Oscar” bem como a calibração e equalização dos sinais biauriculares foi bem documentada por Hammer e Snow [78]. Hammer e Snow justificaram o posicionamento dos microfones na esfenoide em vez da montagem dentro das orelhas em virtude do diâmetro dos microfones eletrodinâmicos de 1,4 polegadas. Desta forma ainda não se considerava a importância do pavilhão e canal auditivo sobre os sinais [78].

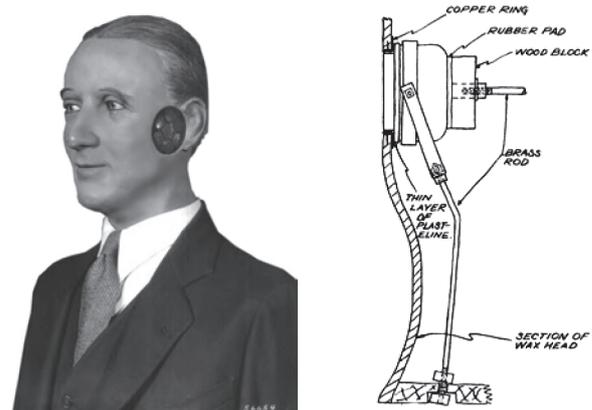


Figura 4: Oscar, o manequim feito nos Laboratórios Bell. Vista de perfil e detalhe da instalação dos microfones. Fonte [78]

Enquanto Firestone utilizava o seu manequim apenas para medir as diferenças de fase e amplitude causadas por sons incidentes nas duas orelhas do mesmo Fletcher, seus colegas realmente utilizaram o manequim para obtenção de sinais a serem transmitidos e escutados. Assim, o trabalho de Fletcher e colegas pode ser considerado um marco importante da tecnologia biauricular de

<sup>6</sup> Porém as diferenças de fase, ou tempo de chegada, são bem similares para uma esfera e um manequim, vide [125].

<sup>7</sup> Algumas fontes bibliográficas reportam que os microfones foram montados dentro das orelhas [57], enquanto outras reportam que foram montados na posição da orelhas [146], e ainda outras asseguram que estavam apenas montados perto das orelhas [43, 78, 88] conforme se pode conferir na Figura 4.

gravação, mesmo que os sinais não tenham sido armazenados. Conforme Fletcher [55], os experimentos com “Oscar” provaram que uma impressão sonora de alta fidelidade é possível por meio do registro, transmissão e reprodução de sinais biauriculares.

Fletcher também sabia que o uso de dois microfones pode criar um certo efeito espacial ao se ouvir os sinais. Baseado no “Oscar”, ele idealizou então um sistema de “perspectiva auditiva” para criar uma melhor correlação audio-visual em filmes de cinema [57], um assunto que foi amplamente discutido pelos cinegrafistas nos anos 1900-20 [7].

Durante o inverno e a primavera de 1931/1932 os laboratórios Bell em cooperação com o Sr. Stokowski da orchestra sinfônica de Philadelphia, EUA, realizaram uma série de testes de registro e reprodução das músicas tocadas pela orchestra utilizando “Oscar”. Os sinais registrados com o “Oscar” foram então comparadas com a impressão auditiva do evento ao vivo. O sistema, compreendendo “Oscar” bem como amplificadores, equalizadores e fones de ouvido, foi avaliado em uma série de ensaios descritos de forma detalhado por Hammer e Snow [78] e operava na faixa de frequência de 50 até 15000 Hz.

Finalmente “Oscar” foi apresentado a um público maior na feira internacional de Chicago em 1933<sup>8</sup> e ficou depois em exposição no museu de ciência e indústria de Chicago [4, 137, 146] até ser substituído em 1951<sup>9</sup>. Na ocasião da exposição mundial, bem como na instalação no museu de ciências e indústria de Chicago, pessoas podiam ouvir, através de um par de fones de ouvido, os sinais obtidos e perceber que um interlocutor se movimentou ao redor do manequim. A apresentação foi uma sensação e até hoje o efeito deixa muitas pessoas boquiabertas. Mas os ouvintes sempre podiam observar onde estava o interlocutor que se movia ao redor do “Oscar”. Hammer e Snow [78] bem como Tinkham [146] reportavam que erros de localização, principalmente confusão frente-costas (*front-back confusion*) e erros de percepção da distância, foram muito frequentes quando não houve informação visual ou quando os sinais não foram contínuos.. Este efeito ainda será um quebra-cabeça por muito tempo, como se verá ao longo do artigo.

Posteriormente, Fletcher dedicou-se à tarefa de reproduzir o mesmo efeito de alta fidelidade utilizando alto-falantes. Da idéia de se utilizar um número infinito de microfones e alto-falantes, idéia associada à síntese de campo sonoro, os pesquisadores dos laboratórios Bell chegaram à conclusão de que três microfones e três alto-falantes eram o suficiente [139]. Este método, bem como os demais que utilizaram apenas dois microfones e dois alto-falantes, foram chamados mais tarde de estereofonia.

<sup>8</sup> Segundo as memórias de Fletcher [57], este fato teria acontecido em 1932, mas a feira só abriu em 1933.

<sup>9</sup> Comunicação pessoal de Sr. Ritzler, do museu de ciência e indústria de Chicago, recebida no dia 2 de setembro de 2008.

Alguns anos mais tarde, em 1939, os pesquisadores De Boer e Vermeulen, da holandesa Philips, apresentaram dois artifícios para obter sinais biauriculares a serem amplificados e reproduzidos com fones a fim de proporcionar um aparelho auditivo. O primeiro artifício era uma esfera de 22 cm de diâmetro, com dois microfones na circunferência. O outro era um manequim (Figura 5), o primeiro e único que imitava uma mulher, que utilizava microfones capacitivos “dentro” de simulações aproximadas dos pavilhões auditivos [30]. Os microfones daquela época ainda tinham um diâmetro muito grande e simplesmente não cabiam totalmente dentro dos pavilhões quando os diafragmas eram alinhados à superfície lateral da cabeça, como se pode conferir na Figura 5. Desta forma, a influência dos pavilhões do manequim sobre os sinais não correspondia à influência que estes tem em um ser humano, e conseqüentemente alterações do timbre e os conhecidos erros de localização eram presentes, mas não podiam ser explicados pelos inventores.



Figura 5: O manequim feminino de De Boer e Vermeulen, no qual os microfones ficavam “dentro” dos pavilhões auditivos. Fonte: [30]

Em 1940 de Boer submeteu uma patente<sup>10</sup> no seu país de origem para um aparelho de transmissão de som estereofônico que incorporou uma “cabeça artificial” para obtenção dos sinais e três alto-falantes para reprodução, dois destes para altas frequências e um para as baixas. Desta forma ele tinha criado um sistema de reprodução similar aos sistemas modernos de 2.1. A “cabeça artificial” considerada foi uma esfera simples de no mínimo 14 cm de diâmetro. Na patente de Boer discute os efeitos de esferas de diâmetros diferentes chegando à conclusão que a esfera que representa a “cabeça artificial” deve ter no mínimo 14 cm de diâmetro.

Baseado na patente anterior de Boer submeteu junto com o seu colega Vermeulen outra patente em 1942 na Holanda e em 1948 nos E.U.A. [32] para um aparelho de ajuste do efeito estereofônico em aparelhos de transmissão estereofônica. A idéia era de providenciar por meio de uma configuração T de resistores uma possibilidade de variar o tamanho aparente da “cabeça artificial” nos sinais

<sup>10</sup> Em 1947 de Boer submeteu a patente também nos E.U.A. onde foi concedida em 1950 [31].

biauriculares. A geometria da “cabeça artificial” considerada na patente não é especificada, mas geometria simples como esferas aparentemente têm sido consideradas.

Conforme Fernberger [53] Rosenberg e Slavisnky [123] utilizaram um manequim no final dos anos 1930 para estudar as propriedades direcionais da audição humana. Conforme escreve Fernberger dois microfones foram montados dentro de uma cabeça de um manequim na posição das membranas timpânicas. Considerando o tamanho dos microfones da época e o conhecimento que se tinha sobre a influência da orelha externa sobre os sinais e desta forma sobre a localização de fontes sonoras é mais provável que os microfones eram na posição das orelhas como em outros manequins da época.

Nos anos seguintes, época da segunda guerra mundial a tecnologia começou a ser utilizado para resolver questões urgentes relacionados à tecnologia bélica.

Assim a capacidade humana de localizar fontes sonoras devido ao fato de possuir dois ouvidos foi aproveitada para localizar aviões inimigos, submarinos e navios (por exemplo [80, 94]). Um aparelho localizador para localização de aviões incorporava dois ou quatro receptores (cornetas) para captação dos sinais que a serem escutados pelo operador, que desta forma localizava a fonte sonora [113].

Para medir a transmissão sonora de capacetes<sup>11</sup> de pilotos e assim estimar o ruído que mascara os sinais emitidos pelo fones de ouvido contidos nos capacetes Dickson e colegas utilizaram durante a segunda guerra mundial uma “cabeça” com um microfone montado nela [34]. A intenção do uso da cabeça artificial não era a obtenção de sinais biauriculares mas sim providenciar um método objetivo de medição dos capacetes e a inferência nos sinais de comunicação. A “cabeça” utilizada para este fim foi de madeira, daquelas utilizados como moldes para fabricação de capacetes na época, e revestida com papel machê. Como ela contava com apenas um microfone ela não será considerado como cabeça artificial nos termos deste artigo.

Segundo Geluk [61, 62] logo após a guerra, em 1946, começou na Holanda a transmissão de sinais obtidos com cabeça artificial via rádio, muito provavelmente utilizando a cabeça artificial de de Boer e Vermeulen [70]. Porém, a transmissão de sinais biauriculares não teve grande sucesso na época. As técnicas de obtenção de sinais que utilizam vários microfones mas desconsideram a cabeça, já utilizada por Ader em 1881, aperfeiçoadas desde então por muitos e patenteado finalmente por Blumlein [10], eram mais simples e mais compatíveis com a reprodução por alto-falantes, pelo menos quando se tratava de sinais gravados em ambientes grandes ou em condições parecidas às de campo livre. Além disso, grandes desafios daquela época eram a gravação, isto é o armazenamento dos sinais, de vários canais sem que a informação de

fase entre os sinais se perdesse [146]. A informação de fase entre os canais esquerdo e direito é um indicador importante para a localização da fonte sonora. Porém, a preservação da fase só começou a ser possível com o uso dos gravadores em fita magnética, nos anos quarenta<sup>12</sup> [77, 137, 146]. Outras limitações técnicas eram a limitada faixa de frequência dos microfones e dos fones de ouvido e alto-falantes.

A partir do manequim “Oscar”, os pesquisadores chefiados por Fletcher desenvolveram “Oscar II”. Segundo a Figura 6, “Oscar II” realmente tinha os microfones na posição das orelhas, mas eles ainda tinham um diâmetro muito grande e o canal auditivo ainda não estava sendo modelado.



Figura 6: A cabeça artificial “Oscar II” sendo utilizada por H. Fletcher em experimentos de localização de fontes sonoras. Nesses ensaios, chamados de *double dome research*, uma pessoa tinha a cabeça artificial fixada à sua e escutava os sinais obtidos pelos microfones da cabeça artificial utilizando fones de ouvido. A pessoa era então requerida a apontar a direção de onde aparentemente vinha o som captado. Fonte: AT&T Corporate Archives.

### 3. Os anos cinquenta

Nos anos 50, impulsionados pela disponibilidade de meios de gravação que permitiam o armazenamento de sinais com certo grau de preservação da fase<sup>13</sup> e com ampla

<sup>12</sup> O primeiro aparelho de gravação em fita magnética foi patenteado em 1898 pelo inventor dinamarquês Valdemar Poulsen [29]. Porém a técnica de gravação em fita magnética não foi utilizada com sucesso antes dos anos 1936 na Alemanha (*Magnetophone*) e depois da segunda guerra mundial mundialmente [77, 137, 146].

<sup>13</sup> Mesmo com fitas magnéticas e a maior precisão de alinhamento das cabeças que magnetizavam a fita, considerando um erro de  $\pm 1.25/1000$  polegadas no posicionamento, a localização da imagem sonora sofria erros na ordem de 20°. Outro problema era a gravação sem a interferência indutiva entre os dois canais. Para mais informações sobre o assunto de

<sup>11</sup> Os capacetes de pilotos da época normalmente eram feitas de couro.

faixa dinâmica em fita magnética, até em condições difíceis como no interior de um automóvel em andamento [5], surgiram novos usos para a tecnologia estereofônica e biauricular e novas cabeças artificiais, por exemplo na indústria [146]. No seu artigo de 1953, Snyder [137] concluiu que uma tecnologia que preservasse todos os aspectos importantes do som, isto é uma gravação *true-to-original*, teria aplicações não apenas em gravações e reproduções de peças musicais, mas também na análise de sons, promessa que seria comprovada posteriormente.

David C. Apps e colegas da General Motors nos E.U.A. provavelmente são os primeiros a utilizar gravações estereofônicas na indústria automobilística, desde o início dos anos 50 até a metade dos anos 1970 [5, 11]. O título do artigo *The Use of Binaural Tape Recording in Automotive Noise Problems* escrito por Apps sugere, erroneamente, como era normal naquela época e ainda acontece, que se tratava de gravações biauriculares. Porém, ao ler o artigo, que também relata o uso de comparações subjetivas dos sinais obtidos, fica claro que se tratava de gravações estereofônicas com microfones simples e sem corpo de separação ou cabeça. Shedlowsky (citado em [11]), que trabalhava com Apps na General Motors, escreveu mais tarde, em 1965, que o sistema de gravação estereofônica foi desenvolvido porque proporcionava mais realismo que as gravações monauriculares. Segundo ele, estas gravações seriam necessárias já que os resultados de avaliação de ruídos internos utilizando apenas medidores de nível de pressão sonora ou espectrogramas não eram satisfatórios. Também mencionava que outras tentativas de gravação haviam falhado devido à falta de fidedignidade das gravações e que isso só foi resolvido com a chegada de melhores equipamentos de gravação (coma a fita magnética e microfones) e a modelagem do sistema auditivo humano (por meio de manequins).

Para fins de pesquisas sobre a espacialidade da audição, realizadas no laboratório de V. Békésy<sup>14</sup> da universidade de Budapeste, Hungria, a AKG da Áustria fabricou um número reduzido de um modelo de cabeça artificial em 1951. As cabeças foram feitas de madeira e conforme se pode observar na Figura 7 não possuíam pavilhões auditivos. Os microfones utilizados eram microfones capacitivos omnidirecionais (ou microfones com equalização de campo de pressão) da própria AKG.

Pessoas e empresas relacionadas à gravação de peças musicais também começaram a se interessar novamente pela tecnologia biauricular. Em 1951 a Magnecord dos E.U.A. lançou no mercado um gravador de fita magnética de dois canais, chamado de "*Magnecord Binaural tape transport*" e um amplificador "biauricular" [9]. Em 1953

gravações em fita magnética, especialmente gravações de vários canais, vide as publicações de M. Camras nos *Proc. of the Institute of the Radio Engineers*.

<sup>14</sup> No final dos anos 1940 v. Békésy passou um tempo no laboratório de psicoacústica da universidade de Harvard.

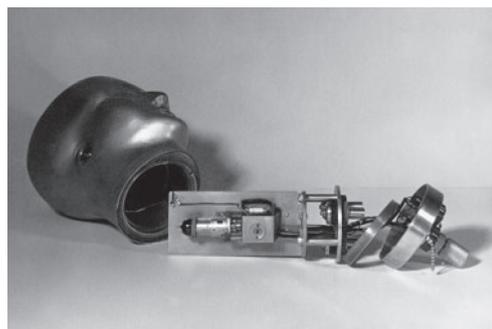


Figura 7: A cabeça fabricada pela AKG para fins de pesquisa na universidade de Budapeste, Hungria. Fonte: AKG.

Bixler patenteou este sistema, compreendendo também um sistema de captação e gravação de sinais biauriculares [9]. A examinação da patente revela que os termos estereofônico e biauricular foram confundidos e o sistema é apenas um sistema de captação de dois canais, sendo que os microfones podem ser separados por algum elemento que providencia uma sombra acústica, no caso da patente uma placa. Assim o sistema não pode ser considerado um sistema de captação biauricular conforme a definição própria deste artigo.

Na época foram discutidos também as implicações de equalização não adequada dos sinais biauriculares, que ficou bem mais evidente do que uma equalização errada de sinais monofônicos (por exemplo [107]).

André Charlin, pioneiro francês de áudio, apresentou a sua *tête artificielle* (cabeça artificial) em 1954. Essa "cabeça", chamada de *tête Charlin* (Figura 8), era um balão revestido com couro, para imitar a absorção da pele humana, muito similar ao dispositivo patenteado por Fletcher e Sivian [56].



Figura 8: A *tête Charlin*. Fonte: [20].

Georges Kisselhoff, colega de Charlin, experimentou com outras geometrias e chegou a utilizá-las em gravações de peças musicais.

Em 1955, a empresa alemã Schoeps apresentou um microfone parecido à *tête Charlin*: uma esfera de alumínio de 20 cm de diâmetro (Figura 9) com dois microfones com características omnidirecionais (equalização de campo de pressão). A Schoeps produziu apenas alguns exemplares deste microfone.



Figura 9: O microfone da Schoeps. Fonte: [160].

A abordagem de Jones, André Charlin, Kisselhoff, da Schoeps e de muitos seguidores, como Madsen e Jecklin, deve ser considerada como microfonação/microfone com corpo de separação e não exatamente como gravação biauricular. Isso porque nem todos os elementos importantes para a audição humana foram modelados. Os elementos mais importantes a serem modelados, além da cabeça, são o tronco e os pavilhões auditivos. Até o final dos anos 1990 surgiram mais alguns conjuntos de microfones com corpo de separação que nem sempre eram esferas (eram, por exemplo, discos e corpos triangulares [75, 160]), mas nenhuma empresa começou a fabricá-los em série, já que outras técnicas mais simples eram consideradas suficientes, em função do tipo de gravação, e nenhuma empresa queria investir em pesquisa. Somente com os trabalhos de Theile no início dos anos 1990 a idéia foi retomada e empresas como a Neumann (KFM100<sup>15</sup>) e Schoeps (KFM6 e KFM360) começaram a fabricar este tipo de microfone.

No final dos anos 1950, Wansdronek e Meyer [152] fizeram experimentos com modelos de cabeça humana para investigar os efeitos da difração do som na mesma. Os experimentos foram necessários porque os modernos aparelhos auditivos já eram suficientemente pequenos para serem colocados perto ou atrás da orelha e assim os microfones dos aparelhos captavam o campo sonoro fortemente influenciado pelo corpo humano. Para avaliar os aparelhos de uma forma realística estes precisavam se encontrar no ensaio de avaliação em um campo sonoro muito

semelhante ao encontrado perto da cabeça humana. Os autores mediram as funções de transferência entre uma fonte sonora e dois diferentes tipos de aparelho auditivo em várias pessoas. A fim de se obter as funções de transferência sem o uso de pessoas foram realizados experimentos com esferas (sem e com “pavilhões”), uma caixa com os mesmos “pavilhões” e até com um modelo de cabeça humana. Porém, as funções de transferência entre fonte e aparelhos auditivos em pessoas e nos modelos utilizados eram bastante diferentes.

#### 4. Os anos sessenta e setenta - novos avanços

Os anos sessenta e setenta foram um período especial para a tecnologia biauricular. Muitos trabalhos relacionados à audição humana e à transformação dos sinais devido à influência da cabeça e de outros elementos foram desenvolvidos. Um número grande de cabeças e manequins surgiram, cada vez mais refinados e capazes de proporcionar resultados melhores. Esses trabalhos resultaram também no primeiro manequim de referência, o KEMAR, e Vorländer descreve o período como os “anos do KEMAR” [149]. Além de serem utilizados na pesquisa básica sobre fenômenos como a difração perto da cabeça humana e a percepção auditiva, as cabeças e manequins começaram a ser utilizadas também na avaliação da acústica de salas, no desenvolvimento de fones e microfones e no desenvolvimento de aparelhos auditivos. Quanto à reprodução dos sinais trabalhou-se na reprodução por fones de ouvido ou alto-falantes.

Em vários trabalhos relacionados ao estudo das diferenças interauriculares de tempo e intensidade para localização e audiometria direcional (p.ex. [108, 109, 112]) e em estudos da inteligibilidade [110, 111], Nordlund e colegas utilizaram uma cabeça artificial sem tronco nos anos 1960. A cabeça utilizada nos últimos trabalhos dos autores foi feita de um crânio revestido com plástico, não possuía dos canais auditivos e utilizava microfones capacitivos de uma polegada posicionados dentro dos pavilhões auditivos.

Em 1966, Bauer, Torick e colegas do laboratório CBS [6, 147] apresentaram um manequim (Figura 11) baseado em dados antropométricos de sete astronautas<sup>16</sup>. Ele foi idealizado para medições da transmissão sonora de pacotes de astronautas, testes de equipamentos de comunicação, tais como fones de ouvido, e também para calibração de microfones em campo acústico da voz humana. Para isso, o manequim desenvolvido possuía dois ouvidos artificiais e voz artificial, sendo esta implementada utilizando um alto-falante.

Bauer e colegas foram, segundo Burkhard [16], os primeiros a construir os ouvidos do manequim para responder a critérios da impedância acústica de ouvidos reais.

<sup>15</sup> KFM (*Kugelflächenmikrofon* [alemão]): microfone com corpo de separação esférico.

<sup>16</sup> A pesquisa de Torick, Bauer e colegas foi financiada pela agência aeroespacial dos E.U.A.



Figura 10: A cabeça artificial de Nordlund and colegas. Fonte: [111].



Figura 11: O manequim desenvolvido por Bauer, Torick e colegas. Fonte: [6]

Para isso, o manequim contava com simulações dos pavilhões auditivos e do canal auditivo, conectado a microfones de uma polegada. O canal foi modelado de tal forma que até fones pequenos podiam ser inseridos nele para serem medidos. A princípio foi obtida a pressão sonora correspondente à pressão nas membranas timpânicas de uma pessoa real. Posteriormente, foi integrado um circuito elétrico para calcular a pressão sonora na entrada do canal auditivo, importante na comparação com dados experimentais que normalmente eram obtidos na entrada do canal. Outro circuito opcional foi responsável pela ponderação das pressões sonoras obtidas com as curvas isofônicas levantadas por Fletcher e Munson, um procedimento muito útil para uma época em que o processamento de sinais ainda era difícil.

Segundo Burkhard [16], Kasten e Lotterman em 1967 também utilizaram uma cabeça artificial para investigar efeitos de difração do campo sonoro sobre aparelhos auditivos que bloqueavam os canais. Por isso não consideraram uma simulação dos canais auditivos na sua cabeça [86].

Damaske e Wagner, do Instituto de Física da Universidade de Göttingen, Alemanha, relataram em 1968 que foram feitos ensaios de localização de fontes sonoras utilizando sinais obtidos com um manequim próprio [28]. Os ensaios foram frutos de esforços no desenvolvimento de cabeças artificiais utilizando manequins de vitrine, resultando em pelo menos cinco modelos diferentes e cada vez mais evoluídos [26].

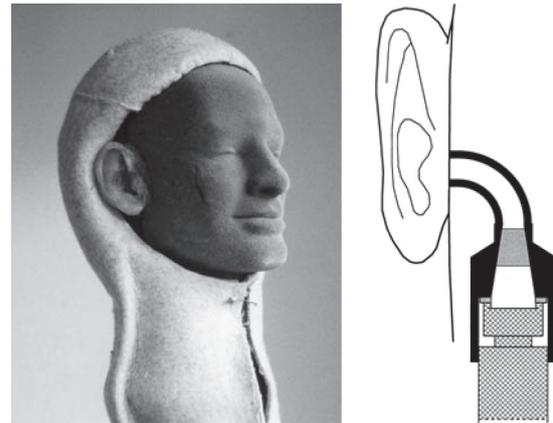


Figura 12: O manequim "Hugo#5" utilizado por Damaske e Wagner. Fonte: [26]

O modelo "Hugo#5", em alguns experimentos, utilizava uma capa de feltro para imitar a impedância acústica de cabelo humano. Pavilhões auditivos, simétricos para os dois lados, foram feitos de resina. A conexão dos pavilhões com os microfones foi realizada conforme a Figura 12. Cones de material poroso foram inseridos no caminho de transmissão entre pavilhão e microfone, a fim de atenuar ressonâncias provenientes da junção cônica entre canal e microfone e providenciar uma impedância próxima à impedância da membrana timpânica humana.

Em 1969, Kürer, Plenge e Wilkens, do instituto Heinrich-Hertz da Universidade Técnica de Berlim, Alemanha, apresentaram o seu manequim que imitava também os cabelos de uma pessoa (Figura 13). Os autores relataram que foi dedicada atenção especial às imitações dos pavilhões auditivos, sendo eles as cópias dos pavilhões de um dos autores, feitas em material elástico. Uma imitação do canal auditivo e da membrana timpânica completaram o sistema que utilizava microfones capacitivos omnidirecionais de uma polegada (KM 83) da Neumann [89, 90, 157]. Para reprodução dos sinais, Kürer e colegas recomendaram o uso de fones de ouvido equalizados para campo livre. Em 1970, foi concedida a patente para o manequim bem como o arranjo de reprodução por alto-falantes e o tratamento de sinal [90].

