

APARELHO DE AMPLIFICAÇÃO SONORA DIGITAL – CARACTERÍSTICAS E VANTAGENS

THE DIGITAL HEARING AIDS - CHARACTERISTICS AND ADVANTAGES

Maria Helena Untura Caetano - Fonoaudióloga da Clínica Otorhinus, Pós Graduanda em Fisiopatologia Experimental da FMUSP.

Silvio Antonio Monteiro Marone - Professor Doutor da Disciplina de ORL da FMUSP.

Marisa Ruggieri - Fonoaudióloga, Auxiliar de Ensino da Disciplina de ORL da FMABC, Pós-Graduada em Fisiopatologia Experimental da FMUSP.

Trabalho desenvolvido no setor de fonoaudiologia da divisão de seleção e adaptação de aparelhos de amplificação sonora (AAS) da Otorhinus Clínica Médica – SP.

Endereço para correspondência: Otorhinus Clínica Médica - R. Cubatão, 1140 - Vila Mariana - CEP 04013-004. São Paulo - SP - Telefone: (0xx11) 572-0025.

INTRODUÇÃO

O fato dos pavilhões auriculares e dos canais auditivos externos (C.A.E.) estarem localizados em lados opostos da cabeça, facilita a ocorrência de importantes fenômenos perceptuais auditivos. Esta disposição do sistema auditivo colabora para que a sincronização da informação auditiva, a localização sonora e a discriminação auditiva sejam perfeitas¹⁵.

Baseando-se nessas informações, a tecnologia digital dos aparelhos de amplificação sonora (AAS) tenta tornar estes fenômenos o mais similar possível ao da natureza. Com o desenvolvimento da tecnologia digital, espera-se que a qualidade de som desenvolvida pelo processador de sinal digital (PSD) venha diminuir os sinais de interferência, possibilitando uma melhor recepção do sinal de fala^{10,12}.

Para tanto, os pesquisadores estão procurando estudar mais a fisiologia auditiva binaural para que, em linhas gerais, a engenharia eletrônica possa se aproximar o melhor possível do sistema auditivo¹⁵.

BENEFÍCIOS DA AUDIÇÃO BINAURAL

Sabe-se que a localização do som no plano horizontal é realizada através das diferenças interaurais dadas pelo sistema auditivo central (S.A.C.).

Para um mesmo estímulo, há diferenças interaurais de nível e de fase dos sinais nas duas orelhas. O S.A.C. separa os sinais de cada orelha e os compara. Dependendo da localização da fonte sonora, existem diferenças no nível interaural (ILDs) e no tempo interaural (ITDs) entre as orelhas^{2,3} (Figura 1).

As diferenças do nível interaural resultam do fato de que a cabeça delinea uma sombra acústica para frequên-

cias agudas quando comparado ao tamanho da cabeça; este efeito de "sombreamento da cabeça" é relativo principalmente às frequências acima de 1.000 Hz. Conseqüentemente os níveis dos sinais de alta frequência serão menos intensos na orelha oposta à fonte sonora^{2,3}.

As diferenças de tempo interaural ocorrem em função da chegada do som mais rápido na orelha mais próxima à fonte sonora.

No plano vertical, o modelo de filtro complexo promovido pelo pavilhão é o que proporciona as pistas de localização efetiva¹⁵.

As pesquisas de campo demonstram que as características de fase e magnitude das orelhas externas são necessárias para a audição binaural normal^{9,11}.

INTELIGIBILIDADE DA FALA

Sabe-se que quando o ruído está separado do sinal de fala, o ouvinte normal pode alcançar a mesma inteligibilidade com um nível de ruído mais alto do que quando o ruído e a fala estão vindos de uma mesma fonte.

Dois componentes contribuem para a diferença de inteligibilidade binaural: sombreamento da cabeça e interação binaural¹⁵.

A orelha oposta ao ruído (orelha sombreada) apresenta uma melhor relação sinal/ruído (S/R) porque os componentes das frequências altas do ruído são atenuados pelo sombreamento da cabeça¹² (Figura 3).

Olsen e Carhart (1967) já observavam que um ouvinte monoaural teria uma desvantagem considerável quando o ruído está no lado da orelha melhor¹³.