Também em 1969, na feira de radiocomunicação em Berlim, a empresa alemã Sennheiser apresentou um manequim (Figura 14) igualmente chamado de "Oskar",

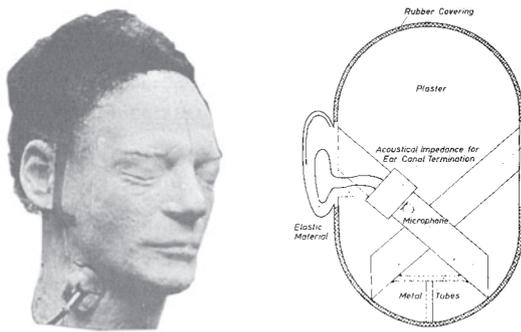


Figura 13: A cabeça artificial de Kürer e colegas. Fonte: [89]

como o manequim de Fletcher e colegas. Ele foi destinado à gravação de rádio-novelas e peças musicais em estúdios de rádio. A cabeça estava equipada com microfones capacitivos omnidirecionais na posição correspondente à posição da membrana timpânica, imitando dessa forma um canal auditivo. Os pavilhões do manequim foram fabricados por um dentista que utilizou um plástico flexível e copiou os pavilhões de um colega.



Figura 14: O manequim "Oskar" da Sennheiser. Fonte: Sennheiser

Os manequins de aparência humana até então fabricados eram quase sempre adaptações dos manequins usados em vitrines (Firestone, Bell Labs, DeBoer e Vermeulen, AKG, Damaske e Wagener), ou fabricações individuais, e nestes casos normalmente cópias das cabeças e pavilhões auditivos de um dos pesquisadores envolvidos (Nordlund e Lidén, Sennheiser, Kürer e cols.). Isso fez com que nem sempre o resultado fosse o desejado ao se escutar os sinais obtidos com eles, ocorrendo alteração do timbre e também erros de localização, principalmente confusão frente-costas, confusão referente ao plano horizontal e localização dentro da cabeça. Além disso, um grande desafio era então ainda pendente, a definição e criação de um manequim médio que representasse um ouvinte médio

e que pudesse ser padronizado, proporcionando também sinais representativos.

Burkhard e Sachs, da *Industrial Research Inc.*, uma subsidiária da Knowles Inc., retomaram a idéia de Wansdronk [152] de usar uma cabeça artificial para avaliação de aparelhos auditivos *in-situ*. Em 1972 apresentaram o *Knowles Acoustics Manikin for Acoustic Research - KEMAR* (Figura 15) [15–17]. O seu desenvolvimento foi impulsionado sobretudo pelo fato de que microfones direcionais começaram a ser utilizados nos aparelhos auditivos e que estes aparelhos também foram utilizados de forma diferente. Assim, não podiam mais ser avaliados utilizando os métodos tradicionais, que não consideravam a influência do corpo humano sobre o sinal acústico. Os elementos que exercem influência sobre o sinal, o tronco, cabeça e orelha, com o pavilhão auditivo e o canal auditivo, foram dimensionados conforme dados antropométricos. Além disso, o KEMAR podia ser equipado em uma das orelhas com um modelo do conjunto canal auditivo e membrana timpânica, que imita a impedância do conjunto. Até a impedância da pele humana foi modelada conforme sugerido por Wansdronk [152].

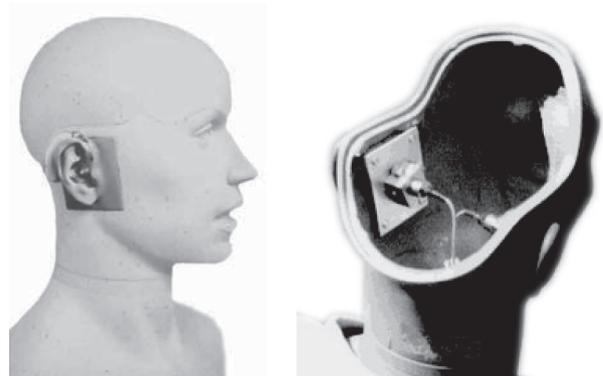


Figura 15: KEMAR - o primeiro manequim representativo. Fonte: [15].

No simulador de ouvido, disponível como opção para uma das orelhas, a impedância do canal auditivo e da membrana timpânica foram modeladas de tal forma que correspondessem a orelhas reais, tanto abertas quanto parcialmente ou totalmente obstruídas, condição importante para a avaliação de aparelhos auditivos bem como de outras fontes que se encontrem perto da orelha, como por exemplo telefones. O simulador de ouvido foi apenas uma opção que podia ser montada e desmontada. Ele não deve ser utilizado quando os sinais forem gravados para serem escutados, já que neste caso o sinal iria passar duas vezes pelo canal auditivo, uma vez no manequim na hora da gravação e uma segunda vez ao se escutá-lo, a não ser que a influência fosse retirada posteriormente do sinal. Para permitir estudos do efeito de tamanhos diferentes de pavilhões auditivos e do canal auditivo, este conjunto podia

ser facilmente trocado. Com geometria baseada em dados antropométricos e com simulação de impedâncias, o manequim KEMAR tornou-se o primeiro manequim representativo e foi adotado como manequim de referência para medições *in situ* de aparelhos auditivos conforme o relatório técnico IEC 959 - *Technical Report - Provisional head and torso simulator for acoustic measurements on air conduction hearing aids* [1] e conforme ANSI S 3.36-1985 [124]. Até hoje as funções de transferência relativas à cabeça (*HRTF*) do KEMAR [60] servem como referência e são disponibilizadas na internet<sup>17</sup>.

Além do uso do KEMAR para avaliação de aparelhos auditivos *in-situ*, Burkhard mostrou em 1978 alguns resultados do uso do manequim para medição de fones de ouvido e de um protetor de ouvido tipo *plug* [18]. Essas medições são de grande interesse como mostram outras publicações mais recentes sobre assuntos similares.

Baseado no manequim de Kürer, Plenge e Wilkens [89, 157], a alemã Neumann, do ramo de microfones, apresentou a sua primeira cabeça artificial KU80 (Figura 16) em 1973 na feira internacional de radiocomunicação<sup>18</sup> [115, 116]. Ela utilizava os mesmos microfones KM 83 como a cabeça de Kürer e cols. e contava com equalização de campo livre. A cabeça da Neumann foi a primeira a ser utilizada por muitos profissionais de áudio, mas também foi utilizada em estudos relacionados à acústica de salas [117], gravações de paisagens sonoras etc..

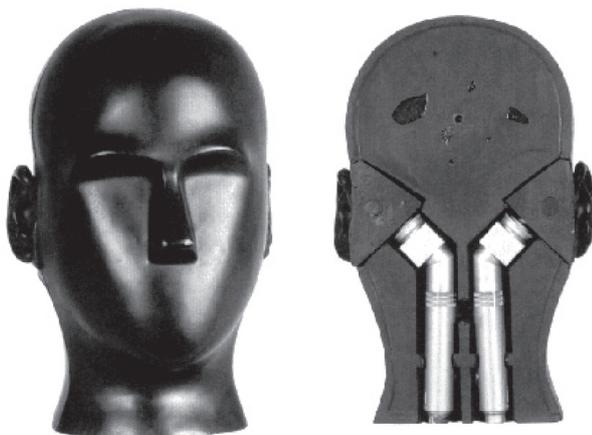


Figura 16: A cabeça artificial KU80 da Neumann. Fonte: [www.drm-berlin.de](http://www.drm-berlin.de)

Pesquisadores da universidade de Oldenburg, Alemanha, apresentaram inúmeras variações de uma cabeça artificial nos anos 1970 [101, 102, 153], mencionando também o intuito de se implementar uma equalização que só

reverteria os efeitos independentes da direção de incidência [153]. Em trabalhos relacionados, Damaske e Mellert apresentaram estratégias para tratar os sinais obtidos a fim de reproduzi-los por alto-falantes e para investigação da acústica de salas [25, 27].

Outra cabeça artificial foi lançada em 1973/1974 pela filial alemã da austríaca AKG. O modelo D99c, também chamado de “Harry”, era geometricamente bem mais simples do que as outras cabeças da época e possuía microfones dinâmicos. Conforme a AKG, a cabeça era destinada apenas ao uso não-profissional e, por isso, além da geometria extremamente simplificada e dos microfones dinâmicos, também não contava com nenhum tipo de equalização.



Figura 17: A cabeça artificial AKG D99c. Fonte: AKG

Com várias cabeças artificiais disponíveis no mercado, elas também começaram a ser utilizadas pelos profissionais de áudio. Com a feira internacional de radiocomunicação em Berlim no ano de 1973, deu-se início ao uso da tecnologia biauricular para gravações de rádio-novelas<sup>19</sup> na Alemanha [24]. As novelas gravadas dessa forma, e mais tarde também as gravações de peças musicais, foram um grande sucesso, proporcionando espacialidade aos eventos sonoros.

Porém, havia alguns problemas com as gravações biauriculares que foram notados especialmente pelos técnicos de som que utilizavam as cabeças nas emissoras de rádio<sup>20</sup>. Um problema era a baixa razão sinal-ruído do sistema de gravação, o que ficava muito evidente com a utilização de fones de ouvido para se escutar os sinais.

<sup>17</sup> As funções de transferência relativas à cabeça do KEMAR podem ser encontrados em <http://sound.media.mit.edu/KEMAR.html>

<sup>18</sup> Do alemão: *Internationale Rundfunksausstellung*.

<sup>19</sup> A primeira rádio-novela gravada dessa forma foi a peça fictícia *Demolition* pela estação RIAS em Berlim [74].

<sup>20</sup> Os usuários não notaram estes problemas por eles não terem a possibilidade de comparação direta com a situação ao vivo e por eles serem acostumados com reproduções monofônicas.

Com o uso de alto-falantes, o ruído era bem menos perceptível, mas os sinais gravados não eram muito compatíveis a este tipo de reprodução. A não compatibilidade com alto-falantes se manifestou de várias formas. Em primeiro lugar, acontecia o que se chama de defeito de fala cruzada, fazendo com que o sinal emitido pelo alto-falante esquerdo também chegasse ao ouvido direito e vice-versa, comprometendo a localização do evento sonoro. Segundo, o fato de o sinal ser modificado duas vezes por uma função de transferência relacionada à cabeça, uma vez na situação de gravação e uma segunda vez na situação de escuta com os alto-falantes, fazia com que o som sofresse uma mudança considerável no timbre.

Com a utilização de fones de ouvido, maneira mais comum de reprodução de sinais biauriculares desde os primeiros manequins, não havia mais o efeito da fala cruzada, mas os problemas conhecidos de localização e também de mudança de timbre ainda estavam presentes. O problema de confusão frente-costas, já reportado por Hammer e Snow em 1932 [78] e que produzia um chamado “buraco negro” na frente, já que as fontes gravadas eram percebidas como localizadas atrás, era muito criticado pelos técnicos de som. Em transmissões de peças musicais por exemplo a banda muitas vezes “tocava atrás” da pessoa.

Os técnicos de som que tinham utilizado cabeças artificiais, principalmente a KU80, concluíram na época que a técnica é mais adequada para alguns tipos de música e ambientes do que para outros [24,33].

Em uma discussão sobre a tecnologia biauricular de gravação no evento anual de 1975 dos técnicos de som na Alemanha, Wilkens defendeu que o objetivo do desenvolvimento da tecnologia nos últimos anos foi o de encontrar um meio que permitisse a avaliação de salas de concerto de forma similar à audição de um ouvinte e que a localização apresentava uma importância secundária nisso [24].

Apesar dos problemas amplamente discutidos nos anos 1970 entre técnicos de som e pesquisadores, era grande o interesse de profissionais de áudio e amadores na tecnologia biauricular. Para atender à demanda a um preço razoável, a Sennheiser lançou, em 1974, o primeiro *headset* biauricular, o MKE2002. Este, parecido com um estetoscópio, possibilitou gravações biauriculares quando colocado na cabeça de uma pessoa ou de um boneco, como na Figura 18. Os microfones de eletreto ficavam no meato acústico externo, isso é, na frente do canal auditivo, conforme Figura 18 (b). A invenção foi patenteada em 1976 [76].

Mais tarde, outras empresas do ramo de áudio também lançaram ou patentearam sistemas de gravação biauricular, como as japonesas Sony [164] e JVC. No sistema patenteado por Yasuda da Sony, dois microfones de eletreto foram posicionados na cabeça, mais especificamente

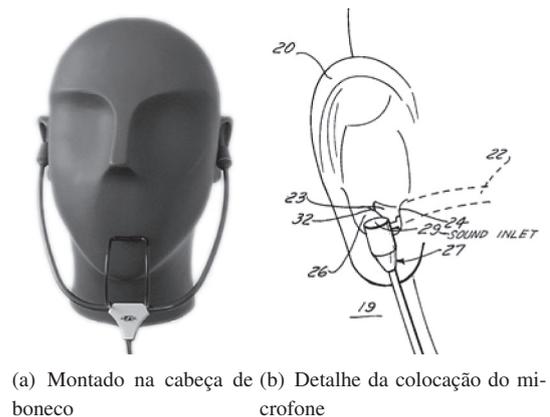


Figura 18: O primeiro *headset* biauricular, o MKE2002 da Sennheiser. Fonte: Sennheiser e [76].

na posição das orelhas, de uma pessoa ou de uma “cabeça artificial” com o dispositivo da Figura 19.

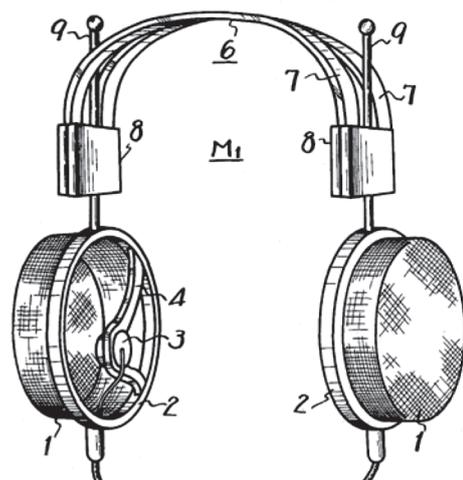


Figura 19: Microfone biauricular patenteado por Yasuda. Dois microfones de eletreto (3) foram posicionados na cabeça, mais especificamente na posição das orelhas, de uma pessoa ou de uma “cabeça artificial”. O dispositivo conta com protetores de vento (1). Fonte: [164]

Uma combinação de fones e microfones para fazer gravações “biauriculares” e escutá-las foi patenteada no final dos anos 1970 por Usami e Kato [148], combinando fones circum-auriculares com microfones de eletreto montados na carcaça dos fones, dentro de molduras que imitam de forma muito simplificada os pavilhões auditivos humanos conforme Figura 20.

Nenhum dos dispositivos da Sennheiser, JVC ou Sony está sendo mais produzido. Na época muitos amadores e técnicos de som também começaram a fabricar as suas próprias cabeças e manequins, e o fazem até hoje.

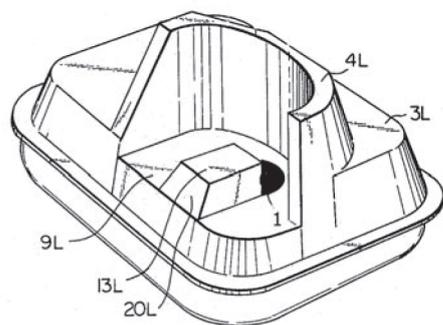


Figura 20: Vista em perspectiva do fone esquerdo da combinação de fones e microfones para fazer gravações "biauriculares" patenteada por Usami e Kato. Dois microfones de eletreto (1) foram posicionados na carcaça de fones de ouvido (3L) dentro de uma simulação de um pavilhão auditivo (4L, 9L, 20L). Fonte: adaptado de [148]

A um nível mais científico muitos estudos referentes à tecnologia biauricular foram desenvolvidos nos anos 1970 para sanar os problemas como por exemplo a confusão frente e verso. Laws e cols. [95] retomaram uma idéia já utilizada nos anos 1940: o uso de microfones capacitivos com tubos de extensão inseridos no canal auditivo [8, 85, 155, 156] para obter sinais que correspondessem o mais próximo possível a sinais que tivessem sido obtidos nas membranas timpânicas de pessoas. Os estudos mostraram que a presença de elementos como ombros e tronco e também a modelagem suficientemente precisa dos pavilhões auditivos são importantes para a reprodução do som tal qual foi gravado (*true-to-original*) e para diminuir erros de localização. Ficou também evidente a necessidade da equalização correta de toda a cadeia de gravação e reprodução e de uma razão sinal-ruído bem melhor. Como resultado, um manequim foi apresentado em 1977 [96, 97] e chamado de IENT77.

O objetivo de muitas cabeças e manequins desenvolvidos naquela época foi o de usá-los em avaliações de acústica de salas, como a cabeça de Kürer, Plenge e Wilkens. Conant [22], da famosa Bolt Beranek and Newman, publicou um trabalho em 1978 relatando o uso de um manequim chamado de SAM (*simulated auditory manikin*) com um sistema de análise para se obter a resposta impulsiva biauricular de diferentes salas, bem como para gravações de uma "orquestra", esta reproduzida por alto-falantes na sala em questão. Os sinais gravados eram reproduzidos por fones de ouvido. O manequim, especialmente a cabeça e os pavilhões, eram uma cópia do próprio Conant, mas conforme o autor os pavilhões podiam ser facilmente trocados. Os microfones, cápsulas de meia polegada com equalização para campo livre, foram posicionados dentro dos pavilhões, mas não houve simulação dos canais auditivos.



Figura 21: O manequim SAM utilizado por Conant para estudos da acústica de salas de concerto. Fonte: [22]

## 5. Os anos oitenta - aplicações industriais

Nos anos 80 houve um interesse crescente em gravações e medições de salas de concerto e de sons técnicos, principalmente de ruídos de automóveis, de forma fidedigna, ou seja, comparável à audição humana. Para isso as propriedades das cabeças e manequins disponíveis não eram boas o suficiente, sofrendo principalmente da baixa razão sinal-ruído e de uma faixa de frequências limitada.

Para as medições de sons técnicos, exigiu-se também que os sinais pudessem ser analisados por meios comuns de análise de sinais e comparados com sinais obtidos através de microfones simples. Essa exigência paradoxal, e que a princípio dispensaria o uso de um manequim, foi cumprida parcialmente pela aplicação de curvas de equalização que retiravam, totalmente ou parcialmente, a influência do manequim sobre o sinal, como também era comum para possibilitar a reprodução dos sinais por alto-falantes. Com isso, os sinais eram de certa forma comparáveis aos sinais que tivessem sido obtidos com microfones simples na mesma situação. Naturalmente, para a reprodução dos sinais, eles deviam ser comparáveis aos sinais que tivessem sido escutados por um ouvinte real, e assim os sinais obtidos com a cabeça artificial e equalizados para fins de análise de sinal precisavam ser reequalizados quando escutados por fones de ouvido.

Um dos resultados dos estudos feitos nos anos 1970 foi a apresentação da cabeça KU81 pela Neumann em 1981. A KU81, para uso em estúdios de rádio [142], foi desenvolvida a partir da KU80 e de uma cabeça protótipo do instituto de radiocomunicação de Munich, Alemanha. Segundo as descrições detalhadas [82, 115, 141, 158, 159], a nova cabeça passou por duas fases principais de desenvolvimento. Primeiramente, os microfones de uma polegada utilizados no KU80 foram substituídos por microfones menores de eletreto [82], reduzindo desta forma a queda da resposta em altas frequências devido ao acoplamento dos microfones de estúdio ao canal auditivo. Os pavilhões da cabeça nova foram escolhidos conforme um critério de desvio mínimo da média das funções de transferência. Além disso, foi alterada a posição dos pavilhões.

Numa segunda fase de desenvolvimento, voltou-se aos microfones de estúdio devido à melhor razão sinal-ruído. O problema da queda na resposta em frequência foi resolvido por um acoplamento específico que contava com um ressoador de Helmholtz [158, 159]. Este conjunto também era responsável pela equalização nova de campo difuso (em vez de campo livre no KU80), tendo como objetivo melhor compatibilidade dos sinais com reprodução via alto-falantes (com cancelamento da fala-cruzada) ou fones de ouvido equalizados [142].

Entre 1980 e 1982, Genuit e colaboradores, no Institut für Elektrische Nachrichtentechnik (Instituto de Telecomunicações) da Universidade Técnica de Aachen (Alemanha), desenvolveram, em cooperação com uma montadora alemã de automóveis, um sistema de gravação biauricular, chamado originalmente de IENT81 e descrito detalhadamente em [63–65]. O sistema (Figura 22), idealizado principalmente para medições e gravações de sons técnicos e posterior reprodução via fones de ouvido, utilizou como base um manequim desenvolvido por Laws e Platte [96, 97], do mesmo instituto, mas incorporava algumas novidades especialmente necessárias para medições ou reproduções calibradas [64, 65]. O sistema ficou conhecido mais tarde como AachenHead ou HMS I [67] e foi patenteado em 1983 [64, 65]. O IENT81 e os primeiros HMS I possuíam apenas a equalização de campo livre [67, 70], ao contrário da KU81 da Neumann que contava com a equalização de campo difuso, porque nos sistemas da HEAD-acoustics foi dada preferência à reprodução por fones de ouvido e à comparabilidade com sinais gravados de forma tradicional, isto é, com microfones simples.

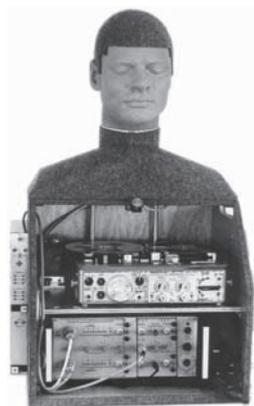
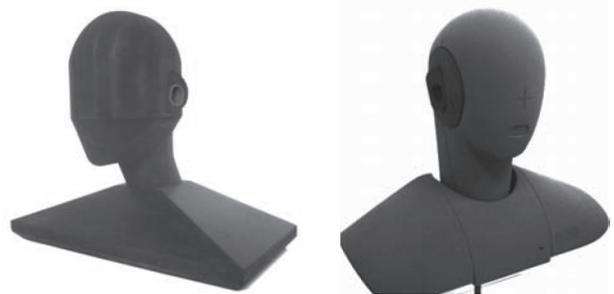


Figura 22: Sistema de gravação, medição e reprodução biauricular IENT81 (HMS I) desenvolvido no IENT Aachen e comercializado pela HEAD-acoustics, Alemanha. Fonte: HEAD-acoustics

O HMS I, na segunda metade dos anos 1980, deu lugar a outro manequim, conhecido como IENT84 ou HMS II. Este era baseado em estudos de Genuit [71–73] sobre a parametrização dos elementos importantes para a transformação dos sinais. Genuit simplificou a geometria do

tronco, da cabeça e dos pavilhões auditivos por elementos de geometria simples e matematicamente descritíveis, de forma a proporcionar um manequim que pudesse ser mais facilmente padronizado do que o KEMAR. Além disso, contava com um ponto de entrada do canal auditivo bem definido, ao contrário do KEMAR. A padronização deveria possibilitar a comparação *strictu sensu* de sinais obtidos na medição de aparelhos telefônicos conforme as normas ITU-T, mesmo que os sinais obtidos não correspondessem exatamente aos sinais obtidos numa pessoa real por ter a diferença dos pavilhões. As dimensões dos elementos de um manequim protótipo derivaram de dados antropométricos levantados por Genuit em sete pessoas e podem ser encontrados em [72, 149]. A Figura 23 (a) mostra um manequim de madeira fabricado segundo estes dados. O HMS II utilizou a idéia da geometria simplificada porém representativa, mas modelava apenas os ombros e não todo o tronco. Dessa forma, nasceu um manequim sem dúvida extremamente estético. As dimensões do novo manequim HMS II basearam-se em dados antropométricos levantados pela Universidade de Essen na Alemanha [14, 70], mas foram necessárias algumas alterações para adequar-se à IEC959 [1].



(a) Manequim segundo dados antropométricos levantados por Genuit (b) HMS II segundo dados antropométricos levantados por Burandt e cols.

Figura 23: Manequins paramétricos desenvolvidos no IENT Aachen. Fontes: fotos do autor

Tanto HMS I como o sucessor HMS II, na sua versão inicial, tinham uma simulação do canal auditivo de 4 mm de comprimento<sup>21</sup> sem contar com uma simulação da impedância do canal e da membrana timpânica e assim não podiam ser utilizadas para fontes próximas à orelha. Mais tarde, os HMS ganharam versões com um ouvido artificial conforme a IEC711 (por exemplo HMS II.4n) e pavilhões mais fidedignos e, dessa forma, serviam também

<sup>21</sup> Essa é a posição dentro da canal auditivo humano a partir da qual se considera que a função de transferência até a membrana timpânica não depende mais da direção de incidência. Essa configuração é mais utilizada para fazer gravações, evitando que os sinais gravados passem duas vezes por um canal auditivo.

para a medição de fontes próximas. Também foi lançada uma versão com ouvido artificial, pavilhões fidedignos e voz artificial (HMS II.3). O HMS II inicial contou também com duas interfaces de equalização de gravação, uma de equalização de campo livre e outra chamada de *independent of direction* [66, 67], esta principalmente adequada para reprodução dos sinais via fones de ouvido.

Assim, havia a possibilidade de escolha da equalização de gravação mais adequada, em função das condições acústicas encontradas no ambiente de gravação ou medição e da cadeia de reprodução.

Um caminho similar de simplificação por superfícies geométricas foi escolhido para o manequim 4128 [12] da fabricante dinamarquesa Brüel&Kjær.



Figura 24: O manequim 4128 da Brüel&Kjær. Fonte: [12].

O manequim 4128 inclui todo o torso humano e possui modelos dos pavilhões auditivos bastante fidedignos, similares aos do KEMAR. Tem como opção o uso de simuladores da impedância acústica do ouvido humano que podem ser conectados aos pavilhões auditivos. Além disso, apresenta voz artificial que, junto à simulação da impedância, qualificou-o para testes de fontes próximas, tais como aparelhos auditivos e telefones. Naquela época, a Brüel&Kjær era bastante cautelosa quanto à finalidade de uso deste produto, pois também comercializava um sistema completo de medição de telefones, o 3356 e 3357 [12]. Neste mesmo período, a fabricante informava apenas a função de transferência relativa à cabeça do manequim 4128, em campo livre, sem que essa curva fosse utilizada para equalização dos sinais. Isso diferenciava o manequim da Brüel&Kjær de outros manequins, como por exemplo o HMS II, que possuía duas interfaces de equalização, e o KU81, com equalização fixa para campo difuso.

Sob orientação do Prof. Blauert da Universidade de Bochum, Alemanha, vários trabalhos foram desenvolvidos referentes a cabeças e manequins. Nos anos 1980, Schroeter e Els apresentaram vários trabalhos relaciona-

dos ao desenvolvimento de cabeças artificiais para avaliação de protetores auditivos [128–133].

Outro trabalho interessante foi o desenvolvimento de um manequim em escala 1:10 para medições da resposta impulsiva biauricular em modelos de escala na universidade de Bochum [41, 42]. O grande desafio foi a confecção dos pavilhões auditivos nessa escala. Isto foi feito cortando-se em fatias uma réplica dos pavilhões em tamanho natural (do KU80), copiando-se as fatias em uma chapa de cobre enquanto que simultaneamente reduziu-se o tamanho delas, então retiraram-se as fatias da chapa pelo método da água-forte e finalmente as reagrupava em um pavilhão minituarizado. Como transdutores, foram utilizados microfones capacitivos de 1/4 polegada acoplados a um canal auditivo de 2 mm e um volume pequeno de acoplamento.

Winkler e colegas também desenvolveram uma mini-cabeça artificial para ser utilizada em modelos de escala [44, 122]. A mini-cabeça deles era na escala 1:20 e, portanto, extremamente simplificada. Devido ao tamanho finito dos microfones de eletreto, os “pavilhões” eram muito grandes em comparação à cabeça como se pode conferir na Figura 25.



Figura 25: “Cabeça” em escala 1:20, Fonte: [122].

Uma invenção chamada de holofonia (*holophonics*) foi patentada em 1982 pelo argentino Hugo Zuccarelli. A invenção é muito popular na internet, porém nunca foi publicada em revista científica e, ao examinar a patente [165] de forma crítica, muitas dúvidas surgem, já que colocações erradas são encontradas ou identificadas como *marketing*.

## 6. Os anos noventa - produtos refinados e novas idéias

Mesmo com os grandes avanços feitos nos anos 1960 até o final dos anos 1980, ainda restaram desafios a serem superados.

Empresas que já ofereciam manequins ou cabeças artificiais na década anterior, como a Brüel&Kjær, a HEAD-acoustics, a Knowles e a Neumann, continuaram melho-

rando os seus produtos, por exemplo com a implementação de processamento digital para equalização.

A Brüel&Kjær lançou o modelo 4100, que, ao contrário do 4128, não tem modelagem completa dos canais auditivos, mas apenas um canal de aproximadamente 4 mm de comprimento. Igualmente ao 4128 o modelo 4100 não contava com equalização.

A HEAD-acoustics apresentou versões diferenciadas do sistema HMS II, por exemplo a versão HMS II.3 com ouvido artificial, pavilhões fidedignos e voz artificial em 1991. Este manequim estava em conformidade com a ITU-T P.58, utilizando os pavilhões anatômicas conforme ITU-T P.57 Type 3.3 *artificial ear* ou os pavilhões simplificados conforme ITU-T P.57 Type 3.4 *artificial ear*<sup>22</sup>. Uma versão HMS II.4n também foi lançada, que ao contrário do HMS II.3, não possui voz artificial. Mais tarde, a HEAD-acoustics introduziu adicionalmente a família HMS III/HSU III. Os HMS III se diferenciavam do HMS II pelo tratamento digital dos sinais (HMS III.0 com 24 bit e HMS III.1 com 16 bit) e por possuir mais uma possibilidade de equalização, a de campo difuso. Também foi introduzido um sistema de auto-calibração. Os HSU III, em suas diferentes versões, não possuem tratamento digital de sinais (sem conversor AD e sem equalização).

Outras empresas como a Cortex<sup>23</sup>, da Alemanha, começaram a produzir manequins. O manequim MK I, primeiro modelo da empresa, tem geometria seguindo os padrões IEC 959 e ITU-T P.58 [1, 83] e podia ser equipado com um simulador de ouvido conforme IEC711. Ele possui até mecanismos que permitem inclinar tanto o tronco como a cabeça do manequim e conta com equalização digital que permite diferentes curvas, como equalização de campo livre, difuso e *independent of direction*<sup>24</sup>. O manequim contava com saídas digitais e analógicas, entrada para sinais de tacômetro e também passou a ser possível ligar vários manequins em cascata. Uma versão mais simples, o MK2, sem mecanismos de inclinação e sem gravador DAT, também foi oferecido.

Mesmo com um número considerável de manequins e cabeças comerciais no mercado muitos laboratórios de acústica seguiram no desenvolvimento de novos modelos. O manequim em escala, por exemplo, originalmente desenvolvido por Els [41] foi modificado por Xiang [161–163] utilizando uma geometria mais simples e modelos mais fidedignos de pavilhões auditivos.

Cabeças artificiais e manequins continuaram sendo utilizados [68, 119, 121] e desenvolvidos (por exemplo na Universidade de Toronto (Canadá) [91], no instituto de



Figura 26: O manequim MK I da Cortex, Fonte: foto do autor.

pesquisas franco-germânico [114] e no Reino Unido<sup>25</sup>), para testar protetores auditivos ativos e passivos, do tipo concha e *plug* (p.ex. [48, 68, 119]). Para essa finalidade, a estrutura fina das HRTFs é de importância menor e a impedância do ouvido muda completamente devido à presença do protetor. Outro uso contempla a avaliação e medição de imissões provocadas por fones de ouvido [120].

Contudo, os sinais obtidos com os manequins mais modernos, baseados em dados antropométricos e conforme a IEC 959 e ITU-T P.58, ainda causaram alterações do timbre e impressões auditivas erradas em algumas pessoas<sup>26</sup>, tais como localização errônea no plano mediano (por exemplo confusão frente-costas), localização dentro da cabeça e localização errônea referente ao plano horizontal (confusão acima - abaixo). Isso acontece porque alguns ouvintes são mais parecidos com o manequim e sobretudo os seus pavilhões são mais semelhantes aos do manequim. Como qualquer método de média não iria resolver o problema, procurou-se por outras soluções. Leckschat, Schmitz e colegas [98, 126], no Instituto de Acústica Técnica da Universidade de Aachen, Alemanha, desenvolveram um manequim que tinha suas dimensões escolhidas conforme um critério de melhor desempenho para localização (*best matching approach*). Para isso, as funções de transferência relacionada à cabeça (*head related transfer functions-HRTF*) de muitas pessoas foram analisadas e utilizadas em testes de localização. A HRTF com a qual o maior grupo de pessoas obteve localização correta foi escolhida e o manequim foi modelado a partir da pessoa que fornecia aquela HRTF. O manequim desenvolvido dessa forma e suas diferentes versões com trata-

<sup>22</sup> Os pavilhões simplificados foram incluídos na ITU-T P.57 como orelha *Type 3.4* em 1996.

<sup>23</sup> Hoje parte da 01dB, do grupo francês Areva.

<sup>24</sup> A Cortex teve que retirar a equalização *independent of direction* mais tarde, já que estava patenteada pela HEAD-acoustics. A idéia porém é mais antiga [153] conforme relatado neste artigo.

<sup>25</sup> A cabeça desenvolvida no Reino Unido está sendo utilizada na UFSC, Florianópolis. Porém tem apenas um ouvido, e desta forma não é um equipamento para obtenção de sinais biauriculares.

<sup>26</sup> Møller e colegas [104, 105] publicaram um estudo extenso comparando o KEMAR, KU80, KU81, HMSI, HMSII, B&K 4128 e a cabeça da universidade de Toronto.



Figura 27: O *best matching* manequim de Schmitz e colegas,  
Fonte: ITA, Aachen

mento de sinal diferenciado está sendo disponibilizado para o mercado pelo Instituto de Aachen.

A Neumann caminhou na mesma direção apresentando a cabeça KU100 no final dos anos 1990, sendo que esta tem uma geometria mais simplificada do que as cabeças KU80 e 81. A geometria nova também trouxe pavilhões modificados tanto em geometria como na sua posição, para evitar o deslocamento indesejado do evento sonoro na vertical. Os pavilhões foram escolhidos conforme um critério de melhor desempenho para localização, e são simétricos com um canal auditivo de 4mm de comprimento. Com a incorporação do tratamento digital dos sinais, a equalização fixa para campo difuso e a faixa dinâmica foram melhoradas e novas opções de alimentação e saída de sinal foram incorporadas.



Figura 28: A cabeça KU100 da Neumann. Fonte: [www.neumann.com](http://www.neumann.com)

O manequins do Instituto de Aachen e da Neumann foram os primeiros que, em vez de representar um ouvinte médio pela fisionomia, modelaram um ouvinte que tivesse alto desempenho de localização. Assim, esses manequins ou cabeças são denominadas “*best matching heads*”.

No final dos anos 1990, o grupo de acústica da Universidade de Aalborg, Dinamarca, apresentou um manequim chamado de Valdemar [21]. Segundo Minnaar [103], o

manequim foi modelado considerando tanto medições das HRTF como dados antropométricos. Os pavilhões foram modelados conforme o critério de melhor representar as características de pavilhões humanos e permitir localização muito acima da média.



Figura 29: O protótipo final feito de madeira e gesso (esquerda) e o modelo final (direita) do manequim Valdemar da Universidade de Aalborg, Dinamarca,  
Fonte: [21].

O manequim Valdemar e o do Instituto de Aachen, ambos desenvolvidos segundo o conceito de melhor performance e não seguindo a IEC 959 e a ITU-T P.58, destacaram-se pelos melhores resultados em experimentos de localização feitos por Minnaar e colegas [103], em extensão dos experimentos realizados por Møller e colegas [104, 105].

## 7. Equipamentos e pesquisas atuais

Além de produtos novos, o novo século veio com uma discussão maior acerca da padronização de equipamentos de gravação, para facilitar comparações de dados da mesma fonte obtidos com equipamentos diferentes.

Algumas empresas retomaram a idéia em oferecer *headsets* de gravação. Entre as soluções há aquela de alta precisão do BHM III (HEAD-acoustics). Este é um conjunto de microfones capacitivos com tubos de extensão que captam a pressão sonora na entrada do canal auditivo bloqueado por um *plug*. Uma solução mais simples é o BK 4101, que tem microfones de eletreto que são inseridos nos canais auditivos, sendo que os microfones bloqueiam a entrada do canal e estão orientados para fora do canal [13,92]. Além disso, a HEAD-acoustics e a 01dB oferecem combinações de fones/microfones para gravações biauriculares. Estes microfones de eletreto são instalados em fones de ouvido supraauriculares. Lokki e colegas, retomando uma idéia de Fletcher [55, 57], (vide também

Seção 2) apresentaram um sistema de telefonia biauricular [99] que usa pequenos fones intrauriculares e que também carregam o microfone orientado para fora.

Os manequins oferecidos atualmente pelas empresas (01dB-Metravib MK2; Brüel & Kjær 4100, 4128; HEAD-acoustics HMS III/IV, HSU III, G.R.A.S. KE-MAR) seguem principalmente os padrões estabelecidos pelas normas IEC 959, ANSI S.3.36-1985 e ITU-T P.58 [124], enquanto outros (Neumann KU100; manequim ITA Aachen, Valdemar de Aalborg) não se enquadram nas normas mas oferecem melhor performance quando os sinais são escutados por grande número de pessoas. E mesmo os equipamentos que seguem as normas fornecem sinais que não podem ser comparados *strictu sensu* devido a pequenas diferenças geométricas e construtivas que levam a HRTFs diferentes (p.ex. [46, 47, 100, 103–105, 127]) mesmo que cumpram com as tolerâncias em resposta em frequência estabelecidas pelas normas (p.ex. [1, 69, 127]).

Entre os manequins e cabeças também temos os representantes dos equipamentos feitos principalmente para medição (com simulador completo de ouvido caso se queira medir fontes próximas) e aqueles feitos principalmente para gravações (sem simulador). A impossibilidade de comparar medições e gravações feitas com diferentes manequins representa um problema considerável. Desde meados dos anos 1990, um grupo de trabalho (DIN A2 AK8) dentro do instituto alemão de padronização realizou comparações extensas de diferentes manequins [40, 46] e, baseado nesses resultados, nasceu a idéia de uma carcaça padronizada que cada fabricante utilizasse com eletrônica própria [45]. A carcaça padronizada foi proposta porque as diferenças entre os manequins não podem ser equalizadas eletronicamente, já que dependem da direção de incidência. Conforme Fastl [45], a idéia foi bem aceita entre fabricantes e usuários, e um grupo de trabalho a nível internacional foi proposto.

Considerando as discrepâncias entre pessoas adultas reais e os manequins feitos conforme as normas vigentes, ficou evidente também que ainda outros manequins seriam necessários para avaliar por exemplo aparelhos auditivos para crianças ou para avaliação da acústica de salas de aula [51].

Fels, do Instituto de Acústica da Universidade de Aachen, investigou as mudanças que acontecem nas HRTFs e nas impedâncias do sistema auditivo de crianças ao crescer [49, 50, 52]. A partir de dados antropométricos de crianças de várias idades, foram desenvolvidos modelos numéricos e reais de cabeças artificiais para crianças de seis meses e de 3 a 7 anos e as suas HRTFs comparadas ao manequim segundo dados de Genuit (Figura 23 (a)). Ficou muito evidente que as HRTFs de crianças e adultos são muito diferentes, o que justifica a necessidade de se desenvolver manequins e cabeças artificiais especialmente para aplicações que tenham crianças como ouvintes.



Figura 30: Manequim paramétrico para representar crianças entre 3 e 7 anos, desenvolvido no Instituto de Acústica da Universidade de Aachen, Alemanha. Fonte: foto do autor

Já com os dados antropométricos levantados por Burandt e cols. [14], ficou evidente que as dimensões antropométricas de pessoas nos anos 1980 na Europa eram diferentes das dimensões dos anos 1960 utilizadas no KE-MAR e adotadas como padrão nas normas IEC 959, ANSI S.3.36-1985 e ITU-T P.58. Essa diferença se reflete também no fato de que os manequins e cabeças do tipo *best matching*, baseadas em pesquisas com pessoas nos anos 1990, não apresentam mais geometrias em conformidade com as normas. Nesse contexto, Genuit apresenta uma compilação de dados antropométricos de diferentes fontes [69].

Tendo em vista essa discrepância e a necessidade de manequins e cabeças diferenciadas para crianças nos últimos anos, a adequação das normas e uma nova geração de manequins tem sido proposta [45, 150] e pesquisas nessa direção estão sendo desenvolvidas que serão relatados em um artigo futuro.

## 8. Conclusão

No presente artigo, o desenvolvimento ao longo de mais de 100 anos da tecnologia de gravação biauricular foi ilustrado. O ponto de partida foram os trabalhos relacionados à audição biauricular iniciados no século XIX. A data do nascimento do primeiro manequim ou da primeira cabeça artificial não pode ser definida com precisão, já que ela depende do rigor da definição do que é considerado manequim ou cabeça artificial de gravação biauricular. Mesmo com essa dificuldade, pode-se considerar um período de nascimento entre os anos 1920 e 1930. Desde então, esta tecnologia passou por diferentes fases de desenvolvimento e ainda está amadurecendo. Consideramos as invenções de Bell, Jones, Firestone e Fletcher como uma primeira fase, sendo que eles não se preocupavam ainda com a modelagem do pavilhão auditivo e da impedância do canal e da membrana timpânica. O manequim de DeBoer e Vermeulen marca a transição para a segunda fase, pois possuíam uma imitação dos pavilhões e microfones posicionados “dentro” desses pavilhões. Os anos 1960 e 1970 são sem dúvida a fase de desenvolvimento acelerado da tecnologia, com trabalhos importantes relacionados a conceitos como HRTF e sobre a

função dos pavilhões auditivos. Desde os anos 1980 a tecnologia vem amadurecendo e muito provavelmente haverá novos desenvolvimentos no futuro, inclusive no sentido da padronização.

## 9. Agradecimentos

Meu mais sincero agradecimento devo ao Prof. Michael Vorländer, do Instituto de Acústica da Universidade de Aachen, Alemanha. O artigo tomou forma durante uma visita neste laboratório, onde pude consultar a maior parte das referências bibliográficas utilizadas neste artigo, bem como conhecer os manequins das Figuras 23 (a), 27 e 30. Além disso agradeço as correções e as orientações dadas pelo Prof. Vorländer ao revisar uma versão preliminar do presente artigo. Agradeço também a muitas pessoas, instituições e empresas por terem contribuído com informações, fotos e artigos. Também reconheço os esforços dos meus colegas Ricardo Penna Leite, MSc., e Marcelo Portela, MSc., em revisar este artigo.

## Referências

- [1] IEC 959 - Technical Report - Provisional head and torso simulator for acoustic measurements on air conduction hearing aids. International standard.
- [2] Minutes of the New York meeting, February 22-23, 1929, Joint Meeting with the Optical Society of America. *Phys. Rev.*, 33(4):631-641, Apr 1929.
- [3] TV-Interview with Harvey Fletcher, 1963. available at [http://auditorymodels.org/jba/BOOKS\\_Historical/FletcherVideo/](http://auditorymodels.org/jba/BOOKS_Historical/FletcherVideo/), last access on 28.02.2008.
- [4] J.M. Alexander Jr. A co-op design student in the 1940s. Living History Interviews, 2008. available at [http://www.idsa.org/whatsnew/sections/dh/interviews/alexander\\_jim.html](http://www.idsa.org/whatsnew/sections/dh/interviews/alexander_jim.html), last accessed 24.08.2008.
- [5] David C. Apps. The use of binaural tape recording in automotive noise problems. *J. Acoust. Soc. Am.*, 24(6):660-662, 1952.
- [6] B. B. Bauer, A. J. Rosenheck, and L. A. Abbagnaro. External-ear replica for acoustical testing. *J. Acoust. Soc. Am.*, 42(1):204-207, Jul 1967.
- [7] Durand R. Begault. Auditory and non-auditory factors that potentially influence virtual acoustic imagery. In *AES 16th International conference on Spatial Sound Reproduction*, 1999.
- [8] Leo L. Beranek. *Acoustical Measurements*. Acoustical Society of America, 1989.
- [9] O. Bixler. A practical binaural recording system. In *Transactions of the IRE Professional Group on Audio*, volume 1, pages 14-22, 1953.
- [10] A.D. Blumlein. Improvements in and relating to sound-transmission, soundrecording and sound-reproducing systems. British Patent 394,325, June 1933. application 1931 Dec. 14; granted 1933 June 14, partially reprinted in *J. Audio Eng. Sec.*, vol. 6, pp. 91-98, 130 (1958 Apr.).
- [11] W. Bray, M. D. Burkhard, K. Genuit, and H.W. Gierlich. Development and use of binaural measurement technique. In *Proc. Noise-Con*, 1991.
- [12] Brüel&Kjær. Electronic instruments master catalogue. Catalogue, 1986.
- [13] Brüel&Kjær. Product data binaural microphone type 4101 binaural microphone with teds type 4101-a. Data Sheet, September 2007.
- [14] U. Burandt, C. Pösselt, S. Ambrozus, M. Hosenfeld, and V. Knauff. Anthropometric contribution to standardising manikins for artificial-head microphones and to measuring head-phones and ear protectors. *Appl Ergon.*, 22:373-378, December 1991.
- [15] M. D. Burkhard, editor. *Manikin Measurements*. Industrial Research Products Inc., 1978.
- [16] M. D. Burkhard and R. M Sachs. Anthropometric manikin for acoustic research. *J. Acoust. Soc. Am.*, 58(1):214-222, 1975.
- [17] Mahlon Burkhard. A manekin useful for hearing aid tests - revisited. In *Proc. International Congress of Acoustics ICA*, 2004.
- [18] M.D. Burkhard. Non hearing-aid uses of the kemar manikin. In Burkhard [15], pages 63-65.
- [19] R.W. Burns. *Communications: An International History of the Formative Years*. 2003.
- [20] A. Charlin. Techniques phonographiques - la compatibilité. *Toute l'Electronique*, pages 468 - 471, novembre 1965.
- [21] F. Christensen and H. Møller. The design of VALDEMAR: an artificial head for binaural recording purposes. In *Proc. of the 109th AES Convention*, preprint 5624, pages 1-17, Los Angeles, California, USA, September 2000. AES.
- [22] D.A. Conant. A binaural simulation approach to predicting - immersion- in the concert hall sound field. In *Proc. of the 60th AES Convention*, number 1373, May 1978.
- [23] Tim Crook. *Radio Drama: Theory and Practice*. Routledge, 1999. ISBN 0415216036, 9780415216036.
- [24] Hans-Georg Daehn, Wolfgang Hirschmann, Wilhelm Schlemm, Henning Wilkens, and Hans-Ludwig Feldgen. *Kunstkopf-Stereofonie bei Musikübertragung*. In *Tagungsband Tonmeister-tagung*, 1975.
- [25] P. Damaske. Head-related two channel stereophony with loudspeaker reproduction. In *J. Acoust. Soc. Am.*, 1971.
- [26] P. Damaske. *Acoustics and Hearing*. Springer Verlag, 2008.
- [27] P. Damaske and V. Mellert. Ein Verfahren zur richtungstreu Schallabbildung des oberen Halbraumes über zwei Lautsprecher. *Acustica*, 22:153-162, 1969.
- [28] P. Damaske and B. Wagener. Richtungshörversuche über einen nachgebildeten Kopf. *Acustica*, 21:30, 1968.
- [29] E.D. Daniel, C.D. Mee, and M.H. Clark. *Magnetic Recording: The First 100 Years*. Wiley-IEEE Press, 1998.
- [30] K. de Boer and R. Vermeulen. Eine Anlage für einen Schwerhörigen. *Philips Technische Rundschau*, 4:329-332, 1939.
- [31] Kornelis de Boer. Device for the stereophonic transmission of sound, August 1950.
- [32] Kornelis de Boer and Roelof Vermeulen. Device for adjusting the stereophonic effect in devices for stereophonic transmission, September 1949.
- [33] Studenten der HdK. Musikaufnahmen in Kunstkopf-Stereofonie Erfahrungsbericht. In *Tagungsband Tonmeister-tagung*, 1975.
- [34] Dickson, Fry, Swindell, and Brown. A suggested method for measuring the attenuation of sound by flying helmets. *J. Laryng. Otol.*, 61(4):221-240, April 1946.
- [35] F.M. Doolittle. Useful improvement in radiotelephony, 1924.
- [36] F.M. Doolittle. Binaural broadcasting. *Electrical World*, 1925.
- [37] Franklin M. Doolittle. Sound-recording and sound-reproducing and locating apparatus. US Patent 1817177, 1931.
- [38] H. Dove. Über die Combination der Eindrücke beider Ohren und beider Augen zu einem Eindruck. *Monatsberichte der Berliner preussischen Akademie der Wissenschaften*, 41:251-252, 1841.
- [39] H.W. Dove, A. Röber, and F. Strehlke. *Repertorium der Physik - 3. Band*. Veit & Comp., 1839.