Experiências com ouvintes monoaurais estão sendo realizadas para tentar melhorar a discriminação da fala sob ruído, tendo como objetivo secundário melhorar também a localização sonora¹⁴.

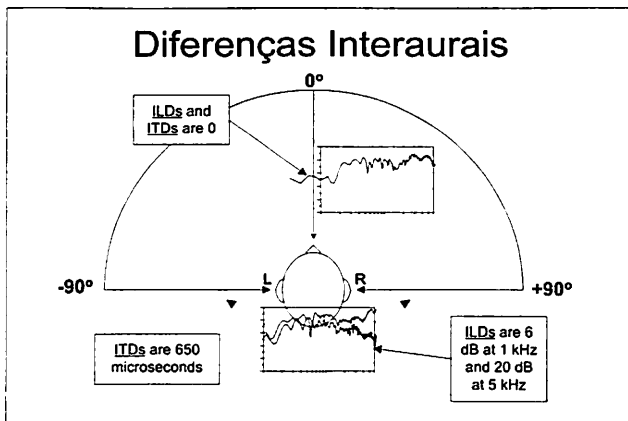


Figura 1. Quando a fonte sonora está a 0°, as diferenças de nível interaural (ILDs) e as diferenças de tempo interaural (ITDs) são zero. Para uma fonte sonora a +90°, ITD é 650 microsseg e a ILD pode chegar a 20 dB nas frequências acima de 1kHz.

VANTAGENS DO SISTEMA DIGITAL

O PSD promete melhorar os esquemas do processamento do sinal do AAS. O fato utilizarem compressão multicanal, microfones direcionais, filtros de equalização e outros acessórios tecnológicos, parece contribuir para a melhora das características do sinal acústico¹⁵.

Promover inteligibilidade da fala sob ruído, através do aumento da relação S/R parece ser uma das tarefas do PSD.

Os deficientes auditivos podem precisar de uma relação S/R de 10 a 14 dB maior do que ouvintes normais para a percepção da fala sob ruído.

As estratégias para melhorar o reconhecimento de fala sob ruído são:

- Melhorar a relação S/R na membrana timpânica.
- Fazer uso de microfones direcionais.
- Adaptação de AAS binaurais.

Pelo menos uma orelha deve ter uma relação S/R favorável em todas as condições para que as pistas auditivas cheguem ao S. A. C. e possam permitir a melhora da percepção S/R^{1,15}.

VANTAGENS NO USO DE AAS BINAURAL

Existem algumas razões importantes para se indicar o uso de AAS binaurais, sendo algumas delas, a saber^{4,5}:

- Detectar a fonte sonora em qualquer situação.
- Ampliar o campo auditivo de 180° para 360°, promover o senso de equilíbrio e melhorar a qualidade de som com audição binaural.
- Menor distorção e melhor reprodução de sons amplificados com dois AAS.
- Percepção de sons oriundos de maiores distâncias.
- Recepção balanceada do som.
- Maior tolerância a sons altos uma vez que a intensidade do som pode ser menor com 2 aparelhos do que com um.

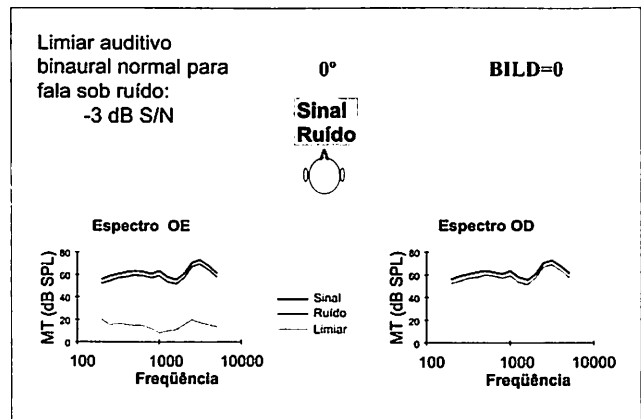


Figura 2. O espectro de fala (sentenças), ruído e limiares de audição normal expressos em nível de pressão sonora (SPL). Com as fontes de ruído e fala a 0°, o espectro de fala e ruído são idênticos nas duas orelhas. BILD=diferença de inteligibilidade binaural.