- [40] Thomas Fedtke (ed.). *Kunstkopftechnik - eine Bestandsaufnahme*. report, Normenausschuss Psychoakustische Messtechnik (NA 001-01-02-08 AK), 2007.
- [41] H. Els. Ein Miniaturkopf für die raumakustische Modelltechnik. In *Fortschritte der Akustik - DAGA'85*, pages 423–426, 1985.
- [42] H. Els and J. Blauert. A Measuring System for Acoustic Scale Models. In *Proc. of the 12th Int. Congr. Acoust., Proc. of the Vancouver Symp. Acoustics & Theatre Planning for the Performing Arts*, pages 65–70, 1986.
- [43] M. Ericson, W. D'Angelo, E. Scarborough, S. Rogers, P. Amburn, and D. Ruck. Applications of virtual audio. In *Proceedings of the IEEE 1993 National Aerospace and Electronics Conference (NAECON)*, volume 2, pages 604–611, 1993.
- [44] W. Fasold, E. Sonntag, and H. Winkler. *Bau- und Raumakustik*. Verlag für Bauwesen, Berlin, 1987.
- [45] H. Fastl. Towards a new dummy head. In *Proc. of the 2004 Congress and Exposition on Noise Control Engineering Inter-noise*, 2004.
- [46] T. Fedtke. Zur Messung von Kunstköpfen im freien Schallfeld. In *Fortschritte der Akustik DAGA '98*, pages 146–147, Oldenburg, 1998.
- [47] Thomas Fedtke. Uncertainty of measurements with artificial heads. In *Symposium Managing Uncertainty in Noise Measurement and Prediction*, France, June 2005.
- [48] Thomas Fedtke and U. Richter. Artificial heads versus miniature microphones for measuring active noise-reduction hearing protector performance. *J. Acoust. Soc. Am.*, 105(2):1130, 1999.
- [49] J. Fels, P. Buthmann, and M. Vorländer. Head-related transfer functions of children. *Acta Acustica united with Acustica*, 90(5):918–927, 2004.
- [50] Janina Fels. *From Children to Adults: How Binaural Cues and Ear Canal Impedances Grow*. PhD thesis, RWTH Aachen University, 2008.
- [51] Janina Fels, Dirk Schröder, and Michael Vorländer. Room acoustics simulations using head-related transfer functions of children and adults. In *Proc. of International Symposium on Room Acoustics - Satellite Symposium of the 19th International Congress on Acoustics*, 2007.
- [52] Janina Fels and Michael Vorländer. Artificial heads for children. In *Proc. 18th International Congress on Acoustics ICA*, 2004.
- [53] S. W. Fernberger. Perception. *Psychological Bulletin*, 38(6):432–468, June 1941.
- [54] F.A. Firestone. The phase difference and amplitude ratio at the ears due to a source of pure tone. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2:260, 1930.
- [55] H. Fletcher. An acoustic illusion telephonically achieved. *Bell Laboratories Record*, 11:286–289, 1934.
- [56] H. Fletcher and L.J. Sivian. Binaural telephone system. US Patent 1.624.486, April 1927.
- [57] Stephen H. Fletcher. Harvey Fletcher 1884-1981 A bibliographical memoir by Stephen H. Fletcher. Memoir, 1992.
- [58] H. A. Frederick. The development of the microphone. *Bell telephone quarterly*, X:164–188, 1931.
- [59] H. A. Frederick. The development of the microphone. *J. Acoust. Soc. Am.*, 3(1, Pt. 2):1–30, July 1931.
- [60] Bill Gardner and Keith Martin. HRTF measurements of a KE-MAR dummy. Technical report, MIT Media Lab, May 1994.
- [61] Jan J. Geluk. Compatible stereophonic broadcasting systems for spatial reproduction. In *Proc. of the 62nd AES Convention*, volume 28, pages 136–139, March 1979.
- [62] Jan J. Geluk. Compatible stereophonic broadcasting systems for spatial reproduction. *J. Audio Eng. Soc.*, 28(3):136–139, March 1980.
- [63] K. Genuit. Ein Beitrag zur Optimierung eines Kunstkopfaufnahmesystems. In *Tagungsberichte Tonmeistertagung*, 1981.
- [64] K. Genuit. Ein breitbandiger rauscharmer Kunstkopf mit hoher Dynamik und der Eigenschaft der originalgetreuen Übertragung von Hörereignissen. German Patent, June 1983.
- [65] K. Genuit. Ein breitbandiger rauscharmer Kunstkopf mit hoher Dynamik und der Eigenschaft der originalgetreuen Übertragung von Hörereignissen. European Patent 0 126 783, December 1984.
- [66] K. Genuit. Diskussion einer neuen Schnittstelle zur Definition von Kopfhörersignalen. In *Fortschritte der Akustik DAGA'87*, 1987.
- [67] K. Genuit. Standardization of binaural measurement technique. *Journal de Physique*, colloque c1, supplément au journal de physique III, v.2, 1992.
- [68] K. Genuit, J. Blauert, H. Hudde, U. Richter, and T. Fedtke. *Objektiver Gehörschützer-Messplatz zur Bestimmung der Schalldämmung von Gehörschützern mit einem Kunstkopf-Messsystem*. Wirtschaftsverlag NW,chriftenreihe der bundesanstalt für arbeitsschutz, forschung fb 699 edition, 1994.
- [69] K. Genuit and A. Fiebig. Do we need new artificial heads? In *Proc. 19th International Congress on Acoustics ICA*, 2007.
- [70] K. Genuit, H.W. Gierlich, and W. Bray. Development and use of binaural recording technique. In *Proc. of the 89th AES Convention*, 1990.
- [71] Klaus Genuit. Analytic description of average outer ear transfer functions in dependency on direction of sound incidence. In *Proc. 11th International Congress on Acoustics ICA*, pages 9–12, Paris, Lyon, Toulouse, 1983.
- [72] Klaus Genuit. *Ein Modell zur Beschreibung von Außenohrübertragungseigenschaften*. PhD thesis, RWTH Aachen, 1984.
- [73] Klaus Genuit. Eine systemtheoretische Beschreibung des Aussenohres. In *Fortschritte der Akustik - DAGA'85*, pages 459–462, 1985.
- [74] Ulrich Gerhard, Erhard Hatner, and Hans-Joachim Platte. Kunstkopf-Stereofonie im Hörspiel. In *Tagungsband Tonmeistertagung*, 1975.
- [75] Franz Graf, Martin Pflüger, Peter Röpke, and Gerhard Graber. Aufnahmesysteme für psychoakustische Analysen – Vergleich Kunstkopf vs. Alternativkonzepte. In *Fortschritte der Akustik DAGA'00*, 2000.
- [76] H.J. Griese, P.F. Warning, and K.H. Wichmann. Method of stereophonic recording. US. Patent 3969583, July 1976. filed Apr, 16 1974.
- [77] Peter Hammar. The birth of tape recording in the u.s. In *Proc. of the 72nd AES Convention*, 1982.
- [78] K.E. Hammer and W.B. Snow. Binaural transmission system at academy of music in philadelphia. Memorandum MM-3950, Bell Laboratories, November 1932.
- [79] B. Hertz. 100 years with stereo: the beginning. *J. Audio Eng. Soc.*, 29:368–372, 1981.
- [80] Lee E. Holt. The german use of sonic listening. *J. Acoust. Soc. Am.*, 19(4):678 – 681, 1947.
- [81] E. Hospitalier. The telephone at the Paris Opera. *Scientific American*, 45:422–423, December 1881. <http://earlyradiohistory.us/1881opr.htm>.
- [82] Herbert Hudde and Jürgen Schröter. Verbesserungen am Neumann Kunstkopfsystem. *Rundfunktechnische Mitteilungen*, 25(1):1–6, 1981.
- [83] International Telecommunication Union. Recommendation p58, 1996.
- [84] W. Bartlett Jones. Method and means for the ventriloquial production of sound. U.S. Patent 1855149, April 1932. filed April 13, 1927.
- [85] L. Jongkees and J. Groen. On directional hearing. *J. Laryngol. Otol.*, 61:494–504, 1946.
- [86] R. Kasten and S.H. Lotterman. Azimuth effects with ear level hearing aids. *Bulletin of Prosthetic Res.*, spring:10–17, 1967.

- [87] R. Kinns. Binaural source location. *Journal of Sound and Vibration*, 44:275–289, 1976.
- [88] John Klepko. *5-Channel Microphone Array with Binaural-Head for Multichannel Reproduction*. PhD thesis, Faculty of Music, McGill University, Montreal, 1999.
- [89] R. Kürer, G. Plenge, and H. Wilkens. Correct Spatial Sound Perception Rendered by a Special 2-Channel Recording Method. In *Proc. of the 37th AES Convention*, 1969. paper 666.
- [90] Rolf Kuerer, Georg Plenge, and Henning Wilkens. Verfahren zur hörrichtigen Aufnahme und Wiedergabe von Schallereignissen und Vorrichtung zu seiner Durchführung. German patent DE1927401, March 1970.
- [91] Hans Kunov and Christian Giguère. An acoustic head simulator for hearing protector evaluation i: Design and construction. *J. Acoust. Soc. Am.*, 85(3):1191–1196, March 1989.
- [92] Poul Ladegaard, Henrik Haslev, and Tommy Schack. Comparisons between a new binaural microphone and a traditional head and torso simulator. In *Proc. 18th International Congress on Acoustics ICA*, 2004.
- [93] Horato W. Lamson. The use of sound in navigation. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1(3):403–409, 1930.
- [94] I. Langmuir, V.I. Schaefer, C.V. Ferguson, and E.F. Hennelly. A study of binaural perception of the direction of a sound source. Technical report, OSRD, 1944. PB No. 31014 (available through the Office of Technical Services, U.S. Department of Commerce, Washington 25, D.C.).
- [95] J. Laws, P.; Platte H. J.; vom Hövel. Anordnung zur genauen Reproduktion von Ohrsignalen. In *Fortschritte der Akustik, DAGA*, pages 361–363, 1975.
- [96] P. Laws and H.J. Platte. Ein spezielles Konzept zur Realisierung eines Kunstkopfes für die kopfbezogene stereophone Aufnahmetechnik. *NTG-Fachberichte*, (56):192–198, 1977.
- [97] P. Laws and H.J. Platte. Ein spezielles Konzept zur Realisierung eines Kunstkopfes für die kopfbezogene stereophone Aufnahmetechnik. *Rundfunktechnische Mitteilungen*, 22(1):28–31, 1977.
- [98] Dieter Leckschat. Vorstellung eines digital entzerrten Kunstkopfsystems. In *Tagungsband Tonmeistertagung*, 1992.
- [99] Tapio Lokki, Heli Nironen, Sampo Vesa, Lauri Savioja, and Aki Härmä. Problem of far-end user's voice in binaural telephony. In *Proc. 18th International Congress on Acoustics ICA*, 2004.
- [100] D.S. Mandic and P.R. Donovan. An evaluation of binaural measurement systems as acoustic transducers. In *Proc. Noise-Con*, 1991.
- [101] V. Mellert. Construction of a dummy head after new measurements of thresholds of hearing. *J. Acoust. Soc. Am.*, 51:1359, 1972. in letters to the editor.
- [102] V. Mellert. Verbesserte Schallfeldabbildung mit einem neuen Kunstkopf. In *Fortschritte der Akustik-DAGA'75*, 1975.
- [103] P. Minnaar, S.K. Olesen, F. Christensen, and H. Møller. Localization with binaural recordings from artificial and human heads. *Journal of the Audio Engineering Society*, 49(5):323–336, May 2001.
- [104] H. Møller, D. Hammershøi, C.B. Jensen, and M.F. Sørensen. Evaluation of artificial heads in listening tests. *Journal of the Audio Engineering Society*, 47(3):83–100, 1999.
- [105] H. Møller, C.B. Jensen, D. Hammershøi, and M.F. Sørensen. Evaluation of artificial heads in listening tests. In *Proc. of the 102nd AES Convention*, volume 47, pages 83–100. unknown, 1997.
- [106] Th. Du Moncel. Le téléphone. In *Bibliothèque des merveilles*, pages 117–127. Librairie Hachette, Paris, 5ème edition, 1887. <http://histv2.free.fr/theatrophone/ader.htm>.
- [107] John Nigro. A stereophonic multichannel amplifier for single or binaural input. *J. Audio Eng. Soc.*, 1:287–291, 1953.
- [108] B. Nordlund. Angular localization: A clinical test for investigation of the ability to localize airborne sound. *Acta Otolaryngologica*, 55(1):405–424, 1962.
- [109] B. Nordlund. Physical factors in angular localization. *Acta Otolaryngologica*, 54(1):75–93, 1962.
- [110] B. Nordlund and B. Fritzell. The influence of azimuth on speech signals. *Acta Otolaryngol*, 56:632–642, Oct 1963.
- [111] B. Nordlund, T. Kihlman, and S. Lindblad. Use of articulation tests in auditorium studies. *J. Acoust. Soc. Am.*, 44:148–156, 1968.
- [112] B. Nordlund and G. Lidén. An artificial head. *Acta Otolaryngologica*, 56, 1963.
- [113] United States War Office. *Coast Artillery Field Manual - Antiaircraft Artillery - Position Finding and Control Antiaircraft Searchlights*, 1940.
- [114] G. Parmentier, A. Dancer, K. Buck, G. Kronenberger, and C. Beck. Artificial head (atf) for evaluation of hearing protectors. *Acustica Acta Acustica*, 86(5):847–852, 2000.
- [115] S. Peus. Natural listening with a dummy head—development of a new studio dummy head. Technical report, Georg Neumann GmbH, 1985.
- [116] Hans Joachim Platte. Das Problem der Vorne-Ortung bei der kopfbezogenen Stereophonie. In *Tagungsband Tonmeistertagung*, 1975.
- [117] G. Plenge, P. Lehmann, R. Wettschreck, and H. Wilkens. New methods in architectural investigations to evaluate the acoustic qualities of concert halls. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 57:1292, 1975.
- [118] J.W.S. Rayleigh. *The Theory of Sound*, volume 2 of *Dover Classics of Science and Mathematics*. Dover, unabridged second revised edition, 1945.
- [119] U. Richter and T. Fedtke. Active noise reduction performance of hearing protectors and headphones on artificial heads. In *Proc. of the 6th International Congress on Sound and Vibration ICSV*, pages 5–8, 1999.
- [120] U. Richter and T. Fedtke. Determination of noise immissions from headphones and earphones by means of different head and torso simulators. In *Proc. of the 6th International Congress on Sound and Vibration ICSV*, pages 5–8, 1999.
- [121] U. Richter, J. Wargowske, and T. Fedtke. Measurement of the sound attenuation characteristics of ear-plugs by means of head and torso simulators. *Acustica*, 82:179, 1996.
- [122] Jens Holger Rindel. Modelling in auditorium acoustics – from ripple tank and scale models to computer simulations. In *Proc. Forum Acusticum*, 2002.
- [123] L.D. Rosenberg and A.B. Slavinsky. Measurements of the directional properties of the ear carried out with a dummy. *Comptes Rendues Acad. Sci. U.R.S.S.*, 26:578–580, 1940.
- [124] ANSI S3.36. Specifications for a manikin for simulated in-situ airborne acoustic measurements. American National Standard, 1985. ASA S8-1985.
- [125] Camila Tigussa Sato, Marcelo Lapa Espiga, Stephan Paul, and Pascal Dietrich. Método analítico para o cálculo da diferença interaural de tempo (itd) no plano horizontal. In *Proc. 60 Congresso da AES Brasil, 12a Convenção Nacional da AES Brasil*, 2008.
- [126] A. Schmitz. Ein neues digitales Kunstkopfmesssystem. *Acustica*, 81:416–420, 1995.
- [127] A. Schmitz and H. Bietz. Free-Field Diffuse-Field Transformation of Artificial Heads. In *Proc. of the 105th AES Convention*. Audio Engineering Society, 1998.
- [128] J. Schroeter. Ein Kunstkopf zu Messungen der Schalldämmung von Gehörschützern. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 29:83–91, 1982.

- [129] J. Schroeter. Ein neuer Kunstkopf zur Messung der Schalldämmung von Gehörschützern. In *Fortschritte der Akustik - FASE/DAGA'82*, pages 651–654, 1982.
- [130] J. Schroeter. Improvements in measuring the attenuation of personal ear protectors with artificial heads. In *J. Acoust. Soc. Am.*, 1982. 103th Meeting of the Acoust. Soc. of Am., Chicago.
- [131] J. Schroeter. The use of acoustical test fixtures for the measurement of hearing protector attenuation. part I: Review of previous work and the design of an improved test fixture. *J. Acoust. Soc. Am.*, 79:1065, 1986.
- [132] J. Schroeter and H. Els. New artificial head for measurement of hearing protectors. In *Proc. of the 10th International Congress on Acoustics*, Sydney, Australia., 1980.
- [133] J. Schroeter and H. Els. On basic research towards an improved artificial head for the measurement of hearing protectors. *Acustica*, 50:250–260, 1982.
- [134] A. Seebeck. *Repertorium der Physik*, volume 8. Veit & Comp., 1844.
- [135] H.T. Sherman. Binaural sound reproduction at home. *J. Audio Eng. Soc.*, 1(1):142–146, January 1953.
- [136] W. Snow and C. Santa Monica. Basic principles of stereophonic sound. In *IRE Transactions on Audio*, volume 3, pages 42–53, 1955.
- [137] Ross H. Snyder. History and development of stereophonic sound recording. *J. Audio Eng. Soc.*, 1(2):176–179, 1953.
- [138] Dieter Stahl. *Kunst-Kopfstereophonie*, chapter 125, pages 1377–1386. Walter de Gruyter, 2001.
- [139] J. Steinberg and W. Snow. Auditory perspectives - physical factors. *Stereophonic Techniques*, pages 3–7, 1934.
- [140] A. Steinhauser. The theory of binaural audition. *Phil. Mag.*, 7:181–197, 261 – 274, 1877.
- [141] G. Theile. Zur Theorie der optimalen Wiedergabe von stereophonen Signalen über Lautsprecher und Kopfhörer. *Rundfunktechn. Mitt*, 25:155–170, 1981.
- [142] Günther Theile. Die Bedeutung der Diffusfeldentzerrung für die stereofone Aufnahme und Wiedergabe. In *Tagungsband Tonmeister tagungen*, 1984.
- [143] S.P. Thompson. On binaural beats. *Phil. Mag.*, 4(5):274–276, July-December 1877.
- [144] S.P. Thompson. Phenomena of binaural audition. *Phil. Mag.*, VI:385, 1878.
- [145] S.P. Thompson. On the function of the two ears in the perception of space. *Phil. Mag.*, 13:406–416, 1882.
- [146] R. Tinkham. Stereophonic recording equipment. *Transactions of the IRE Professional Group on Audio*, 1(6 Part 1):13–15, 1953.
- [147] E.L. Torick, A. Di Mattia, A.J. Rosenheck, L. A. Abbagnaro, and B.B. Bauer. An electronic dummy for acoustical testing. *J. Audio Eng. Soc.*, 16:397–493, 1968.
- [148] Nobuo Usami and Taira Kato. Headphone unit incorporating microphones for binaural recording. US Patent 4.088.489, May 1978.
- [149] Michael Vorländer. Past, present and future of dummy heads. In *Proc. Acústica*, Guimarães, Portugal, 2004.
- [150] Michael Vorländer and Janina Fels. Neue Kunstköpfe. In *Fortschritte der Akustik*, 2008.
- [151] Nicolas J. Wade and Diana Deutsch. Binaural hearing - before and after the stethophone. *Acoustics Today*, 4:16–27, 2008.
- [152] C. Wansdronk. On the influence of the diffraction of sound waves around the human head on the characteristics of hearing aids. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 31:1609, 1959.
- [153] V. Weber, R. und Mellert. Ein Kunstkopf mit ebenem Frequenzgang. In *Fortschritte der Akustik DAGA'78*, 1978.
- [154] C. Wheatstone. Experiments on audition. *Quarterly Journal of Science, Literature and Art*, 24:67–72, 1827.
- [155] F.M. Wiener and A.S. Filler. The response of certain earphones on the ear and on closed couplers. Technical report, Psycho-Acoustic and Electro-Acoustic Laboratories, Harvard University, December 1945.
- [156] F.M. Wiener and D.A. Ross. The pressure distribution in the auditory canal in a progressive sound field. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 18:401, 1946.
- [157] H. Wilkens. Kopfbezügliche Stereophonie - ein Hilfsmittel für Vergleich und Beurteilung verschiedener Raumeindrücke (head related stereophony - an aid for the comparison and critical examination of different room effects). *Acustica*, 26:213–221, 1972.
- [158] H. Wollherr. Kunstkopf. European Patent 0.056.479, July 1982.
- [159] H. Wollherr. Kunstkopf. German Patent 3.101.264.7 C2, July 1983.
- [160] Jörg Wuttke. *Mikrofonaufsätze*. Schoeps, 2000.
- [161] N. Xiang. Ein Miniaturkunstkopf für binaurale Raumsimulation mittels eines verkleinerten raumakustischen Modells. In *Fortschritte der Akustik - DAGA'90*, pages 831–834, 1990.
- [162] N. Xiang and J. Blauert. Computer-aided tenth-scale modelling for binaural auralization in room-acoustics design. In *Proc. of the 91th AES Convention*, Preprint 3120, 1991.
- [163] N. Xiang and J. Blauert. A miniature dummy head for binaural evaluation of tenth-scale acoustic models. *Appl. Acoust.*, 33:123–140, 1991.
- [164] Hiroshi Yasuda. Stereo microphone apparatus. US Patent 4.037.064, July 1977.
- [165] Hugo Zuccarelli. Device for spatial codification of sound. European Patent 0 050 100, April 1982.

# O Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído – A campanha em três cidades do sul do Brasil

Paul, S.\*; Paixão, D.X.+; Vergara E.F.+; Bitencourt, R.F.\*; Lacerda, A.B. M.\*\*; Gonçalves, C.G.\*\*

\* Lab. de Vibrações e Acústica, Univ. Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, stephan.paul.acoustic@gmail.com, raquelb@emc.ufsc.br

+ Grupo de Pesquisa Acústica, Univ. Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, dinaraxp@yahoo.com.br, efvergara@gmail.com

\*\*Curso de Fonoaudiologia e Programas de Mestrado e Doutorado em Distúrbios da Comunicação, Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba

## Resumo

O Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído é comemorado, anualmente, em muitos países do mundo, para chamar a atenção das pessoas em relação aos efeitos que o ruído, presente nas atividades diárias, provoca na saúde, no desempenho de funções laborais, acadêmicas, esportivas, recreativas, de lazer, de descanso, etc. Pela primeira vez no Brasil, este evento foi comemorado em algumas cidades, durante o dia 16 de abril de 2008. Nessa data, diversas atividades ocorreram em Florianópolis/SC, Curitiba/PR e Santa Maria/RS, entre elas: distribuição de cartazes e postais, medições de níveis sonoros, apresentações artísticas e entrevistas em rádio e televisão. O artigo traz uma descrição da organização do evento e das atividades implementadas nas três cidades participantes, bem como um sumário do impacto das ações realizadas, destacando sugestões para a realização das próximas edições do evento.

**Palavras-chave:** Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído, INAD, International Noise Awareness Day

## 1. Introdução

O impacto do ruído na saúde e qualidade de vida não pode ser questionado. Inúmeros trabalhos da literatura técnica mostram, em todo o mundo, os perigos para a audição, causados pela exposição repetida ao ruído. Estudos indicam que o ruído, junto com outros agentes causadores de estresse, está relacionado com mudanças físicas e psicológicas negativas nos seres humanos. Os indivíduos e as comunidades não mais aceitam o ruído como um efeito colateral da sociedade industrializada.

Para informar e conscientizar as pessoas sobre os impactos do ruído mundo afora, todos os anos, em abril, é celebrado o *International Noise Awareness Day (INAD)*, evento proposto e promovido pela *League for the Hard of Hearing*. A data do evento é definida a cada ano pela entidade promotora, que no seu site <http://www.lhh.org/> apresenta sugestões para as atividades a serem desenvolvidas. A data é determinada cada ano sendo a terceira ou quarta quarta-feira do mês de abril, considerando dias festivos religiosos e a data da convenção anual da Academia Americana de Audiologia (*American Academy of Audiology*). Para promover este evento também no Brasil, país que sem dúvida enfrenta os mesmos problemas de poluição sonora que os demais países do mundo, uniram-se várias pessoas, com o apoio da Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC) e da Academia Brasileira de Audiologia (ABA).

O presente artigo relata como, a partir de uma ação conjunta, o evento ocorreu em três cidades brasileiras do sul do Brasil, fazendo estas, parte de um grupo maior

de cidades participantes desde o Rio Grande do Sul até o Maranhão, conforme mostra a Tabela 1. Além disso, exemplifica as atividades realizadas e sugere ações, visando um maior alcance para o Dia Internacional da Conscientização sobre Ruído, em 2009, no Brasil.

A denominação oficial do evento para o Brasil, após discussões e votação dos envolvidos, ficou definida como: **Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído**. Considerou-se esse nome o mais próximo do significado original, destacando o aspecto de que se trata de um evento internacional, que tem por objetivo conscientizar, não se caracterizando como uma simples manifestação de descontentamento com o ruído excessivo. A fim de manter uma unidade com o evento precursor, optou-se pela manutenção da sigla original, ou seja, INAD.

Tabela 1: Cidades que participaram do evento

Estado	Cidade
Santa Catarina	Florianópolis
	Chapecó
	Nova Trento
	Joaçaba
Paraná	Joinville
	Curitiba
São Paulo	Irati
	São Paulo
Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
Rio Grande do Sul	Santa Maria
	Porto Alegre
Maranhão	São Luis

## 2. Os materiais de divulgação

Para a divulgação da campanha era necessário o desenvolvimento de materiais especialmente concebidos para a ocasião.

Sob orientação do Eng. Stephan Paul, a arquiteta Kelly Sato, de São Paulo, desenvolveu os materiais de divulgação visual: os logos, numa versão horizontal e outra vertical; um cartaz no formato A3 e um postal no formato A6.

Há muitos anos celebrado fora do Brasil, o Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído, além de não ter nome oficial aqui, não contava com uma logomarca, elemento importante para a criação de uma identidade da campanha, conforme explica a arquiteta Kelly Sato:

“A idéia para a logomarca partiu da própria proposição do evento de criar mais espaços no nosso dia-a-dia, percebendo e respeitando os benefícios do silêncio. Desta maneira, foram utilizadas apenas duas curvas que demarcam um espaço vazio e *silencioso*, reservado ao Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído.”

A fim de se adequar a diferentes formatos de divulgação, também no futuro, a projetista desenvolveu uma logomarca vertical e uma horizontal, como mostra a Figura 1.



Figura 1: Logomarcas desenvolvidas pela Arq. Kelly Sato

O cartaz e o cartão postal, mostrados nas Figuras 2 e 3, respectivamente, constituíram-se, sem dúvida, no material de maior destaque. A idealizadora afirma:

“O material de divulgação (cartaz e cartão postal) têm como protagonista uma orelha, que, se falasse, faria um apelo a todos, pedindo para ser menos maltratada pelo ruído. O desenho se beneficia da linguagem do *cartoon* e do texto fornecido pela equipe de organização do evento, com a vantagem de atingir crianças e adultos, de maneira simpática e com uma mensagem cidadã.”



Figura 2: Cartaz desenvolvido para a divulgação da campanha



Figura 3: Frente e verso do postal distribuído na campanha

O cartaz e o postal enfatizam uma linguagem gráfica simples, que permite a impressão apenas em preto e branco, viabilizando a participação de colaboradores no Brasil inteiro. O cartaz e o postal trazem a logomarca oficial, criada para o evento brasileiro, e a logomarca internacional divulgada pela *League for the Hard of Hearing*, além das logomarcas da SOBRAC e da ABA. Na logomarca da ABA a arquiteta Kelly optou pela versão em escala de cinza, por combinar melhor com o fundo amarelo do material produzido.

### 3. As Atividades

O planejamento e a execução das atividades na cidade de Florianópolis, SC, foram da responsabilidade do Eng. Stephan Paul junto às fonoaudiólogas Raquel Fava de Bitencourt e Janete Didoné. No dia do evento contaram com a ajuda de vários colaboradores, como os estudantes Camila Sato e Marcus Hoeller.

Na cidade de Santa Maria, RS, as atividades ficaram a cargo do Grupo de Pesquisa Acústica, de formação multidisciplinar, coordenado pela Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Dinara Xavier da Paixão e pelo Prof. Dr. Erasmo Felipe Vergara, congregando pesquisadores de diferentes áreas da Engenharia, da Saúde e da Música, além de estudantes da graduação e da pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

As atividades em Curitiba foram coordenadas pela Prof. Dra. Adriana Bender M. de Lacerda e pela Prof. Dra. Claudia Giglio Gonçalves, do curso de Fonoaudiologia e Programas de Mestrado e Doutorado em Distúrbios da Comunicação da Universidade Tuiuti do Paraná. Os alunos do curso de Fonoaudiologia e os integrantes do núcleo de estudos saúde auditiva do programa de mestrado e doutorado em distúrbios da comunicação participaram da campanha realizando atividades de conscientização sobre os efeitos do ruído na população curitibana.

#### 3.1. Distribuição do material de divulgação

Nos dias que antecederam o INAD, foram distribuídos os cartazes da campanha: na Universidade Federal de Santa Catarina, na Universidade Estadual de Santa Catarina, em condomínios e locais públicos. O material também foi entregue na Secretaria de Saúde e no Ministério de Trabalho do Estado de Santa Catarina.

Em Santa Maria, os materiais impressos foram distribuídos no Centro de Tecnologia da UFSM, que concentra os cursos de Engenharia (Civil, Mecânica, Elétrica e Química), Arquitetura e Informática, bem como no Centro de Ciências da Saúde e Centro de Artes e Letras. Para que o movimento chegasse também às pessoas que não fazem parte da comunidade universitária, houve a distribuição dos impressos nas áreas de convivência do Campus da UFSM, da

Universidade Franciscana (UNIFRA) e no centro da cidade. Aconteceu, ainda, a distribuição dirigida para os convidados que participaram do lançamento do Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído em Santa Maria, como será relatado no item 3.3. do presente artigo.

#### 3.2. Divulgação na mídia

Considerando-se que o Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído constituía-se uma campanha direcionada ao público, a participação da mídia revelou-se de fundamental importância.

Conseguiu-se a divulgação do evento em rádios, televisões, jornais e revistas, em especial no sul do país.

A Associação Catarinense de Emissoras de Rádio e Televisão (ACAERT) criou, junto com a Fonoaudióloga Janete Didoné, do Laboratório de Vibrações e Acústica da UFSC, uma vinheta acústica que destaca o impacto do ruído sobre a saúde das



peças e convida as pessoas a fazerem parte de uma sociedade que se preocupa com os problemas causados pelo ruído excessivo. A vinheta foi divulgada por 41 rádios do estado de Santa Catarina durante o dia do evento, permanecendo disponibilizada também no site da SOBRAC <http://www.acustica.org.br/inad/> para download. Além disso, foi gravada uma entrevista com a Fonoaudióloga Janete Didoné, que também ficou disponível no site da ACAERT para que as emissoras que tivessem interesse pudessem divulgar. O relatório de aproveitamento, pelas emissoras de rádio filiadas mostra que 50 emissoras do estado veicularam a matéria. Na entrevista a Fonoaudióloga abordou os efeitos da exposição sonora. Alertou os ouvintes sobre a forma que a perda auditiva se instala, salientando que pode ser percebida somente quando está em um grau acentuado, já tendo atingido a compreensão da fala. Ressaltou, também, sobre os efeitos extra-auditivos, como a alteração da atenção, memória e concentração, mencionando que esses efeitos já podem estar associados à exposição a NPS elevado durante a gestação. Fez um alerta aos jovens que costumam usar os aparelhos sonoros em volume muito forte, dizendo que isso, já pode ser um sinal de que ele não está ouvindo bem. Concluiu a entrevista fazendo um convite à população, recomendando que cada um faça a sua parte para diminuir a poluição sonora, iniciando dentro de sua própria casa.

Em Santa Maria, a Rádio Nativa FM veiculou no período entre 10 e 16 de abril uma vinheta de divulgação da campanha, que se encontra disponível na página do Grupo de Pesquisa Acústica, no link Ações ([www.ufsm.br/acustica](http://www.ufsm.br/acustica)) e no site do youtube com o endereço direto <http://www.youtube.com/watch?v=0Np->

WbCAask ou digitando a palavra chave *international noise awareness day*. No dia do evento, na quarta-feira (16 de abril), durante a manhã, representantes dos diversos segmentos do Grupo Acústica: Engenharia Civil (Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Dinara Xavier da Paixão), Engenharia Acústica (Prof. Dr. Erasmo Felipe Vergara), Fonoaudiologia (Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lílian Seligmann) e Música (Prof. MSc Oscar Daniel Morales) participaram de uma entrevista, em edição especial do Programa Controle Geral, na Rádio Imembuí, apresentado pelo radialista Vicente Paulo Bisogno, com acesso de ouvintes via Internet e pelo telefone, como ilustra a Figura 4.



Figura 4: Participação do Grupo Acústica no Programa Controle Geral, na Rádio Imembuí.

A emissora de rádio CBN, de Curitiba, transmitiu uma entrevista sobre o tema da campanha proferida pela Prof. Dra. Adriana Lacerda da UTP.



Na internet a presença do evento foi marcada pelo site oficial em [www.acustica.org.br/inad](http://www.acustica.org.br/inad) e pela página do Grupo de Acústica da UFSM ([www.ufsm.br/acustica](http://www.ufsm.br/acustica)). A Academia Brasileira de Audiologia também divulgou a campanha pelo seu site. Na Universidade Tuiuti do Paraná (UTP) todos os computadores da rede apresentavam, em sua página de abertura, uma imagem do cartaz da campanha e, além disso, o site da universidade divulgou, com destaque, as informações sobre o evento. O site da UFSM noticiou o evento, chamando atenção para a programação que seria desenvolvida no dia 16 de abril.



Houve, ainda, a difusão na televisão nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, pelas emissoras TVCOM e TV Bandeirantes, em Florianópolis e TV Câmara, em Santa Maria.

Na véspera do evento, em Florianópolis, o Eng. Stephan Paul deu uma entrevista ao vivo em um programa de

discussão da TVCOM ([www.tvcom.com.br](http://www.tvcom.com.br)), abordando desde a poluição sonora até o impacto do ruído nas salas de aula e os problemas resultantes de uma acústica não adequada, que prejudica a comunicação entre alunos e professores, repercutindo no processo ensino-aprendizagem. No dia do evento, a medição dos níveis de pressão sonora, a distribuição de postais e a aplicação de questionários em um terminal de ônibus de Florianópolis foi gravada pela TV Bandeirantes, originando uma matéria veiculada no jornal das 19 horas da emissora. Na semana seguinte, no dia 23 de abril, a Fonoaudióloga Raquel Bitencourt, o Engenheiro Stephan Paul e a Prof. Dr<sup>a</sup>. Elvira Viveiros, do Departamento de Arquitetura da UFSC, participaram de uma discussão ao vivo, com uma hora de duração, no programa Falando Abertamente, na TVCOM/SC. Entre os temas estiveram: poluição sonora, acústica em edifícios habitacionais, problemas causados pelo ruído excessivo (estresse, prejuízos no processo ensino-aprendizagem), entre outros. Na mesma ocasião, foi ao ar um vídeo, que utilizou a técnica de *beamforming* para demonstrar de forma visível as contribuições de fontes sonoras do dia-a-dia (impressora, liquidificador, secador de cabelo, entre outros). O intuito dos idealizadores e executores do vídeo, o Eng. William Fonseca e o Eng. Stephan Paul, era destacar o impacto, nem sempre negativo, do som na vida das pessoas, lembrando que o som nem sempre é barulho, podendo trazer informações necessárias. O vídeo está disponível no youtube sob o endereço direto <http://www.youtube.com/watch?v=Y-9qVN2rs44> ou digitando a palavra chave *beamforming*.

Em Santa Maria, a Sessão Ordinária da Câmara de Vereadores da cidade, na terça-feira, 15 de abril, contou com a participação da Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Dinara Xavier da Paixão e do Prof. Dr. Erasmo Felipe Vergara, ambos da UFSM. A manifestação da professora, em Plenário, foi transmitida pela TV Câmara e retransmitida, posteriormente, em dois horários alternativos.



Além da divulgação em rádio e televisão, mídias impressas, como a Revista Proteção registraram o evento. Em sua edição de maio, ela publicou uma matéria sobre o Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído, com informações sobre o evento, relatando atividades realizadas no sul do Brasil. Além disso, apresentou dicas para a conscientização sobre o tema.

### 3.3. Apresentação da campanha ao vivo

Além da divulgação pela rádio e televisão, os grupos participantes organizaram apresentações destinadas a diferentes grupos de pessoas.

Em Santa Maria, as atividades de divulgação iniciaram na segunda-feira (14 de abril), com a apresentação da campanha para convidados, dentre os quais estavam representantes da imprensa, autoridades e técnicos

interessados no assunto. Na ocasião houve a distribuição de material relativo à data (cartazes e postais), bem como foi enfatizada a importância dessa conscientização. Estiveram presentes Secretários de Município, Vice-Reitor, Pró-reitores, Diretores de Centro, Coordenadores de Cursos da UFSM e de outras Instituições de Ensino Superior, entidades de classe ligadas à construção civil (SINDUSCON – Sindicato da Indústria da Construção Civil - e SEASM – Sociedade de Engenharia e Arquitetura de Santa Maria), entre outros. Em seguida, aconteceu a Abertura da Exposição "Tecnologia e Comunicação: a divulgação do conhecimento produzido no Centro de Tecnologia da UFSM", no Hall do Centro de Tecnologia da UFSM. A mostra, constituída de 24 painéis, apresentou trabalhos desenvolvidos pelo Grupo Acústica e informações sobre os efeitos do ruído para as pessoas, conforme destacam as Figuras 5 e 6. A organização da Exposição esteve a cargo das Professoras Ana Laura Cassiminho, Carla Danielleto e Dinara Paixão.



Figura 5: Exposição de painéis no Centro de Tecnologia da UFSM



Figura 6: Cartazes do INAD expostos no Hall do CT/UFSM

Ainda no dia 14 de abril, como motivação para o evento, as instalações do Laboratório de Acústica da UFSM estiveram abertas para a visita, com

demonstrações de ensaios até o final da manhã. Durante a tarde, os alunos que integram o Grupo Acústica distribuíram o material de divulgação da campanha nos Centros de Ensino que compõem a UFSM.

A participação dos Professores Dinara Xavier da Paixão e Erasmo Felipe Vergara na Sessão Ordinária da Câmara de Vereadores de Santa Maria, no espaço denominado "Tribuna Livre", na terça-feira (15 de abril), visou destacar a importância do intercâmbio do Poder Legislativo com os técnicos, os quais podem fornecer subsídios sobre a influência do ruído nas pessoas e informar sobre as normas técnicas relativas ao assunto. Essa sessão foi transmitida pela TV Câmara, conforme foi exposto na seção anterior e como mostra a Figura 7.



Figura 7: Divulgação da campanha na sessão ordinária da Câmara de Vereadores de Santa Maria/RS.

No início da tarde do dia 16 de abril, aconteceu uma apresentação musical de pop-rock, realizada por alunos integrantes do Grupo Acústica, no Hall do Centro de Tecnologia (UFSM), como registra a Figura 8. Na ocasião, buscou-se a conscientização através de realização de medições dos níveis de pressão sonora e a explicação dos mesmos, assim como suas influências.





Figura 8: Apresentação musical de grupo pop-rock no hall do CT da UFSC (Lívia Pavanello no baixo, Leticia B. Polhmann no vocal, André Marques na bateria, Jordan Pimentel na guitarra)

Em Curitiba, a Universidade Tuiuti do Paraná (UTP) realizou uma parte científica do evento, voltada aos profissionais da área da saúde e segurança no trabalho, ou seja, o II Ciclo de Palestras sobre as Questões Fonoaudiológicas na Saúde dos Trabalhadores, enfocando o ruído nos ambientes de trabalho. Esse evento contou com pesquisadores dos núcleos de mestrado e doutorado em distúrbios da comunicação da UTP, além de convidados, como: o médico do SESI de Ponta Grossa Dr. Paulo Gomes de Toledo Filho e a Engenheira da Fundacentro Evelyn Albizu. Outras ações, principalmente de conscientização, foram desenvolvidas em Curitiba, no SESC da esquina, na Polícia Militar, no 20º Batalhão de Infantaria Blindada e entre alunos e funcionários da UTP – campus Barigui. Palestras e orientações, distribuição de panfletos e fixação de cartazes sobre a prevenção dos efeitos do ruído ambiental e ocupacional foram realizados igualmente, alcançando trabalhadores que estão expostos ao ruído ocupacional, bem como a população em geral e algumas empresas e instituições da região metropolitana de Curitiba/PR, entre elas: a Petrobrás – REPLAN, empresas associadas ao serviço do SESI de Irati/PR, uma escola do SESI – Irati/PR e empresas que atuam com o INSAT- Instituto Internacional de Saúde no trabalho de Curitiba.

### 3.4. Medições

Medições públicas são, sem dúvida, um meio importante de divulgação da campanha, por isso foram realizadas em Florianópolis e em Santa Maria.

Em Florianópolis, num dia muito chuvoso, executaram-se medições do NPS nos terminais de ônibus urbanos, pela manhã e pela tarde. Uma equipe da TV Bandeirante acompanhou as medições da tarde e elaborou uma matéria sobre o assunto, que foi ao ar no mesmo dia. O repórter, junto com a equipe do INAD, entrou num

ônibus para medir o NPS(A). Constataram-se valores baixos, já que a curva A corta as baixas frequências, não correspondendo ao extremo incômodo que o motorista enfrenta, conforme relato do mesmo, evidenciando o problema da aplicação do NPS(A). Os níveis de pressão sonora medidos pela equipe foram também expostos utilizando um painel para informar os usuários, conforme mostra a Figura 9.



Figura 9: Exposição dos níveis de pressão sonora NPS(A) medidos no terminal de ônibus urbano de Florianópolis durante a tarde do dia 16 de abril de 2008

No horário do almoço, entre 11 horas e 30 minutos e 13 horas, foram realizadas medições do NPS numa praça de alimentação de um shopping. Os níveis de pressão sonora NPS(A) a cada 10 minutos foram expostos aos clientes mediante placa informativa, conforme mostra a Figura 10.



Figura 10: Exposição dos níveis de pressão sonora NPS(A) medidos a cada 10 minutos na praça de alimentação de um shopping de Florianópolis

Sobre a pergunta se a pessoa já havia parado pra pensar na poluição sonora, apenas 04 pessoas negaram ter pensado no assunto. Aos que responderam sim, ou seja, para 48 (92,3%) questionou-se sobre a importância e/ou influência da poluição sonora em sua vida. A resposta foi de que há muita influência para 30 pessoas (62,5%); 16 (30,7%) afirmaram ter razoável e apenas 02 (3,8%) asseguraram ter pouca importância. Sobre o incômodo causado, 47 pessoas (90,3%) afirmaram se incomodar com algum tipo de barulho, sendo os mais citados: o trânsito e os vizinhos. Ao final, solicitava-se às pessoas para que apontassem os locais mais agradáveis e mais desagradáveis da cidade, tendo como referência o ruído. A maioria optou pela praia como o mais agradável e pelas ruas, o centro, o trânsito e as praças de alimentação de shoppings, como os mais desagradáveis. Com isso, observa-se que, apesar da pequena amostra de cidadãos questionados, os sons e ruídos fazem parte do dia a dia das pessoas de uma maneira nem sempre desejada.

Em Santa Maria, durante a apresentação musical de pop-rock, realizada por alunos do Grupo Acústica, no Hall do Centro de Tecnologia (UFSM), equipamentos de medição foram montados, para determinar valores de NPS, no tempo e por bandas de frequências. Os resultados eram visualizados num telão, pelo público presente, que recebia informações, para fins de conscientização e, ainda, material de divulgação sobre a campanha. A Figura 11 ilustra as medições realizadas em Santa Maria, RS.



Figura 11: Medição de NPS e distribuição de material do INAD no hall do CT da UFSM.

Os dois grupos que executaram medições públicas de níveis de pressão sonora enfatizam que esse tipo de procedimento tem um impacto considerável na divulgação do evento, atraindo muito o interesse das pessoas.

#### 4. Orientações para a campanha do ano 2009

A 1ª edição do INAD no Brasil foi desenvolvida num curto espaço de tempo. Assim, prováveis colaboradores não puderam participar, impedindo que muitas ações fossem implementadas.

A organização do evento para o próximo ano, que acontecerá no dia 29 de abril de 2009, começará ainda em 2008, através de um fórum na internet, para fins de comunicação entre os colaboradores. Conforme manifestação da Diretoria da SOBRAC, o referido fórum será criado no site da entidade ([www.acustica.org.br](http://www.acustica.org.br)), tendo o Eng. Stephan Paul na sua coordenação.

As atividades que não puderam ser realizadas em 2008 serão planejadas para execução em 2009. Um exemplo disso é o Concurso Nacional para elaboração de material de divulgação, que deverá ser aberto a estudantes de Design, Arquitetura ou outros interessados.

Empresas contatadas em 2008 já manifestaram interesse em colaborar na campanha de 2009. Entre elas estão: a Duraauto e a Eaton, fornecedores de autopeças do Estado de São Paulo; a Amplivox, empresa fabricante de aparelhos auditivos de Florianópolis; e a General Motors América Latina, que manifestou interesse de divulgar o evento em todas as suas unidades na América Latina.

Outro alvo de divulgação antecipada da campanha 2009 serão os órgãos públicos, entre outros: os Ministérios de Saúde, Trabalho e Educação, bem como as respectivas Secretarias de Estados.

A Sociedade Brasileira de Acústica – SOBRAC – continuará apoiando o evento, disponibilizando em seu site o fórum de discussão e os *downloads* dos materiais de divulgação da campanha 2009.

### **5. Considerações finais**

A descrição das atividades compiladas neste artigo demonstra que a campanha desenvolvida, no Brasil, por ocasião do Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído (INAD 2008) constituiu-se num grande sucesso, considerando-se as dificuldades decorrentes do curto espaço de tempo entre o lançamento da idéia e a sua execução.

O interesse da população, de órgãos públicos e de empresas foi relativamente pequeno, mas significativo. Acredita-se que, em 2009, haverá um crescimento na participação de colaboradores, conforme mostram as manifestações observadas em 2008.

Para a organização da campanha 2009 fica evidente a necessidade de começar com bastante antecipação, através do fórum ([www.acustica.org.br/forum](http://www.acustica.org.br/forum)), que está aberto à participação de todas as pessoas que acreditam na importância dessa iniciativa.

### **Agradecimentos**

Os autores do artigo agradecem o apoio da Sociedade Brasileira de Acústica e da Academia Brasileira de Audiologia para a realização do evento. Agradecem, também, aos colaboradores em cada cidade participante.

# Avaliação do ruído de tráfego como índice de poluição sonora

Paz, E. C.\*; Zannin, P.H.T.

Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico – LAAICA - Universidade Federal do Paraná  
zannin@ufpr.br

## Resumo

O presente trabalho avalia o ambiente acústico gerado por um trecho urbano de uma rodovia (BR-476), situado em Curitiba-PR, que sofrerá um processo construtivo de readequação. Foram utilizados valores limites normativos e legislativos para caracterização dos níveis sonoros, a partir da utilização de medições *in situ*. Identificou-se que a área em estudo é poluída acusticamente, com ocorrência de ruídos que são mascarados ao longo do tempo, porém, com características nocivas ao meio.

**Palavras-chave:** ruído de tráfego, poluição sonora, Curitiba, medições *in situ*

## 1. Introdução

A poluição sonora é atualmente uma das principais formas de poluição ambiental, sendo responsável por impactos negativos com prejuízos ao meio ambiente e à qualidade de vida da população (Berglund *et al.*, 1999; Ramalingeswara Rao & Seshagiri Rao, 1992; Robinson, 1971).

O aumento deste tipo de poluição está ligado diretamente ao alto índice de crescimento demográfico da população urbana e ao conseqüente aumento das fontes geradoras de poluição sonora, tais como aumento das atividades de construção civil e aumento da demanda de veículos (Zannin *et al.*, 2002).

O agente caracterizador da poluição sonora urbana é denominado de ruído urbano ou ruído ambiental, considerado um ruído complexo, pois é composto de várias parcelas de ruídos secundários, provenientes de fontes e atividades diversas (WHO, 2003)

O ruído proveniente do tráfego de veículos é a parcela que mais contribui com o aumento do ruído ambiental (Zannin *et al.*, 2002), uma vez que, em termos de duração, é considerado permanente e não pontual, isto é, não se limita a uma única área (Brown, 1994).

O ruído do tráfego de rodovias tem se tornado um problema urbano, em função do rápido processo de ocupação que ocorre ao longo das mesmas, decorrente do crescimento populacional, sendo uma realidade comum em várias capitais brasileiras (Gerges, 2004; Sattler, 1999; Brown, 1994).

O ruído de tráfego (RT) é, então, uma parcela do ruído ambiental, sendo uma resultante do somatório de diversos tipos de ruído provenientes de fontes em trânsito (ex.: automóveis, ônibus, trens etc.) (Johnson & Sanders, 1968).

### 1.1. Principais Parâmetros de Tráfego para Avaliação Acústica

Muitos são os parâmetros que apresentam correlação direta ou inversa com os níveis de ruído de tráfego. Os principais são o volume de tráfego, a composição, a velocidade, o greide da pista e a distância da fonte ao receptor (Golebiewski *et al.*, 2003; Sattler, 1999; García & Faus, 1991). Vários estudos têm demonstrado a correlação do RTR com outros parâmetros, dentre os quais podem ser destacados (Priede, 1975): 1) parâmetros operacionais, como variação no nível de potência sonora; 2) parâmetros de projeto da via, largura do canteiro central, localização do ponto de medição, altimetria e planimetria da via, conservação da via, existência de dispositivos de controle de tráfego; e 3) parâmetros de condições atmosféricas, como temperatura, umidade, velocidade dos ventos.

O nível de poluição sonora é um valor que descreve o ruído de tráfego levando em consideração o nível contínuo de ruído e as variabilidades, isto é, flutuações temporais dos níveis (Beranek, 1993; Robinson, 1971). Este descritor é considerado ideal para avaliação do ruído comunitário (Schultz, 1972).

Beranek (1960) desenvolveu uma formulação aproximada para o cálculo do nível de ruído de poluição sonora em função dos níveis estatísticos extremos, apresentada a seguir:

$$L_{NP} = L_{eq} + (L_{10} - L_{90}) \quad [\text{dB(A)}] \quad (1)$$

em que  $L_{NP}$ : nível de ruído de poluição sonora [dB(A)];

$L_{eq}$ : nível sonoro equivalente [dB(A)];

$L_{10}$ : nível sonoro estatístico a 10% [dB(A)];

$L_{90}$  : nível sonoro estatístico a 90% [dB(A)].

Robinson (1971) recomenda um nível limite de 72 dB(A) para o nível de poluição sonora, considerando uma via de tráfego intenso em um área mista.

O índice de ruído de tráfego também é um valor descritor do ruído de tráfego que leva em consideração a variabilidade do ruído, em termos de níveis percentuais, sendo então uma combinação ponderada dos níveis estatísticos extremos (Griffiths & Langdon, 1968).

Griffiths & Langdon (1968) definiram a seguinte expressão para o cálculo do índice de ruído de tráfego:

$$TNI = 4.(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \text{ [dB(A)]} \quad (2)$$

Sendo os níveis  $L_{10}$  e  $L_{90}$  medidos em ambiente externo, amostrados ou contínuos, num período de 24 (vinte e quatro) horas.

A Tabela 1, a seguir, apresenta valores limites recomendados para o índice de ruído de tráfego.

Tabela 1: Valores para o Índice de Ruído de Tráfego

Autor	Condições	TNI dB(A)
SCHOLES (1970)	Área residencial, com via de tráfego intenso	74
COMITÊ WILSON (1982)	Área residencial, durante o dia	50
COMITÊ WILSON (1982)	Área residencial, durante a noite	35
SCHULTZ (1972)	Área mista	74
WHITE & COOPER (1984)	Para $L_{10(18h)}$ , dia útil, área mista	74

Fonte: Alves Filho, 1997; White & Cooper, 1984; Schultz, 1972; Scholes, 1970.

## 2. Materiais e métodos

Neste item, são apresentados os métodos e materiais utilizados no desenvolvimento do presente trabalho. Em adição, são tecidos breves comentários acerca da justificativa de escolha dos mesmos, bem como das limitações adotadas.

É apresentada também uma breve descrição do objeto de estudo, com intuito de caracterizar o problema determinante da pesquisa.

### 2.1. O Trecho Urbano da BR-476 como estudo de caso

A cidade de Curitiba-PR conta com dois trechos rodoviários dentro de seu perímetro urbano. Estes trechos são denominados de “rodovias-grandes avenidas” (Zannin *et al.*, 2001), e suas áreas lindeiras apresentam densas concentrações demográficas.

Com a abertura do anel rodoviário da RMC (Contorno Leste) em 2002, parte do tráfego foi deslocado do trecho urbano da BR-476 (entre os bairros de Atuba e Pinheirinho, em uma extensão de 20 km) (Figura 1, a seguir) para a via de contorno supracitada. Neste sentido, no referido trecho será implantado o Projeto do Eixo Metropolitano da Rede Integrada de Transportes, com intuito de: 1) reduzir a segregação entre bairros hoje existentes; 2) ordenar o uso do solo; 3) aumentar a segurança viária; e 4) permitir a implantação de mais um eixo na rede do sistema de transporte coletivo municipal.