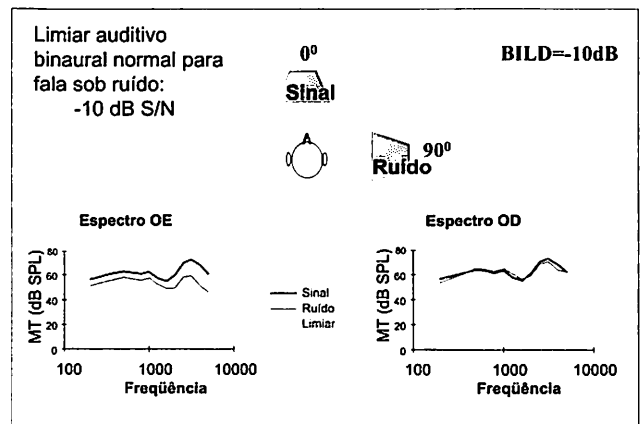


Figura 3. O espectro de fala (sentenças), ruído e limiares de audição normal expressos em nível de pressão sonora (SPL). Com a fonte de fala a 0° e fonte de ruído a 90°, o sombreado da cabeça melhora no ouvido esquerdo.

BILD=diferença de inteligibilidade binaural

- Menor chance de retroalimentação com a utilização de menos intensidade.
- Melhora do zumbido em até 40% das pessoas que usam 2 aparelhos.

O SISTEMA AUDITIVO NORMAL MAXIMIZA A INTELIGIBILIDADE DA FALA SOB RUÍDO ATRAVÉS DA AUDIÇÃO BINAURAL.

Ambas as orelhas levam vantagem se os sinais forem diferentes em cada uma delas. O SNC é capaz de analisar as diferenças interaurais relativas entre os sinais de fala

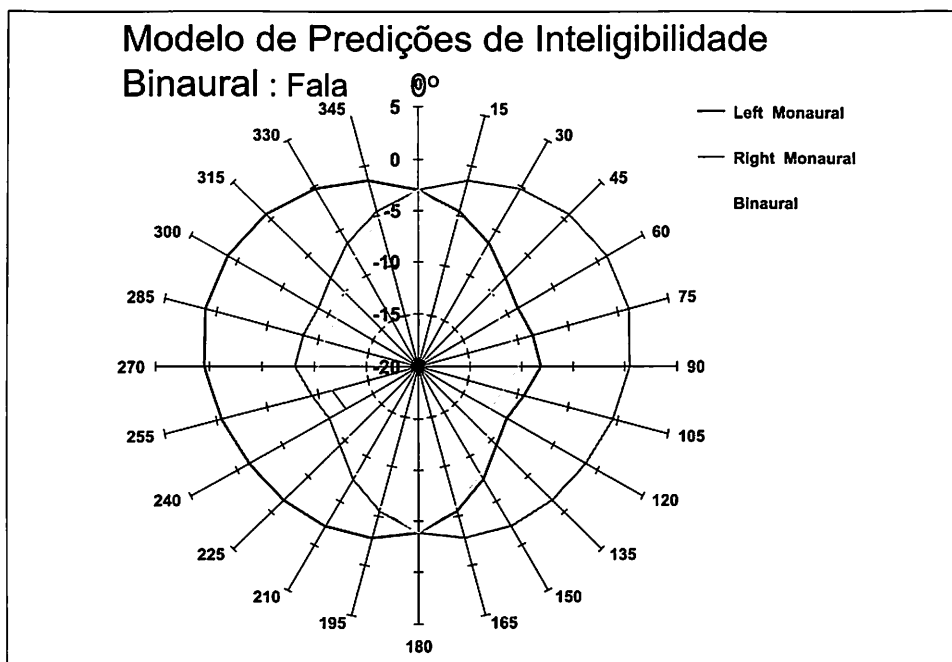


Figura 4. Esquema representativo do campo sonoro representado pela audição binaural normal considerando o movimento da cabeça no plano horizontal

e ruído oferecendo vantagens extras de 2 dB ou mais¹⁵ (Figura 4).

O fenômeno perceptual auditivo binaural depende de vários fatores adicionais:

- Conhecimento das características do sinal.
- Refinamento das pistas interaurais realizadas provavelmente pelos movimentos da cabeça.
- A relação entre a energia direta e reverberante no sinal.
- Disponibilidade das pistas visuais para a localização da fonte sonora^{6,7}.