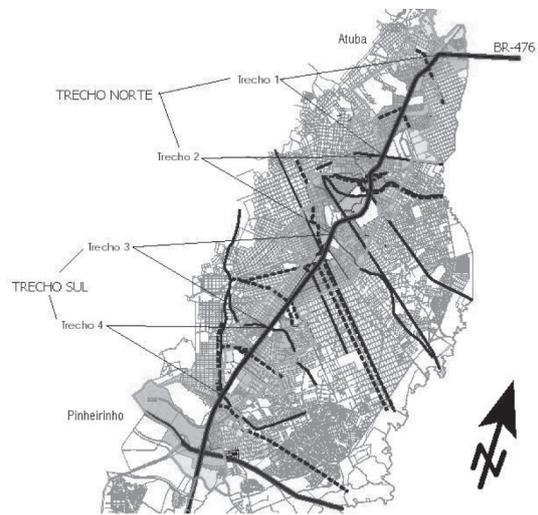


Figura 1: Mapa do Trecho Urbano da Br-476 (Fonte: PMC/URBS, 2003)

A presente pesquisa avaliou o ambiente acústico da região, no trecho sul, em suas fases de planejamento, através da modelagem de dados provenientes de medições.

### 2.2. Estudo Piloto

Antes da realização da medição propriamente dita, fez-se necessária a execução de um procedimento denominado de estudo piloto, utilizando o método observacional. Este teve como intuito caracterizar o objeto de pesquisa para que se pudesse delinear a medição.

As características identificadas foram:

- trecho retilíneo e plano em sua grande maioria no sentido longitudinal da via, isto é, sem bruscas variações de greide;

- rampas inferiores e/ou iguais a 5%;
- rodovia Classe I-A;
- região em sua grande maioria plana, ao longo da via;
- existência de 6 lombadas eletrônicas, 3 seções disciplinadoras de tráfego em obras de arte (viadutos), 3 semáforos;
- pistas com três faixas em média, com 3,60 m de largura;
- faixas de domínio com 1,10 m cada;
- existência de via marginal de mão única em quase toda a extensão oeste;
- acostamento com largura média de 1,50 m;
- canteiro central com larguras médias de 0,50 m e 20,00 m;
- existência de sistema de drenagem eficiente em todo o trecho;
- pavimento considerado aceitável para o tráfego, com existência de mínimos defeitos estruturais devidos a diversos fatores;
- revestimento em concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ);
- existência de sinalização vertical e horizontal funcionais e em boas condições;
- tráfego misto;
- zona de localização considerada mista, com predominância de estabelecimentos comerciais e com existência de edificações de uso especial, como por exemplo educacional, e residências de médio a alto padrão;
- velocidade de cruzeiro média fixada para o tráfego de 60 km/h;
- velocidade real verificada de 80 km/h para veículos leves e 70 km/h para veículos pesados;
- tráfego de veículos de transporte coletivo das regiões metropolitanas.

### 2.3. Coleta de Dados de Campo

Em função da inexistência de um procedimento normativo robusto de medição do ruído de tráfego a nível nacional, as medições sonoras foram realizadas segundo as recomendações da norma alemã RLS-90 (DBV, 1990), uma vez que sua aplicabilidade no estudo de vias brasileiras foi validada em pesquisas anteriores ao presente trabalho em Diniz & Zannin (2005), Diniz (2003), Zannin *et al.* (2003), Calixto (2002) e Zannin *et al.* (2002).

Foram locados 24 pontos ao longo da via, espaçados entre si em 500,00 m, para realização das medições. O ponto 1 foi localizado no cruzamento ente o trecho urbano da BR-476 e o Contorno Sul, e assim sucessivamente.

As medições foram efetuadas em cada ponto, a 25,00 m perpendicularmente ao eixo da pista para emissão, e a 15,00 m perpendicularmente ao eixo da pista quando da ocorrência de recuos muito próximos de edificações, a

uma altura de 1,20 m, (Figura 2, a seguir), em um total de medições para cada ponto variando de 4 a 17, em função da variabilidade do fluxo viário ao longo do tempo. Estas foram realizadas simultaneamente para os dois sentidos de tráfego da via.

Em alguns locais o aparelho foi posicionado no canteiro central de divisão da via sentido Curitiba-Porto Alegre e a marginal oeste, em função da largura do mesmo e da distância máxima de medição de 25,00 m estipulada pela norma RLS-90.

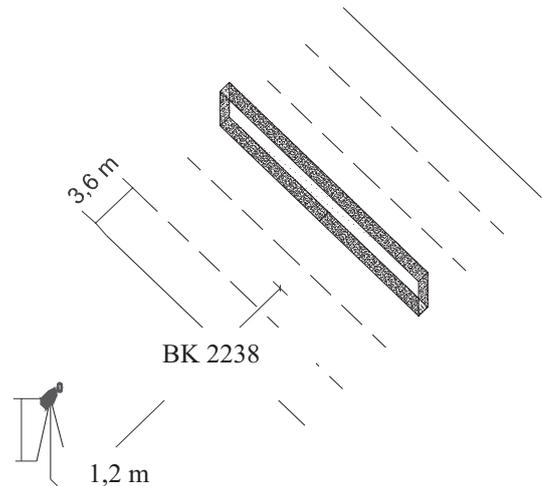


Figura 2: Esquema de Medição

As medições dos níveis sonoros foram realizadas com a utilização do medidor sonoro modelo BK 2238, classe I, fabricado pela *Brüel & Kjaer*, fixado em um tripé, com microfone tipo 4188 da *Brüel & Kjaer*.

Foram utilizados nas medições dois módulos aplicativos do medidor. O primeiro aplicativo denominado *ENCHANCED* (plataforma de análise BZ 7125), fornece o valor para o nível sonoro equivalente ( $L_{eq}$ ), valores de limite ( $L_{máx}$ ,  $L_{mín}$ ) e para os níveis estatísticos  $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$  simultaneamente, no período de medição observado, indicado especialmente para avaliação do ruído ambiental.

O segundo aplicativo denominado *LOGGING* (plataforma de análise BZ 7124), fornece o valor para o nível sonoro equivalente ( $L_{eq}$ ), valores limites ( $L_{máx}$ ,  $L_{mín}$ ) e calcula o *datalog* (medição em tempo real) para o período de medição observado em uma faixa de tempo real pré-estipulada.

O tempo de medição foi fixado em 5 minutos e foram realizadas no modo de resposta *fast* e avaliação na curva de ponderação A, em uma faixa dinâmica de 40 a 120 dB. A faixa de tempo real pré-estipulada para as

tomadas de medição do *datalog* foi de 1 segundo.

Todas as medições foram realizadas em boas condições meteorológicas (sem chuva e vento forte), com o aparelho portando um protetor de vento (*widescreen*), em trechos retilíneos com mais de duzentos metros, isentos de obstáculos passíveis de reflexão ou de redução de velocidade dos veículos.

Foram realizadas medições no período diurno (7:01 às 22:00 h) e no período noturno (22:01 às 7:00 h), com contagens de tráfego simultâneas, em diferentes horários e dias úteis da semana, para que se pudesse englobar o maior número de situações possíveis de composição do tráfego.

Foram realizadas um total de 184 medições e contagens manuais válidas para o período diurno e 92 para o período noturno.

#### 2.4. Tabulação dos Dados Coletados

De posse dos dados coletados em campo, a etapa seguinte foi a tabulação dos mesmos. Os dados de medição dos níveis sonoros foram classificados e submetidos a análise do software *EVALUATOR BK 7820* (programa de interface das plataformas BZ 7124 e BZ 7125).

Neste programa foram processados os cálculos dos valores médios para os níveis sonoros equivalentes ( $L_{eq}$ ), os níveis sonoros estatísticos ( $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$ ) e os valores limites de máximo e mínimo, para os períodos diurno e noturno de cada ponto.

Foram elaborados os gráficos de análise cumulativa dos níveis estatísticos, bem como de medição em tempo real (*datalog*) (Figuras 3, 4 e 5).

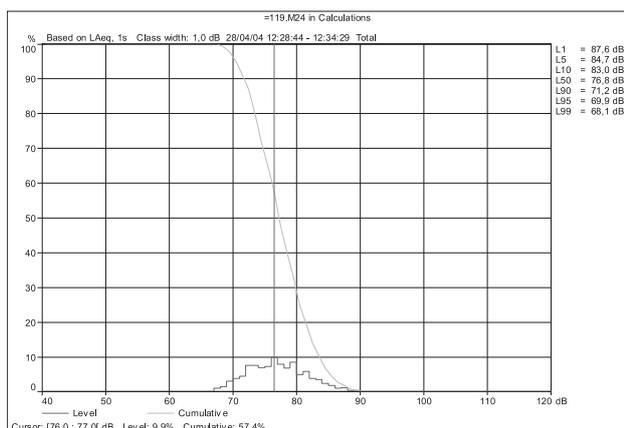


Figura 3: Gráfico de Análise Cumulativa dos Níveis Estatísticos para o Ponto 1, diurno

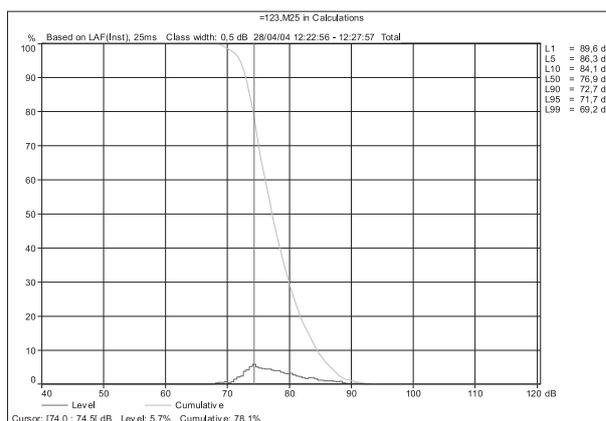


Figura 4: Gráfico de Análise Cumulativa dos Níveis Estatísticos para o Ponto 1, noturno

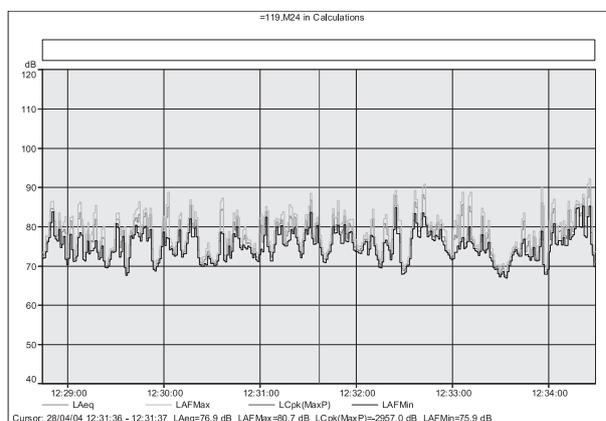


Figura 5: Gráfico de Medição em Tempo Real (*DATALOG*) para o Ponto 1

### 3. Resultados e Discussões

#### 3.1. Cálculos do $L_{np}$ e $TNI$

Aplicando os resultados modulados obtidos para o nível sonoro equivalente ( $L_{eq}$ ) e os níveis estatísticos ( $L_{10}$  e  $L_{90}$ ) na equação proposta por Beranek (1960) (ver equação 1) foram calculados os níveis de poluição sonora, utilizando os valores médios, para ambos os períodos.

O Índice de Ruído de Tráfego –  $TNI$  foi calculado utilizando a equação proposta por Griffiths & Langdon (1968) (ver equação 2).

As Tabelas 2 e 3, a seguir, apresentam os resultados para os cálculos do  $L_{np}$  e do  $TNI$ .

Tabela 2: *L<sub>np</sub>* e *TNI* calculados, período diurno

Ponto	<i>L<sub>np</sub></i>	<i>TNI</i>
1	91,50	88,40
2	93,70	91,90
3	95,70	84,00
4	91,10	87,60
5	87,90	81,80
6	92,10	88,40
7	86,70	76,90
8	84,90	76,10
9	88,40	84,70
10	90,80	92,70
11	76,10	65,80
12	81,30	69,80
13	82,00	72,90
14	87,30	79,90
15	85,30	78,20
16	85,50	79,60
17	81,00	72,60
18	84,40	81,10
19	88,00	83,10
20	84,60	82,60
21	85,00	75,00
22	85,20	81,00
23	88,60	91,20
24	84,00	72,20

21	82,00	80,70
22	85,80	89,50
23	87,00	86,80
24	81,40	71,20

Robinson (1971) recomenda um valor limite de 72 dB(A) para o nível de poluição sonora. Da análise das Tabelas 2 e 3, pode-se verificar que todos os valores calculados estão acima do valor recomendado, em média para o período diurno em 13 dB(A) e para o período noturno 11 dB(A). Como este nível é considerado um descritor ideal para avaliação do ruído comunitário, pode-se afirmar que pessoas residentes às margens da via em estudo são altamente incomodadas pelo ruído.

Schultz (1972) recomenda um valor limite de 74 dB(A) para o índice de ruído de tráfego. Da análise das Tabelas 3 e 4, pode-se verificar que, para o período diurno, cerca de 21% dos pontos não ultrapassam o valor recomendado, 46% dos pontos ultrapassam o valor recomendado em média 4 dB(A) e 33% dos pontos ultrapassam o valor recomendado em média 14 dB(A).

Para o período noturno cerca de 12% dos pontos não ultrapassam o valor recomendado, 25% dos pontos ultrapassam o valor recomendado em média 5 dB(A) e 63% dos pontos ultrapassam o valor recomendado em média 17 dB(A).

Como este nível representa a variabilidade do ruído em termos de níveis percentuais, pode-se afirmar que existe uma grande ocorrência, para ambos os períodos, de ruídos que são mascarados ao longo do tempo.

Estas afirmações podem ser corroboradas pela análise dos gráficos de análise cumulativa dos níveis sonoros estatísticos e medição em tempo real, gerados no software *EVALUATOR BK 7820*, onde, para o primeiro, observou-se que os níveis ultrapassados durante o período de medição variaram seus valores em torno do nível equivalente em média  $\pm 3$  dB(A).

Para os gráficos de medição em tempo real, verificou-se que os níveis sonoros para o período diurno ocorrem em uma faixa de 70-80 dB(A), com picos em média de até 90 dB(A), e para o período noturno em uma faixa de 50-70 dB(A), com picos em média de até 80 dB(A).

#### 4. Conclusões

Em relação à comparação dos níveis sonoros observados com valores recomendados pela Lei Municipal de Curitiba No. 10.625 (PMC, 2002), pelo HUD/USA (HUD,2002) e pela norma brasileira NBR 10.151 (ABNT, 2000), pode-se afirmar que a situação atual às margens da rodovia em estudo, em termo de emissão sonora, para ambos os períodos, é completamente inadequada, sendo considerada

Tabela 3: *L<sub>np</sub>* e *TNI* calculados, período noturno

Ponto	<i>L<sub>np</sub></i>	<i>TNI</i>
1	85,70	96,70
2	85,70	96,70
3	85,70	96,70
4	85,70	96,70
5	85,70	96,70
6	82,90	88,80
7	88,30	98,60
8	85,60	93,70
9	86,60	92,20
10	87,40	95,40
11	77,70	76,70
12	77,10	70,60
13	81,70	80,40
14	79,50	73,70
15	84,60	84,80
16	86,20	88,70
17	82,20	78,30
18	84,40	83,70
19	83,90	86,60
20	77,10	76,00

periculosa para o período diurno, ressaltando que a maior parte dos níveis equivalentes de pressão sonora está acima de 70 dB(A), que segundo a Organização Mundial de Saúde é considerado como o nível de desgaste do organismo, ou seja, trata-se de um ambiente altamente poluído acusticamente.

Os níveis sonoros para o período noturno foram os que mais ultrapassaram os valores limites normativos e legislados. Apesar deste fato ser esperado, uma vez que, os níveis propostos para o período noturno são sempre inferiores ao período diurno, valores elevados no período noturno são bem mais preocupantes do que no período diurno, pois para edificações residenciais implica uma maior exposição a estes níveis, em função da maior permanência nas edificações, bem como efeitos e prejuízos maiores, pois afetam os principais processos restauradores orgânicos e cerebrais.

Neste sentido, percebe-se que a funcionalidade estrutural e operacional de uma grande via (*greide* adequado, sinalização, existência de vias marginais etc.) não é sinônimo de funcionalidade ambiental, onde, para a via em questão, faz-se necessária a adoção imediatas de medidas mitigadoras.

#### Referências

- [1] ALVES FILHO, J. M.; *Influência da composição do Tráfego sobre o Ruído gerado por Rodovias*. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina, 96 p.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR-10.151: Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o Conforto da Comunidade*. Rio de Janeiro, 2000.
- [3] BERANEK, L. L. *Noise Reduction*. 1 ed. New York: McGraw-Hill, 758 p., 1960.
- [4] BERANEK, L. L. *Acoustical Measurements*. 3 ed. Massachusetts: Acoustical Society of America and American Institute of Physics, 855 p., 1993.
- [5] BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H. *Guidelines for Community Noise*. World Health Organization – WHO. Geneva, p. 1-21, 1999.
- [6] BROWN, A. L. *Exposure of the Australian Population to Road Traffic Noise*. Applied Acoustic, Australia, v. 43, p. 169-176, 1994.
- [7] CALIXTO, A. *O Ruído gerado pelo Tráfego de Veículos em “Rodovias-Grandes Avenidas”, situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, analisados sobre parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental*, Curitiba. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Paraná, 125 p.
- [8] DER BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR – DBV. *RLS/90: RICHTLINIEN FÜR DEN LÄRMSCHUTZ AN STRAßEN (Diretrizes para Controle do Ruído em Rodovias)*. Norma Alemã, Bonn, 1990.
- [9] DEPARTMENT OF HOUSING AND URBAN DEVELOPMENT – HUD. *The noise guide book*, 2 ed., Washington: HUD, 256 p., 2002.
- [10] DINIZ, F. B. *Impacto Ambiental Sonoro Gerado por Subestações de Energia Elétrica na Cidade de Curitiba*. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Paraná, 136 p.
- [11] DINIZ, F. B.; ZANNIN, P. H. T. *Calculation of Noise Maps Around*, Applied Acoustics (4), 467-477, 2005.
- [12] GARCÍA, A.; FAUS, L. J. *Statistical Analysis of Noise Levels in Urban Areas*. Applied Acoustics, Spain, v. 3, n. 91, p. 227-247, 1991.
- [13] GERGES, S. N. Y. *Noise in large cities in Brazil*. Journal of the Acoustical Society of America, Brazil, v. 115, n. 5, p. 2592-2593, 2004.
- [14] GOLEBIEWSKI, R.; MAKAREWICK, R.; NOWAK, M.; PREIS, A. *Traffic Noise Reduction due the porous Road Surface*. Applied Acoustics, Poland, v. 64, p. 481-494, 2003.
- [15] GRIFFITHS, I. D.; LANGDON, F. J. *Subjective response to road traffic noise*. Journal of Sound and Vibration, UK, v. 8, n. 1, p. 16-32, 1968.
- [16] JOHNSON, D. R.; SANDERS, G. *The Evaluation of Noise from freely flowing road traffic*. Journal of Sound and Vibration, UK, v. 7, n. 2, p. 287-309, 1968.
- [17] PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA – PMC, SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE – SMMA. *Lei No. 10.625, de 19 de Fevereiro de 2002: Dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem estar e do sossego público e dá outras providências*. Curitiba, 2002.
- [18] PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA – PMC, URBS. *Eixo Norte-Sul*. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/orgaos/urbs/>> Acesso em: 05 abr 2003.
- [19] PRIEDE, T. *The effect of operating parameters on sources of vehicular traffic*. Journal of Sound and Vibration, London, v. 43, n. 2, p. 239-252, 1975.
- [20] RAMALINGESWARA RAO, P.; SESHAGIRI RAO, M. G.; *Community Reaction to Road Traffic Noise*. Applied Acoustics, Indian, v. 37, p. 51-54, 1992.
- [21] ROBINSON, D. W. *Towards a unified system of noise assessment*. Journal of Sound and Vibration, UK, v. 14, n. 3, p. 279-298, 1971.
- [22] SATTLER, M. A. *Urban Noise Survey for the city Porto Alegre, Brazil*. 137<sup>th</sup> Meeting of the Acoustical Society of America – Fórum de Acústica, Berlim, p. 1-6, 1999.
- [23] SCHULTZ, T. J. *Community Noise Rating*. 2 ed. New York: Elsevier Applied Science, 415 p., 1972.
- [24] SCHOLES, W. E. *Traffic noise criteria*. Applied Acoustics, UK, v. 3, p. 1-21, 1970.
- [25] ZANNIN, P. H. T. *et.al. Environmental Noise Pollution in Residential Areas of the City of Curitiba*. ACTA Acustica, Brazil, v. 87, p. 625-628, 2001.

- 
- [26] ZANNIN, P. H. T. *et al. Environmental Noise Pollution in the city of Curitiba, Brazil.* Applied Acoustics, Brazil, v. 63, p. 351-358, 2002.
- [27] ZANNIN, P. H. T.; DINIZ, F. B.; FERREIRA, J. A. C. *Avaliação acústica da reurbanização da BR 116 - Eixo Metropolitano da Cidade de Curitiba.* Relatório Técnico, LAAICA/ UFPR, Brasil, p. 1-33, 2003.
- [28] WHITE, A. D.; COOPER, D. G. *An adaptive controller for multivariable active noise control.* Applied Acoustics, Great Britain, v. 17, n. 2, p. 99-109, 1984.
- [29] WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO (UK). *Résumé d'Orientation des Directives de l'OMS Relatives au Bruit dans l'Environmental.* Disponível em: <<http://www.who.int/home.page/>> Acesso em: 05 abr 2003.

# Acústica e Reciclagem de Edifícios: Estudo da Capela Santa Maria em Curitiba

Schmid, A.L.<sup>\*</sup>; Rocha, L. S.<sup>+</sup>; Prestes, M. F.<sup>+</sup>; Winck, S. S.<sup>+</sup>

<sup>\*</sup> Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, UFPR, Curitiba, PR, iso@ufpr.br

<sup>+</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, UFPR

## Resumo

O projeto se propõe a contribuir com a documentação de espaços para música em Curitiba, mediante sua caracterização arquitetônica (pesquisa documental, levantamento fotográfico, simulações e medições acústicas). Trata da Capela Santa Maria, local para música de câmara e canto coral, reinaugurado em janeiro de 2008. Foi mensurado o tempo de reverberação para diferentes bandas de oitava e comparado com resultados de simulação. A pesquisa é útil para promover o conhecimento dos espaços e a escolha mais adequada de apresentações musicais para esses locais, reunindo características estilísticas, e principalmente acústicas, às obras musicais com seus padrões de interpretação. Concluindo, similaridades e diferenças são interpretadas e comentadas, conduzindo a uma prática mais segura da modelagem e simulação dos ambientes. Este último deve ser considerado um procedimento em consolidação, principalmente pela dificuldade em encontrar valores de absorvidade dos materiais.

**Palavras-chave:** acústica, simulação, música, reciclagem e arquitetura

## 1. Introdução

A documentação e caracterização arquitetônica do edifício Capela Santa Maria se faz importante devido à reciclagem que esse edifício sofreu. O novo uso passa a ser uma sala para música, mais especificamente dos gêneros vocal e de câmara, e nos períodos medieval, renascentista e barroco. Dessa forma, questões técnicas foram avaliadas para verificar se o projeto acústico atendia esse novo uso. Para tanto, foi utilizado um programa para avaliação acústica, o Mestre, desenvolvido por um dos pesquisadores desse artigo, que permitiu a simulação do local através de modelagem dentro do programa, e também foram realizadas medições *in situ* para que se pudesse verificar a validade da simulação computacional.

### 1.1. Histórico da capela

O projeto da capela foi desenvolvido pelo arquiteto Eduardo Fernando Chaves em 1938, e a construção executada por João de Mío e concluída em 1939 [1].

Durante o período de construção da capela, havia no município um Plano de Urbanização, que previa edifícios em estilo Art Déco. No entanto, contrária a esta tendência, a capela do Instituto Santa Maria incorporou em sua composição elementos arquitetônicos de estilo neoclássico, com janelas emolduradas por arco pleno e diversos ornamentos [1].

A capela fazia parte do antigo Liceu Santa Maria, localizado na esquina da Rua Marechal Deodoro com Conselheiro Laurindo, no coração da cidade de Curitiba. O imóvel estava abandonado desde 1983, quando o

Colégio Santa Maria se mudou para o bairro São Lourenço. Em 1998, o espaço foi doado à Prefeitura da cidade, que a inseriu no Programa Marco Zero, que fomenta investimentos para aplicação exclusiva de recursos na região central com o objetivo de dinamizar sua ocupação. Como o imóvel está situado em meio a outros edifícios importantes como o Teatro Guaíra e o Conjunto Cultural da Caixa Econômica Federal [1] a opção foi pela reciclagem da edificação, transformando-a em espaço cultural.

Enquanto paredes e teto foram recuperados em sua pintura mural, rebaixou-se o piso em direção ao antigo subsolo, aumentando o pé-direito, e conseqüentemente o volume interno.

Durante o processo de projeto da reciclagem, o isolamento acústico dos vitrais originais, defronte a uma rua movimentada, constituiu um primeiro desafio. Outro surgiu das proporções da nova volumetria, da ordem de 5200m<sup>3</sup> para um público de 300 pessoas, considerando-se a abrangência do repertório pretendido: sede simultânea da Camerata Antiqua e da Orquestra de Câmara de Curitiba.

O repertório do primeiro conjunto pede espaços por vezes muito reverberantes (na música coral da Renascença). O segundo conjunto pede ora mais clareza (repertório não sinfônico dos séculos XVII e XX), ora mais brilho e calor (romantismo, séc. XIX). Embora o domínio sobre a clareza seja fundamental, a beleza de timbre na orquestra de cordas constitui importante preocupação, evitando exagerada absorção de graves.