Qualquer técnica de processamento de sinal idealizada para maximizar a audição binaural deve preservar a integridade de três pistas auditivas¹⁵

- Diferenças nos níveis interaurais (sombreamento da cabeça).
- Diferenças interaurais de tempo.
- Características de filtros da orelha externa¹.

PROCESSADOR DE SINAL DIGITAL (PSD)

As características são diferentes para cada orelha na adaptação binaural. Os esquemas devem prever o uso da compressão multicanal, devido a maior flexibilidade para se trabalhar o sinal acústico, como também o uso dos microfones direcionais melhorando a recepção do sinal de fala^{1, 15}.

Qualquer AAS sendo um acessório eletrônico inserido no CAE, altera as características de filtragem da orelha externa (OE) e as diferenças interaurais de tempo, principalmente por se tratar de dois AASs diferentes.

O filtro de equalização digital (EQ filtro) remove os efeitos da magnitude e da fase da inserção dos AAS.

Para tanto, deve-se sempre realizar os seguintes pro-

cedimentos durante a adaptação do AAS: ¹⁵

- Medir a ressonância natural da orelha aberta.
- Medir a perda desta ressonância com AAS EQ filtro.

O sinal na membrana timpânica deve, em tese, ser o mesmo daquele encontrado com a orelha aberta.

Espera-se que o EQ filtro apenas devolva as características de escuta da orelha aberta.

Quando o ganho de inserção apropriado é computado, o sistema de adaptação promove um filtro de fase linear de compensação da perda auditiva para alcançar o ganho de inserção prescrito.

O EQ filtro associado às características do filtro de compensação da deficiência auditiva (DA) são combinados através de processos matemáticos quando o filtro final é, então, ativado dentro do AAS¹.

Deve-se enfatizar o ganho das freqüências altas para maximizar o acesso das pistas dadas pelo sombreamento da cabeça, acima de 1.000 Hz.

Apesar de existirem diversos tipos de filtros digitais específicos para perdas auditivas pouco comuns, estes se mostram mais apropriados quando comparados aos filtros analógicos dos AAS¹⁵.

A retroalimentação ocorre mais comumente nas freqüências acima de 1.000 Hz. As freqüências altas são necessárias para maximizar o acesso às pistas dadas pelo sombreamento da cabeça. Entretanto, a redução no ganho dessas freqüências reduz a retroalimentação¹.

O ideal seria que o EQ filtro pudesse escolher antes de realizar a compensação da DA, os seguintes processos matemáticos:

- Permitir que o sistema de adaptação reduza o ganho de inserção nas freqüências de maior retroalimentação; ou,
- Ajustar manualmente o ganho de inserção para as freqüências de retroalimentação.

PSD: LIMITES E POSSIBILIDADES

A experiência auditiva do paciente está limitada pela natureza e extensão da lesão do sistema auditivo, não importando, muitas vezes, quão potente seja o AAS digital. Quanto menos severa for a D.A., maior será a expectativa para compensá-las através do uso de AAS^{8,9}.

A audição para a adaptação do AAS deve ter:

- Algum resíduo auditivo nas freqüências altas para que as pistas dadas pelo C.A.É. ocorram;
- Algum resíduo funcional das estruturas cocleares e neurônios auditivos para propiciar as pistas de tempo interaural;

O sistema pode ser capaz de:^{11,12}

- Acessar o sombreado da cabeça;
- Promover ganho para as freqüências altas;
- Proporcionar inteligibilidade de fala sob ruído.

REABILITAÇÃO AUDITIVA

A seleção do AAS é apenas parte do processo de adaptação. A seleção do AAS sem a reabilitação é insuficiente para o processo de adaptação. O treinamento auditivo é condição imprescindível para a melhora da comunicação.

Acredita-se que os trabalhos de treinamento auditivo realizados com pacientes deficientes auditivos com aparelhos auditivos digitais possam melhorar ainda mais a inteligibilidade da fala, principalmente se este treinamento for precedido pelo trabalho de localização sonora.

Em nossa experiência isto pode ser percebido quando utilizamos instrumentos musicais antes do treinamento auditivo propriamente dito. O agogô vem sendo utilizado de forma sistemática para iniciar o treinamento auditivo. Posteriormente vamos concluir as experiências realizadas com localização sonora e treinamento auditivo utilizando as diversas posições do espaço entre o paciente e seu interlocutor. De maneira geral, o treinamento auditivo parece estar facilitando o trabalho de inteligibilidade


de fala e em situações de vida diária do deficiente auditivo^{2,3,5}.