Um dos autores, como consultor da obra, emitiu a

recomendação de condições acústicas variáveis, mediante uso de longas cortinas que contrastassem com as superfícies reflexivas por elas encobertas, e observando-se as restrições devidas ao caráter histórico do espaço. No entanto, a obra foi completada sem necessária consideração de tais recomendações.

Como resultado, tem-se observado nas apresentações de música algumas características:

- considerável brilho;
- calor sem chamar a atenção;
- timbre estridente no piano (apesar de se tratar de instrumento novo e de alta qualidade);
- falta de clareza para se ouvir narração
- aparente ausência de posições acusticamente privilegiadas para os ouvintes, embora a visibilidade do palco seja comprometida em praticamente todos os lugares sobre as frisas.

Para avaliar de forma mais objetiva as características acústicas do espaço, qual construído, foi feita a medição *in situ* do tempo de reverberação, assim como a simulação computacional no Mestre. As medições refletem o resultado geral; já as simulações, uma vez coerentes com estas medições, revelam detalhes de influência sobre o resultado final.

## 2. Desenvolvimento do estudo



Figura 1: Medição *in situ*

Para a medição do tempo de reverberação *in situ*, foi utilizada uma fonte dodecaédrica, apoiada num tripé, que ligada a um computador portátil emitia o ruído rosa. Esse sistema foi instalado no centro do palco (figura 1) e a medição da emissão do ruído ruído rosa se deu ao centro da platéia pelo analisador Acoustilyzer (figura 2). Foram realizados 4 ciclos de medição, (gráficos 1 e 2), tendo sido as portas do ambiente totalmente fechadas e a platéia mantida vazia durante o medição.

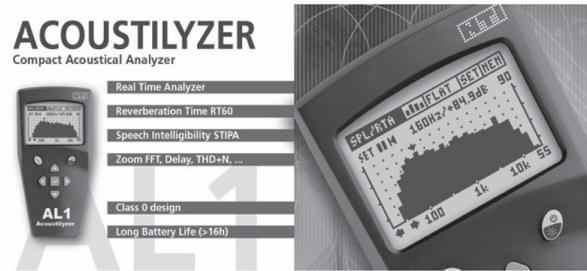


Figura 2: Analisador acústico compacto

### 2.1 Resultados obtidos da medição

Os resultados da medição de tempo de reverberação (RT60) entre as bandas de oitava de 125 Hz a 8000 Hz estão representados no Gráfico 1 e no Gráfico 2.

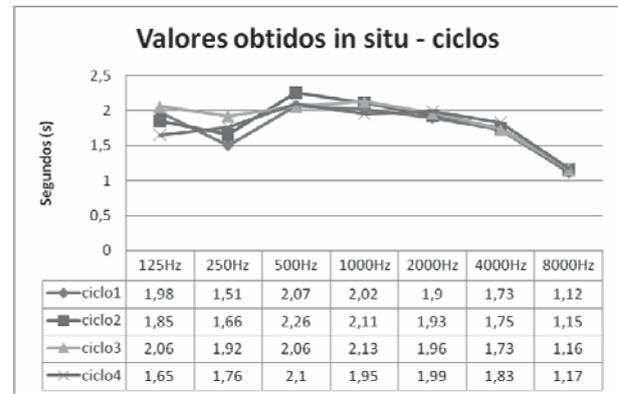


Gráfico 1: Resultados obtidos da medição de 4 ciclos, RT60

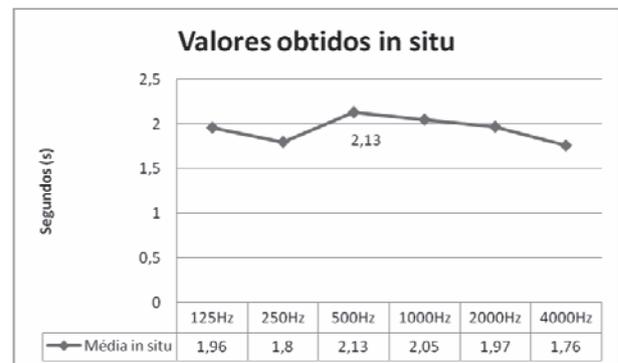


Gráfico 2 : Resultados obtidos da média dos ciclos de medição, RT60

### 2.2 Materiais de revestimento interno considerados no interior da Capela.

Para análise computacional das condições acústicas do interior da capela foram considerados os seguintes materiais: assoalho flutuante (piso de madeira); painel de compensado; madeira compensada de espessura 3mm, afastada de 50mm da parede; alvenaria; superfície

de concreto; vidros (vidraça de janela); cadeira estofada chata, com tecido, vazia; cortina de veludo; porta de madeira fechada; assoalho sobre laje; compensado sobre laje; estuque e músicos.

Os coeficientes de absorção sonora destes materiais foram utilizados de acordo com o indicado na NBR12179 de 1988 – tratamento acústico em recintos fechados [2]. A norma utiliza a tabela de Hans W. Bobran, conforme descrito na Figura 2, e observado na Figura 3.

63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz		
0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0	0
0.20	0.25	0.20	0.10	0.03	0.02	0.02	0	0
0.20	0.25	0.34	0.18	0.10	0.10	0.05	0	0
0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.06	0	0
0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.07	0	0
0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0	0
0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0	0
0.13	0.13	0.15	0.20	0.23	0.25	0.27	0	0
0.10	0.14	0.35	0.55	0.72	0.70	0.65	0	0
0.10	0.14	0.10	0.06	0.06	0.10	0.10	0	0
0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.06	0.07	0	0
0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.06	0.07	0	0
0.03	0.03	0.03	0.04	0.07	0.07	0.07	0	0
0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.50	0	0

(1)	assoalho flutuante (pisso de madeira rbr)
(2)	painel de compensado
(3)	madeira compensada 3mm, afast 50mm da parede
(4)	alvenaria (rbr)
(5)	superf. concreto (rbr)
(6)	vidros (vidraça de janela rbr)
(7)	teto suspenso gesso (rbr)
(8)	cadeira estofada chata, c tecido vazia (rbr)
(9)	cortina veludo
(10)	porta de madeira fechada
(11)	assoalho sobre laje
(12)	compensado sobre laje
(13)	estuque (rbr)
(14)	místicos

Figura 3: Materiais e seus coeficientes de absorção sonora utilizados



Figura 4: Interior da capela, vista a partir do palco

### 3. Programa Mestre

Como exposto em Schmid (2006) [3], os módulos de acústica arquitetônica e auralização do sistema Mestre foram desenvolvidos entre meados de 2005 e 2006 com a finalidade da predição da acústica de ambientes para música. Sobre a mesma plataforma de modelagem de sólidos já existente no Sistema Mestre para análise do desempenho térmico e da iluminação em edifícios, implementaram-se diferentes classes, num primeiro módulo destinado à análise acústica. A base foi um algoritmo do tipo *image-source* (domínio vetorial da propagação do som) combinado a uma extrapolação mediante consideração da energia difusa (domínio escalar da propagação do som). Este módulo permite cálculo de respostas impulsivas de ambientes, do tempo de reverberação, dos coeficientes de clareza (C080) e

*initial time delay gap*, para qualquer par de localizações fonte/ouvinte. Um módulo posterior associa mediante convolução as respostas impulsivas e os registros sonoros anecóicos, ambos tomados no domínio da prevista para o ambiente, permitindo correções de materiais e geometria.

#### 3.1 Resultados obtidos pelo programa

Os resultados da simulação de tempo de reverberação (RT60) entre as bandas de oitava de 63 Hz a 4000 Hz, estão representados no Gráfico 3. A faixa de frequência difere daquela para as medições em virtude da disponibilidade de informações sobre os materiais considerados.

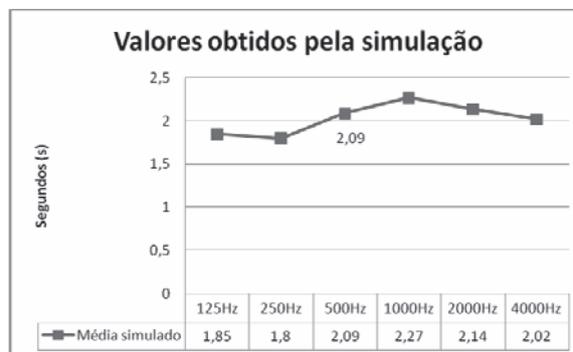


Gráfico 3: Resultados obtidos pela simulação no Mestre RT60

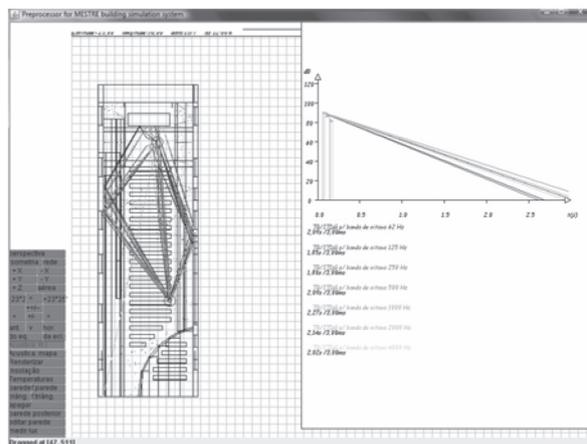


Figura 5: Modelo da capela no sistema Mestre

#### 3.2 Comparação entre valores medidos in situ e valores obtidos pela simulação

De acordo com o Gráfico 4 e a Tabela 1, observa-se que, comparando os valores medidos *in situ* com os valores obtidos através da simulação no Mestre, há uma aproximação de resultados que varia entre 105,9% e 87,1%, com uma média geral de 96,2%.

Para as frequências graves (125, 250 e 500Hz), a simulação obteve valores inferiores àqueles da medição e para as frequências agudas (1000, 2000 e 4000Hz) a simulação obteve valores superiores e também mais

distantes daqueles da medição.

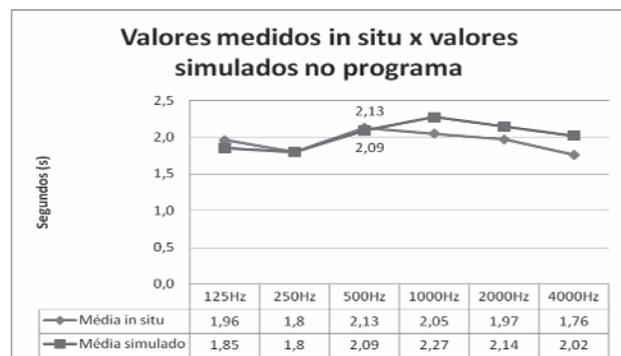


Gráfico 4: Comparação dos resultados obtidos *in situ* x simulação no Mestre - RT60

Tabela 1: Tempos de Reverberação RT60 medidos simulados e comparados

Nível	Valores medidos <i>in situ</i>	Valores obtidos pela simulação mestre	Aproximação entre os valores medidos x simulação (%)
			RT60
125Hz	1,96	1,85	105,95%
250Hz	1,8	1,8	100,00%
500Hz	2,13	2,09	101,91%
1000Hz	2,05	2,27	90,31%
2000Hz	1,97	2,14	92,06%
4000Hz	1,76	2,02	87,13%
8000Hz	1,15	não obtido	não considerado
Média de aproximação:			96,23%

Analisando os gráficos (*in situ* e simulação), observou-se ainda que para a frequência de 250Hz há um decaimento no tempo de reverberação, que pode ser explicado por um efeito de armadilha acústica. O material madeira compensada de 3mm, a 50mm da parede, espaço vazio (material 3), conforme a Figura 2, tem um pico de absorção para esta frequência, o que pode explicar esta armadilha.

#### 4. Conclusões ou considerações finais

Os resultados apontam para a existência de um relativamente alto tempo de reverberação, que torna a Capela um espaço para música diferenciado da maior parte daqueles existentes em Curitiba. No entanto, a completa caracterização requer uma análise com o auditório lotado. Ainda que exista uma boa aproximação entre os valores estimados no programa Mestre e os valores finais medidos *in situ*, pensam os autores que as

principais diferenças são fruto de uma indefinição ou incerteza dos coeficientes de absorção sonora considerados para os diversos materiais utilizados nos revestimentos, face à impossibilidade de modelagem da situação real aplicada em obra e a delimitação e generalização dos materiais previstos na Norma Técnica utilizada. Ainda, deve-se mencionar a existência de dificuldades em relação à representação gráfica pelo programa Mestre, já que o aumento de detalhes cria sobrecarga de processamento.

#### Referências

- [1] Boletim Casa Romário Martins. Música na Capela de Santa Maria: história, arquitetura e revitalização/ textos por Rosianne Pazinato da Silva, Ivilyn Weigert, Nancy Valente e Miguel Gaissler. - Curitiba: Fundação Cultural de Curitiba, v. 31, n. 136, dez. 2007.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12179**: tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1988.
- [3] Schmid, A. L. Acústica arquitetônica e auralização no sistema Mestre de simulação de edifícios. Sobrac, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 51-59, 2006.
- [4] Granado Jr, Milton Vilhena; Bistafa, Sylvio Reynaldo. Simulação acústica de teatros com programa comercial de traçado de raios – relato de uma experiência. Encac–Cotedi 2003 – VII Encontro nacional sobre conforto no ambiente construído e III conferência latino-americana sobre conforto e desempenho energético de edificações, Curitiba, 5 a 7 de novembro de 2003.

# Percepção Sonora em Duas Áreas Verdes de Curitiba: Indicadores de Tolerância ao Ruído nos Espaços Públicos

Szeremeta, Bani; Pierin, David Piovezan ; Zannin, Paulo Henrique Trombetta.  
Laboratório de Acústica Ambiental – Industrial e Conforto Acústico – Universidade Federal do Paraná.  
e-mail: banibio@yahoo.com.br; zannin@ufpr.br

## Resumo

Muitos são os fatores ambientais que influenciam na percepção das pessoas em relação ao ambiente sonoro. Assim, a paisagem sonora não deve ser estudada apenas através de estímulos mensuráveis, mas também considerar os parâmetros sensíveis, como a representação e percepção coletivas e individuais desse ambiente associadas a outros múltiplos fatores ambientais. Portanto, este estudo tem como objetivo observar a percepção sonora dos usuários dos espaços públicos, num ambiente urbano, do ponto de vista da intersensorialidade. Para isso foram realizadas análises por meio de dois tipos de dados: 1) quantitativos – levantados através de medições acústicas em campo e; 2) qualitativos – considerados a partir de entrevistas com os usuários destas áreas e análise do entorno dos parques. A análise demonstra que os usuários são tolerantes em relação ao nível de ruído produzido pela malha viária do entorno dessas áreas.

**Palavras-chave:** Espaços públicos, paisagem sonora, percepção

## 1. Introdução

A paisagem sonora ou ambiente sonoro de uma cidade é um importante indicador ambiental de qualidade de vida urbana<sup>1</sup>. Entretanto, com o contínuo avanço do processo de industrialização e sua efetiva introdução social, a paisagem sonora urbana vem sofrendo significativos impactos negativos com o evolutivo aparecimento de sons criados pelo próprio homem, provindos deste avanço tecnológico<sup>2</sup>.

Este fato gerou um diversificado meio de sons desagradáveis e prejudiciais à saúde, identificados principalmente nas atividades de lazer, profissionais e de transporte (tráfego), resultando-se na degradação e comprometimento da qualidade de vida principalmente dos cidadãos urbanos, gerando irritabilidade, problemas de comunicação e o desencadeamento de doenças, que, com isso, alteram e prejudicam o convívio social<sup>3</sup>.

A Organização Mundial da Saúde<sup>4</sup> classifica a poluição sonora como uma das três mais graves desta década, somente atrás da poluição da água e do ar.

Por conseqüência, ocorreu um aumento na preocupação de pesquisadores e da sociedade em geral quanto a esta questão, havendo um acréscimo no desenvolvimento de pesquisas e criação de leis e normas para amenizar o impacto destes sons desagradáveis no meio social, enfatizando o combate em relação a este tipo de poluição tão atual e devastadora, a chamada poluição sonora<sup>5,6,7,8,9,10,11,12,13,14</sup>. Este trabalho investiga o ambiente sonoro de dois parques urbanos da cidade de Curitiba (Passeio Público e Jardim Botânico) e analisa qual a percepção de seus usuários em relação a esse ambiente. O critério de escolha destes parques baseia-se

principalmente no fato deles estarem situados em áreas estritamente urbanas, circundados por vias de intenso tráfego veicular, havendo a hipótese do incômodo dos usuários destas áreas.

Vale destacar, que a noção de incômodo sonoro depende fundamentalmente das circunstâncias, do objeto de atenção e interesse de determinada pessoa ou grupo, ou da atividade praticada. Ou seja, a percepção da paisagem sonora não ocorre isoladamente, através apenas dos níveis de ruído, pois o cidadão exposto ao som também está diante a vários componentes ambientais, sociais, culturais, entre outros. Assim, múltiplas condições ocorrem de forma simultânea, o que demonstra o estado de *intersensorialidade* que caracteriza a relação entre usuário e ambiente<sup>15</sup>.

A importância de se fazer esta pesquisa em parques está no fato deles serem redutos de áreas verdes no meio da malha urbana e serem muitas vezes utilizados para atividades de lazer, descanso, atividades físicas e de preservação ambiental.

Sem dúvida os parques urbanos têm grande importância para a qualidade de vida de uma região, porém a qualidade dos parques em si é prejudicada pelas atividades que ocorrem em seu entorno e pouca ou nenhuma atitude é tomada pelas organizações responsáveis.

Assim sendo, o presente estudo busca avaliar a paisagem sonora de parques públicos de Curitiba, por meio da realização de medições acústicas em campo e através da prática de entrevistas com os usuários destas áreas, procurando conhecer como estes percebem a paisagem sonora local.

## 2. Materiais e Métodos

Este trabalho foi realizado na cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná, a qual é conhecida nacionalmente e internacionalmente, em função de sua tradição na preservação de áreas verdes<sup>16</sup>.

A tabela 1 apresenta a área dos dois parques selecionados para esse estudo, ano de fundação e suas distâncias em relação ao centro da cidade.

Tabela 1: Área e distância do centro da cidade dos parques listados de acordo com o ano de fundação

Parque Urbano	Ano de Fundação	Área (m <sup>2</sup> )	Distância do Centro (km)
Passeio Público	1886	69.285	No Centro
Jardim Botânico	1991	270.000	2.50

### 2.1 Dados Acústicos e Dados Espaciais

As medições acústicas visaram avaliar e analisar principalmente a influência do tráfego veicular do entorno na paisagem sonora dos parques. Através de análise de carta topográfica e fotografia aérea foram escolhidos os locais e número de pontos a serem medidos. As medições foram feitas nas trilhas ou pistas (tipo ciclovia) por onde os frequentadores circulam ou desenvolvem suas atividades. Desse modo, a locação e quantidade de pontos medidos foram definidas de modo que abrangessem a totalidade da área interna dos parques e que representassem os locais de permanência e caminho dos usuários.

Foram efetuadas várias medições de diferentes descritores acústicos, entre eles: nível sonoro equivalente ( $L_{\text{aeq}}$ ), o nível sonoro máximo ( $L_{\text{Max}}$ ) e o nível sonoro mínimo ( $L_{\text{Min}}$ ). Para isso foram utilizados medidores sonoros da marca Brüel & Kjaer, modelo 2238 e 2260. Todas as medições foram realizadas em dias úteis da semana (segunda-feira e quarta-feira), no mês de maio de 2006, das 14:00 às 18:00 horas. O tempo de medição em cada ponto foi de 10 minutos, em dias com condições climáticas ausentes de chuva e vento forte. Para todo procedimento de medição foram seguidos o que prescrevem as normas ISO 1996<sup>17</sup> e NBR 10151<sup>18</sup>.

Em laboratório os dados medidos foram repassados para o software "Evaluator" (BK7820) que permitiu a análise dos mesmos. A partir da análise desses resultados, os níveis sonoros ( $L_{\text{Aeq}}$ ) foram comparados com o nível de 65dB(A) que a medicina preventiva estabelece como o nível máximo de ruído que um cidadão pode se expor em áreas urbanas (limiar do dano à saúde)<sup>19</sup> e com a legislação municipal 10.625, que estabelece 55 decibéis (dB[A]) como o nível máximo permissível no período diurno para áreas verdes (AV)<sup>20</sup>.

Com o mesmo software foi realizada uma média dos níveis sonoros medidos em cada parque, obtendo-se um valor único de nível sonoro, que também foi comparado com os mesmos índices anteriormente citados. Por fim, foi feito o cruzamento desses resultados com os resultados do levantamento qualitativo e análise da tipologia do parque e seu entorno imediato.

Para o conhecimento dos dados espaciais foram analisadas as características do entorno imediato e da tipologia do interior de cada parque.

### 2.2 Entrevistas

Para a realização das entrevistas foi confeccionado um questionário que visou identificar os aspectos da percepção do ambiente sonoro dos parques por parte dos seus usuários. As entrevistas foram realizadas de modo aleatório, simultaneamente às medições, por outros cinco entrevistadores. Um total de 156 participantes respondeu as questões, 91 no Jardim Botânico e 65 no Passeio Público.

O questionário foi preparado com base na metodologia testada e validada por Pereira (2004)<sup>15</sup> para o estudo de percepção sonora em espaços públicos na cidade do Rio de Janeiro. Este consistiu em 5 questões (1 a 5) abertas e 2 fechadas na escala de Likert (6 e 7):

- 1- Na sua opinião, quais são os aspectos agradáveis do parque?
- 2- Quais são os aspectos desagradáveis do parque?
- 3- Com relação aos sons que você está ouvindo, quais deles você consegue identificar?
- 4- Quais sons você considera agradáveis?
- 5- Quais sons você considera desagradáveis?
- 6- O que você acha do volume do som ambiente?
- 7- Este volume te incomoda?

As entrevistas foram realizadas sem citar o termo ruído de modo a não induzir as respostas a esta questão, substituindo a palavra ruído (conotação negativa) por som (conotação neutra).

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Dados Acústicos

Foram avaliados 15 pontos em cada área verde, totalizando-se assim 5 horas de medições. Ambos os parques apresentaram médias espaciais de níveis de pressão sonora bem acima do valor de 55 dB(A), nível estabelecido pela lei municipal 10.625 como o limite permitido para tais áreas no período diurno.

O parque Jardim Botânico apresentou uma média espacial de nível sonoro de 62 dB(A) e o Passeio público média de 64 dB(A). Os níveis máximos (em

( $L_{acq}$ ) de ruído nesses locais variam entre 66 dB(A) a 90 dB(A), todos superiores ao nível máximo que um cidadão pode se expor sem risco a saúde em áreas urbanas.

Esses resultados são explicados pelo fato destes parques estarem praticamente cercados por vias de intenso fluxo de veículos, e apesar de serem áreas verdes e presumidamente se exigir critérios para suas conservações, a maior parte dos seus espaços fazem fronteira com áreas de diferentes usos (zoneamento). O que, pelo histórico da criação dos parques de Curitiba, deixa evidente o cunho especulativo imobiliário que ocorre no entorno imediato a estas áreas<sup>21</sup>.

Especificando, o Jardim Botânico faz fronteira com zonas residenciais mistas, especiais e de transição da BR 116. Já o Passeio Público situa-se numa zona central. Considerando-se que um outro estudo<sup>14</sup> constatou níveis médios de imissão sonora de aproximadamente 73 dB(A) nessas áreas do entorno, e a lei municipal prescreve para as mesmas limite de 65dB(A) no período diurno (10 decibéis acima do que é permitido nos parques), percebe-se facilmente que a falta de critérios e planejamento compatíveis com o conforto acústico da população resulta na inviabilidade do cumprimento das leis estabelecidas.

Ou seja, se na política de implantação dos parques em áreas de desenvolvimento urbano recente fossem estabelecidos critérios para o uso do solo do entorno, poderia se adequar estes parques, próximos de outras áreas também sensíveis à poluição sonora, estabelecendo o que poderíamos chamar de uma *zona de amortecimento sonoro*<sup>22</sup>.

Por fim, observa-se que em ambos os parques estudados, o zoneamento ambiental e urbanístico, o uso do solo, as vias de tráfego, as ruas residenciais e o uso da vegetação interferem significativamente na paisagem sonora destes espaços públicos.

### 3.2 Entrevistas

As respostas das questões abertas (1 a 5) foram codificadas para análise do discurso dos entrevistados (análise fatorial). Nas duas primeiras perguntas, a codificação fundamentou-se na *evocação espontânea* de qualquer componente associado ao ambiente sonoro, assim como na *natureza* dessa evocação. No caso das questões 3, 4, e 5, codificaram-se as *categorias* das fontes sonoras citadas, com base na primeira evocação, já que na maioria dos casos a pessoa mencionava mais de uma fonte sonora.

Analisando-se o conteúdo das respostas, nota-se claramente a tolerância dos usuários dos parques, em relação ao nível de ruído de fundo emitido pelo tráfego do entorno imediato. Nas tabelas 2 a 5 podem ser vistos os resultados das respostas a essas questões.

Tabela 2: Evocação espontânea do ambiente sonoro (questões 1 e 2)

Questão	Evocação espontânea %	
	Sim	Não
1. Na sua opinião, quais são os aspectos agradáveis deste lugar?	21,7	78,3
2. E quais os aspectos que você considera desagradáveis?	5	95

Tabela 3: Identificação de sons (questão 3)

Categoria (primeira evocação)	%
Pássaros	46,8
Tráfego	30,7
Água	5,8
Vento	4,5
Pessoas	3,3
Outros animais	3,3
Avião	1,3
Sirene Ambulância	1,3
Trem	0,6
Rádio	0,6
Silêncio	0,6
Serra elétrica	0,6
Cortador de Grama	0,6

Tabela 4: Sons Agradáveis (questão 4)

Categoria	%
Pássaros	71
Água	8,2
Vento	7
Nenhum	5,5
Outros animais	4,5
Pessoas	1,3
Tráfego	1,3
Rádio	0,6
Silêncio	0,6

Tabela 5: Sons Desagradáveis (questão 5)

Categoria	%
Tráfego	49,5
Nenhum	36,5
Trem	5,1
Pessoas	4,5
Sirene	2,5
Cortador de Grama	1,3
Animais	0,6

As questões 6 e 7 indicam ao entrevistado, cada uma, um padrão de 4 opções possíveis de resposta, numa escala crescente, como está demonstrado nas figuras 1 e 2.

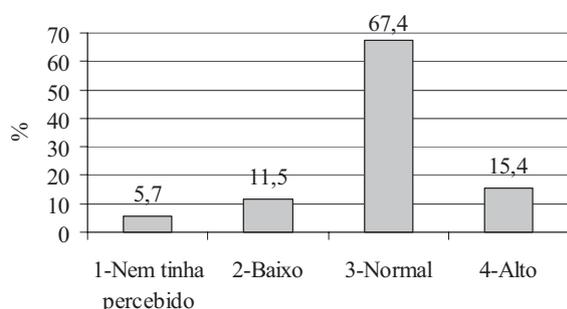


Figura 1: Avaliação do Nível Sonoro ambiente

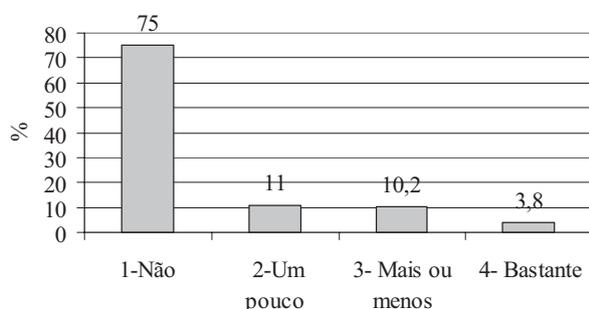


Figura 2: Incômodo relacionado ao nível sonoro ambiente

As correlações dos dados obtidos no presente estudo apresentaram-se significativas para a avaliação da tolerância relativa aos níveis de ruídos nos espaços públicos pesquisados.

As questões 1 e 2 demonstram nitidamente essa tolerância por parte dos entrevistados: primeiro pelo baixo índice de evocação espontânea do ambiente sonoro (26,7%), segundo, porque ocorreram mais menções referentes ao ambiente sonoro para os aspectos agradáveis (34 ocorrências) do que para os aspectos desagradáveis (8 ocorrências). Na primeira questão (aspectos agradáveis), dos 21,7% que evocaram a paisagem sonora, 19 se referem à tranquilidade do local, 13 ao canto dos pássaros e 2 ao silêncio. Na segunda questão (aspectos desagradáveis), somente 5% dos entrevistados mencionam aspectos sonoros, dos quais 6 se referem ao ruído de tráfego e 2 mencionam o barulho de máquinas de cortar grama utilizadas por funcionários dos parques. Na impressão geral, o aspecto considerado como mais agradável do parque foi a vegetação (56%), e os aspectos indicados como mais desagradáveis foram a presença de desocupados (28%) e falta de infraestrutura (12%), no entanto, 43% afirmaram que não há nada desagradável no ambiente.

Na questão 3 (identificação de sons), a prevalência do som do canto de pássaros aparece com clareza, com

46,8% das menções, e em seguida aparece, com 30,7% das menções, o ruído de tráfego das vias do entorno imediato. É válido lembrar que nessa questão a maioria dos entrevistados identificou várias fontes, sendo considerada para efeito de análise do discurso, a primeira fonte citada. Quando considerada todas as menções de cada um dos respondentes, a frequência de identificação referente ao ruído de tráfego aumenta significativamente para 75%, mas o som de pássaros ainda continua com uma frequência ligeiramente superior, com 81,4% das evocações. Isso mostra que quase sempre que o ruído de tráfego foi mencionado, a maioria das pessoas mencionou juntamente o som do cantar dos pássaros. Quando algumas pessoas justificavam de forma espontânea essas respostas, da questão 3, essas tinham considerações muito semelhantes: insinuavam que o ruído podia ser ouvido com menor intensidade, porém pelo fato de estarem no interior do ambiente do parque e terem diante de si uma bela natureza com aves cantando, era quase inconsciente que o foco de atenção voltasse para o canto destes animais em detrimento dos sons urbanos.

Os sons mais mencionados como agradáveis foram os pássaros (71%) e como desagradáveis o ruído de tráfego (49,5%). Esses dados são significativos, considerando-se o contraste dessas prevalências com o baixo índice de evocação espontânea nas duas primeiras questões, principalmente em relação ao ruído de tráfego, já que apenas seis pessoas se referiram a esta fonte sonora na questão 2 (aspectos desagradáveis). Outra análise, que reforça essa noção de tolerância ao ruído, é comparar as questões 4 e 5, já que ocorre uma maior distribuição de frequência nas categorias de sons agradáveis do que para os sons desagradáveis, além das menções a *nenhum som desagradável* (36,5%) serem superiores a *nenhum som agradável* (5,5%).

Por fim, as questões 6 e 7 demonstram nitidamente o alto nível de tolerância das pessoas entrevistadas com relação aos níveis de ruído ambiente. Uma vez que apresentam 84,6% de atribuições *normal*, *baixo* ou *não percebido* para o nível sonoro do ambiente, e 75% de declarações de *não-incômodo*, respectivamente.

#### 4. Conclusão

Os resultados mostram a importância de se analisar o ambiente sonoro do ponto de vista da intersensorialidade. Pois como constatado nas medições e na análise espacial dos ambientes dos parques, os níveis de ruído são bastantes elevados, no entanto as pessoas demonstraram alto grau de tolerância, mostrando que o nível de incômodo de uma população não está apenas ou basicamente associado aos níveis mensuráveis.

Como vimos no presente estudo, analisando o discurso dos entrevistados seja formalmente ou informalmente, várias são as condições que influenciam na percepção

do ambiente sonoro, favorecendo uma maior tolerância ao ruído. Por exemplo, muitos entrevistados mencionam que questões como a segurança dos parques e iluminação são mais importantes que o ruído, já que comparando o ambiente dos parques com os demais locais urbanos, esse ainda seria sempre o lugar mais agradável (condição sócio-cultural). Outros ainda dizem que se consideram acostumados com o ruído, pelo fato de não “enxergarem” muitas soluções para se evitar a poluição sonora dos veículos (condição cultural). Ainda outras pessoas indicam que a vegetação do parque associada com seus outros aspectos naturais, como por exemplo, a presença do canto de pássaros, lhes traz uma sensação de tranquilidade e não incômodo apesar da presença do ruído do entorno (condição ambiental).

Assim sendo, o estudo e a identificação eficiente de fatores que condicionem uma maior tolerância ao ruído, podem se tornar uma importante ferramenta para definir um projeto urbano compatível com as funções e usos de espaços públicos de lazer, assim como o meio urbano em geral. A assimilação destes fatores demonstra também a grande importância da interdisciplinaridade no estudo das diferentes paisagens sonoras.

Desse modo, esse estudo buscou apenas ter uma primeira impressão da relação do ambiente sonoro dos parques com seus frequentadores. Certamente outros estudos e análises cada vez mais aprofundados, envolvendo profissionais de diferentes campos de conhecimento, devem fornecer ainda várias outras informações e interpretações sobre as condições que favorecem um melhor conforto acústico nos parques e em outros espaços públicos, mostrando a riqueza do assunto e a complexidade da relação do homem com o ambiente sonoro.

#### Referências

- [1] PEREIRA, M. Percepção Sonora no Espaço Público: Indicadores de Tolerância ao Ruído na Cidade do Rio de Janeiro. Anais do ENCAC – ELACAC 2003, Curitiba, PARANÁ, Brasil – 5 a 7 de novembro, p. 779-786.
- [2] ZANNIN, P.H.T.; DINIZ, F.B.; BARBOSA, W: Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil. Applied Acoustics, v. 63, p. 351-358, 2002.
- [3] PIMENTEL-SOUZA, F. Efeitos do ruído estressante. Anais da 49ª REUNIÃO Anual da SBPC, Belo Horizonte: SBPC.1997.
- [4] WHO (World Health Organization): Guidelines for Community Noise, WHO-expert task force meeting held in London, April, UK, 1999.
- [5] SADAN, A.A.; AYORINDE, E.O.; OGISI, F.O. Road traffic noise survey and analysis of source major urban centers in Nigeria. Noise Control Engineering Journal, v. 46, p.146-158, 1998.
- [6] BROWN, A. L. Exposure of the Australian Population to Road Traffic Noise. Applied Acoustic, v. 43, p. 169-176, 1994.
- [7] CHAKRABARTY, D. Status of road traffic noise in calcutá metropolis, Índia. Journal Acoustic Soc.Amer. 101. 934-949, 1997.
- [8] ARANA, M. A social survey on the effects on environmental noise on the residents of Pamplona, Spain. Applied Acoustics 53, 245-253, 1998.
- [9] PANDYA, G.H. Urban noise – A need for acoustic planning. Environmental Monitoring and Assessment, v. 67, p. 379-388, 2001.
- [10] ZANNIN, P. H. T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; FERREIRA, J. A.; SCHUHLLI, R.B. Incômodo causado pelo Ruído Urbano à população de Curitiba, PR. Revista de Saúde Pública, v. 36, n. 4, p. 521-524, 2002.
- [11] ZANNIN, P. H. T.; SZEREMETA, B. Avaliação da Poluição Sonora no parque Jardim Botânico de Curitiba, Paraná, Brasil. Cadernos de Saúde Pública, v. 19 n. 2, p. 683-686, 2003.
- [12] BRAMBILLA, G. Noise and soundscape in Rome. 147º Meeting of the Acoustical Society of America. New York, p. 24-28, may. 2004.
- [13] YANG, W.; KANG, J. Acoustical comfort evaluation in urban open public spaces. Applied Acoustics, v. 66, p 211-229, 2005.
- [14] ZANNIN, P. H. T.; FERREIRA, A.M.C.; SZEREMETA, B. Evaluation of noise pollution in urban parks. Environmental Monitoring and Assessment, 118: p. 423-433, 2006.
- [15] PEREIRA, M. Environnement sonore des espaces publics urbains: perception et indicateurs à Rio de Janeiro. Cahiers d'études et travaux de l'Ecole Doctorale TESC (Temps, Espaces, Sociétés, Cultures) - L'espace public en question : usages, ambiances et participation citoyenne. Université de Toulouse - Le Mirail, v.1, p. 57-61, 2004.
- [16] IPUCC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Histórico de dados do município de Curitiba. Curitiba, p. 163, 1996.
- [17] ISO- INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARTIZATION. ISO 1996-1, Acoustics - Description and measurement of environments noise - Part 1: Basic quantities and procedures. Geneva, 1996.
- [18] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-10.151: Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.
- [19] MASCHKE, C. Preventive medical limits for chronic traffic noise exposure. Acoustic, 85: 448, 1999.
- [20] CURITIBA. Lei nº 10.625, de 19 de dezembro de 2002. Dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem estar e do sossego público e dá outras providências. Câmara Municipal de Curitiba, Curitiba, 2002.
- [21] ANDRADE, R. V. O Processo de Produção dos Parques e Bosques Públicos de Curitiba. Curitiba, 2001. 120 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

- [22] SZEREMETA, B.; ZANNIN, P.H.T. A Paisagem Sonora de Curitiba. Revista Engenharia e Construção, ano 9, n. 113, p. 35-38, Fevereiro de 2006.

## Divulgação do



## dia internacional da conscientização sobre o ruído

campanha 2009

Stephan Paul<sup>1</sup>/Dr.Eng.  
Gilberto Fuchs<sup>2</sup>/MSc.  
Kelly Sato<sup>3</sup>/Arq.

Conforme o leitor da revista Acústica e Vibrações pode verificar no artigo da página 48 desta edição, pela primeira vez no Brasil, organizou-se um movimento coordenado para a comemoração do **Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído**. Com o apoio da Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC) e da Academia Brasileira de Audiologia (ABA), o grupo de voluntários que se mobilizou para as atividades de 2008, voltou a se organizar para dar continuidade à campanha em 2009.

A data de comemoração do dia, que é móvel e ocorre sempre em uma quarta-feira de abril, é definida pela *League for the Hard of Hearing*. Este ano a data escolhida foi o dia 29 de abril.

O presente memorando apresenta a primeira peça do material de divulgação para a campanha de 2009. O material, desenvolvido pela artista Kelly Sato com a colaboração do engenheiro Stephan Paul e do 1º secretário da SOBRAC, Gilberto Fuchs, foi fruto de uma ampla discussão entre os colaboradores da campanha e da consulta a pessoas leigas (que afinal são o público alvo) e não leigas em acústica.

A personagem desenvolvida por Kelly Sato para a campanha 2008 foi uma orelha, que, se falasse, faria um apelo a todos, pedindo para ser menos maltratada pelo ruído (veja Fig. 1 e 2 da pág. 49). Para criar uma

conexão entre a personagem e o objetivo da campanha, a artista parodiou o título de um famoso filme infantil, criando o slogan: "Se minha orelha falasse...".

Encorajados pelo alto índice de aceitação da personagem pelos colaboradores e pelo público da campanha de 2008, a equipe optou por manter a personagem "orelha" como carro chefe da campanha de 2009.

A idéia inicial da equipe era manter a personagem, tanto no seu tratamento gráfico, como também na atribuição de sua voz ou discurso. Ao longo de várias semanas, diferentes propostas para a arte da campanha de 2009 foram discutidas e analisadas pela equipe com a ajuda de alguns colaboradores. As quatro melhores propostas foram submetidas a uma votação que envolveu colaboradores e simpatizantes. A arte vencedora pode ser vista na 2ª capa desta edição.

A equipe continua seus trabalhos e deve produzir ainda, como no ano passado, outras peças variadas. Para obter cópias do material de divulgação, saber da programação e das novidades, consultem o site oficial da campanha no Brasil: [www.acustica.org.br/inad2009](http://www.acustica.org.br/inad2009)

Esperamos que todos gostem dos resultados finais e que ajudem a divulgar a campanha.

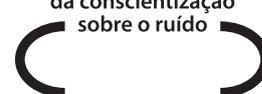
Na campanha do ano 2009 contamos novamente com o apoio da ABA ([www.audiologiabrasil.org.br](http://www.audiologiabrasil.org.br)) e da Associação Catarinense de Emissoras de Rádio e Televisão ([www.acaert.com.br](http://www.acaert.com.br)). Este ano também nos apoia o Sindicato dos Fonoaudiólogos de Santa Catarina ([www.sinfesc.com.br](http://www.sinfesc.com.br)), entre outras entidades. Algumas empresas que tinham manifestado o seu interesse em participar em 2008, também estão sendo envolvidas na campanha em 2009.

Gostaríamos de convidar a todos os simpatizantes e interessados a participar da campanha 2009. Para maiores informações visite o nosso site [www.acustica.org.br/inad2009](http://www.acustica.org.br/inad2009), proponha ações na sua cidade, na sua escola, no seu emprego, na sua universidade, no seu consultório...

Entre em contato com algum dos responsáveis de sua cidade, ou com os organizadores gerais da campanha: o Eng. Stephan Paul e o 1º secretário da SOBRAC Gilberto Fuchs, conforme indica o nosso site. Caso ainda não exista um coordenador responsável na sua cidade, candidata-se! Participe das ações de preparação e de realização do **Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído**. O sucesso dessa campanha depende dos esforços de todos nós.

**Faça parte dessa campanha,  
junte-se a nós.**

dia internacional  
da conscientização  
sobre o ruído



1 Lab. de Vibrações e Acústica, Univ. Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC | [stephan.paul.acoustic@gmail.com](mailto:stephan.paul.acoustic@gmail.com)

2 Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC) | [gilberto@acustica.org.br](mailto:gilberto@acustica.org.br)

3 Arquiteta formada pela FAUUSP, atuante na área de design gráfico

## Congressos

**ICU 2009 - International Congress on Ultrasonics**

11 - 17 de Janeiro, Santiago, Chile

<http://icu2009.usach.cl/>**Spring Meeting of the Acoustical Society of Japan**

17 - 19 de Março, Tokyo, Japan

<http://www.asj.gr.jp/index-en.html>**NAG/DAGA 2009 - International Conference on Acoustics**

23 - 26 de Março, Rotterdam, The Netherlands

<http://www.nag-daga.nl>**5<sup>th</sup> International Conference on Bio-Acoustics**

31 de Março - 02 de Abril, Loughborough, UK

<http://bioacoustics2009.lboro.ac.uk>**NOVEM2009 - Noise and Vibration: Emerging Methods**

05 - 08 de Abril, Oxford, UK

<http://www.isvr.soton.ac.uk/NOVEM2009>**ICASSP 2009 - International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing**

19 - 24 April, Taipei, Taiwan

<http://icassp09.com>**157<sup>th</sup> Meeting of the Acoustical Society of America**

18 - 22 de Maio, Portland, Oregon, USA

<http://asa.aip.org/meetings.html>**2<sup>nd</sup> ASA Special Workshop on Speech: Cross-language speech perception and variations in linguistic experience**

22 - 23 de Maio, Portland, Oregon, USA

<http://www.asa09crosslangspeech.com>**XXI Session of the Russian Acoustical Society**

02 - 05 de Junho, Moscow, Russia

<http://www.akin.ru/main.htm>**3<sup>rd</sup> International Conference on Wind Turbine Noise**

17 - 19 de Junho, Aalborg, Denmark

<http://www.windturbinenoise2009.org>**SPECOM 2009 - 13<sup>th</sup> International Conference on Speech and Computer**

21 - 25 de Junho, St. Petersburg, Russia

<http://www.specom.nw.ru>**3<sup>rd</sup> International Conference and Exhibition on Underwater Acoustic Measurements: Technologies and Results**

21 - 26 de Junho, Nafplion, Greece

<http://www.uam2009.gr>**ICSV 2009 - 16<sup>th</sup> International Congress on Sound and Vibration**

5 - 9 de Julho, Krakow, Poland

<http://www.icsv16.org/>**ESCOM 2009 - 7<sup>th</sup> Triennial Conference of the European Society for Cognitive Science of Music**

12 - 16 August, Jyväskylä, Finland

<http://www.fyu.fi/hum/laitokset/musiki/en/escom2009>**Inter-Noise 2009**

23 - 26 de Agosto, Ottawa, Canada

<http://www.internoise2009.com/>

**INTER\_SPEECH 2009 - 10<sup>th</sup> Annual Conference of the International Speech Communication Association**

6 -10 de Setembro, Brighton, UK

<http://www.interspeech2009.org/>

**TECNIACUSTICA'09 / Encuentro Ibérico de Acústica / Symp. Iberoamericano Acústica Ambiental y Edif. Acústicamente Sostenible**

23 - 25 de Setembro, Cádiz, Spain

<http://www.-sea-acustica.es>

**9<sup>th</sup> International Conference on Theoretical and Computational Acoustics**

07 - 11 de Setembro, Dresden, Germany

<http://ictca2009.com>

**International Conference on Complexity of Nonlinear Waves**

05 - 07 de Outubro, Tallinn, Estonia

<http://www.ioc.ee/cnw09>

**5<sup>th</sup> Animal Sonar Symposium**

14 - 18 de Setembro, Kyoto, Japan

<http://cse.fra.affrc.go.jp/akamatsu/AnimalSonar.html>

**Euronoise 2009**

26 - 28 de Outubro, Edinburgh, UK

<http://www.euronoise2009.org.uk>

**Autumn Meeting of the Acoustical Society of Japan**

15 - 17 de Setembro, Koriyama, Japan

<http://www.asj.gr.jp/index-en.html>

**158<sup>th</sup> Meeting of the Acoustical Society of America**

26 - 30 de Outubro, San Antonio, TX, USA

<http://asa.aip.org/meetings.html>

**2<sup>nd</sup> International Conference on Shallow Water Acoustics**

16 - 20 de Setembro, Shanghai, China

<http://www.apl.washington.edu/projects/SWAC09/index.html>

**2009 IEEE International Ultrasonic Symposium**

20 - 23 de Setembro, Roma, Italy

[http://ewh.ieee.org/conf/ius\\_2009/](http://ewh.ieee.org/conf/ius_2009/)

**WESPAC X - 10<sup>th</sup> Western Pacific Acoustics Conference**

21 - 23 de Setembro, Beijing, China

<http://www.wespacx.org>

**PRUAC - Pacific Rim Underwater Acoustics Conference**

23 - 25 de Setembro, Xi'an, China

[lfh@mail.ioa.ac.cn](mailto:lfh@mail.ioa.ac.cn)

## SOBRAC – Sociedade Brasileira de Acústica

Caixa Postal 11530 CEP 22020-970 – Copacabana – Rio de Janeiro – RJ

Te: 21 2235 1011 Skype I.D.: sobrac\_acustica

E-mail: secretaria@acustica.org.br

Home Page: www.acustica.org.br

### Ficha de Inscrição

Categoria: Efetivo ( ) Estudante ( ) Institucional ( )

Anuidade: R\$ 80,00 R\$ 30,00 R\$ 250,00

### Dados Pessoais

Nome: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_  
(Rua, No., Compl.) \_\_\_\_\_

Bairro: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ UF: \_\_\_\_\_

Fone Res.: \_\_\_\_\_ Fone Com.: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_ FAX: \_\_\_\_\_

Escolaridade: 2º Grau regular ( ) 2º Grau técnico) ( ) Graduação ( )

Pós-graduação ( ) Mestrado ( ) Doutorado ( )

### Dados Comerciais

Nome da Empresa: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Sector: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_  
(Rua, No., Compl.) \_\_\_\_\_

Bairro: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ UF: \_\_\_\_\_

Fone Res.: \_\_\_\_\_ Fone Com.: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_ FAX: \_\_\_\_\_

*Obs: Se Sócio Institucional, após preencher os dados da empresa preencher outras fichas com os dados pessoais dos dois representantes*



# 20th International Congress of Mechanical Engineering

# COBEM 2009

## Engineering for the Future

November 15-20, 2009 - Gramado-RS, Brazil

## Conference Announcement and Call for Papers

COBEM, *International Congress of Mechanical Engineering*, is the most important event in the field of Mechanical Engineering in Latin America, occurring every two years since 1971. Originally named as Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, COBEM reached international status in the year of 2001, with an increasing number of international participants. In its twentieth edition, COBEM 2009 will be hosted by the Department of Mechanical Engineering, DEMEC, of the Federal University of Rio Grande do Sul, UFRGS, in the touristic city of Gramado.

### Engineering of the future

With the advent of the 20<sup>th</sup> edition of COBEM, we will reach the end of the first decade of the millennium. This has been a period of deep transformations in the society and, as a consequence, in the activities of the engineer. The exponential increase in the human knowledge and the continuing arising of new technologies that are increasingly more sophisticated lead to the development of fascinating areas in mechanical engineering, such as robotics, nanotechnology, biomechanics, biofuels, alternative energy sources, new materials, in a challenging scenery of global warming and reduction in fossil fuels.

What is the desirable profile of the mechanical engineer in this new scenery? How to respond with quality to the growing need of professionals that are capable of tackling the challenges posed by the future? COBEM 2009 aims at bringing these topics to discussion, organizing discussion panels and round tables that will focus on some of the most important aspects involved in the technological development and formation of the future engineers.

### PROPOSED SYMPOSIA

- Bioengineering
- Engineering Education
- Energy and Thermal Sciences
- Combustion and Environmental Engineering
  - Dynamics
  - Aerospace Engineering
  - Manufacturing Engineering
  - Product Engineering
- Offshore and Petroleum Engineering
  - Non-Linear Problems
  - Computational Mechanics
- Fluid Mechanics and Reology
  - Solid Mechanics
- Fracture, Fatigue and Structural Integrity
  - Mechatronics
- Refrigeration, Air Conditioning and Ventilation
  - Uncertainty Quantification and Stochastic Modeling

### IMPORTANT DATES

March 20	Abstract submission
April 3	Abstracts acceptance notification
May 15	Full-paper submission
July 17	Full-paper acceptance notification
August 21	Final paper submission

### CO-SPONSORSHIP



Research in  
Germany  
Land of Ideas  
[www.research-in-germany.de](http://www.research-in-germany.de)

### HOTEL RESERVATION AND TOURISTIC INFORMATION

Plus Turismo  
[www.plusturismo.com.br](http://www.plusturismo.com.br)

### SPONSORSHIP



### PROMOTION



### ORGANIZATION



### CONTACT INFORMATION

Office of COBEM 2009:  
Rua Sarmento Leite, 425  
90050-170 - Porto Alegre - RS  
[cobem2009@mecanica.ufrgs.br](mailto:cobem2009@mecanica.ufrgs.br)  
[www.abcm.org.br/cobem2009](http://www.abcm.org.br/cobem2009)



beeem

TUM

bláblá

blá

## Não faça da sua orelha uma lixeira!

O dia internacional da conscientização sobre o ruído será celebrado este ano em 29 de abril. Serão 60 segundos de silêncio, entre às 14:25 e 14:26 horas, para destacar o impacto do ruído excessivo em nosso dia-a-dia. Assim teremos a oportunidade de perceber a importância deste problema que atinge a todos nós.

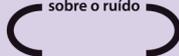
**29 de abril de 2009, dia internacional da conscientização sobre o ruído**

acesse: [www.acustica.org.br/inad2009](http://www.acustica.org.br/inad2009)

arte: kelly sato



dia internacional da conscientização sobre o ruído



apoio:



ACADEMIA BRASILEIRA DE AUDIOLOGIA