CONCLUSÕES

Os recursos e os estudos de engenharia propiciam continuamente melhoria dos esquemas digitais e conseqüentemente melhoram o desempenho dos filtros, aperfeiçoam os projetos dos modelos intra-canaís, intrauriculares e micro-canaís, reduzem o ruído do pré-amplificador no silêncio (sleep mode), diminuem a retroalimentação binaural e há a possibilidade de controle remoto opcional. Em contrapartida, a medicina também, de forma semelhante, estuda a fisiologia do sistema auditivo da biomecânica e bioeletricidade celular e molecular. Acredita-se que este conjunto de experimentos e tecnologia possam vir a contribuir muito para a melhora da recepção e da inteligibilidade de fala sob ruído quando do uso de AAS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Killian MC, Scaab WJ, Preves, DR: Classifying automatic signal processors. *Hear Inf* 1990; 41 (8):24-26.
2. Middlebrooks JC, Green DM: Sound Localization by human listeners. *Ann Ver Psych* 1991;42:135-159.
3. Shaw ERG: Transformation of sound pressure level from the free field to the eardrum in the horizontal plane. *J Acoust Soc Amer* 1974; 56: 1848-1861.
4. Durlach NI, Rigopoulos A, Pang/Fang XD et al: On the externalisation of auditory images. *Presence* 1992;1:251-257.
5. Begault DR: 3D Sound for Virtual Reality and Multimedia. New York, Academic Press, 1994
6. Wightman FL, Kistler DJ: headphone simulation of free-field listening II- Psychophysical validation. *J Acoust Soc Amer* 1989;85:868-867.
7. Levix H, Rabiner LR: Binaural release from masking for speech and gain in intelligibility. *J Acoust Soc Amer* 1967;42:601-608.
8. Levix H, Rabiner LR: Predicting binaural gain in intelligibility and release from masking for speech. *J Acoust Soc Amer* 1967; 42:820-829.
9. Zurek PM: Binaural advantages and directional effects in speech intelligibility. In Studebaker GR, Hackberg I, eds *Acoustical Factors Affecting Hearing Sif Performance*, 2 nd Boston. Allyn & Bacon 1993:255-276.
10. Olsen WO, Carhart R: Development of test procedures for evaluation of binaural hearing aids. *Bulletin Prosthetics Ver* 1967: spring 22-49.
11. Carhart R: Monoaural and binaural discrimination against competing sentences. In *Audiology* 1965;4:5-10.
12. Byrne D, Dillon H: The National Acoustics Laboratories (NAL) new procedure for selecting the gain and frequency response of a hearing aid. *Ear Hear* 1986;7:257-65.
13. Rankovic OM: Na application of the articulation index of hearing aid fitting *J Sp Hear Ver* 1991;34:391-401.
14. Bronkhorst RW, Plomp R. Binaural speech intelligibility in noise for hearing in noise for hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Amer* 1989;86:1374-1383.
15. Van Tasell, DJ: New DSP instrument designed to maximize binaural benefits. *The Hearing Journal* 1998; 51(4) 1-4.



TRATADO DE OTOLOGIA

FERREIRA BENTO
MINETTI - MONTEIRO MARONE

A TAPESP

O século XXI será, sem dúvida, a era da comunicação e o ouvido é essencial na comunicação humana. No Brasil, estima-se que cerca de 15 milhões de pessoas apresentem algum tipo de perda auditiva, sendo 350.000 pessoas com surdez profunda. Além do tratamento dos processos infecciosos e suas complicações, será de extrema importância a reabilitação dos processos que levam à surdez.

Este Tratado de 498 páginas, amplamente ilustrado, estuda a anatomia, embriologia, fisiologia, semiologia e as doenças do aparelho auditivo e vestibular. Pela primeira vez no Brasil temos um tratado especializado em otologia, mostrando a abordagem do diagnóstico e da terapêutica em nosso meio.

**Informações com Mariza na
Fundação Otorrinolaringologia
Tel.: (011) 3068-9855**

R\$ 110,00

**Indicado para o prêmio
"Jaboti" de Literatura Médica**