

# LIMIARES TONAIIS EM FREQUÊNCIAS ULTRA -ALTAS E RECONHECIMENTO DE FALA DE PORTADORES DE PERDA AUDITIVA NEUROSENSORIAL\*

*Tonal thresholds in ultra-high frequencies and the recognition of the speech in beares of the sensorineural hearing loss*

Mara Renata Rissatto <sup>(1)</sup>  
Teresa Maria Momensohn dos Santos <sup>(2)</sup>

## RESUMO

**Objetivo:** avaliar os limiares auditivos em frequências ultra-altas de portadores de perda auditiva neurossensorial moderada, bilateral, e analisar a relação entre esses limiares e os índices de reconhecimento de fala. **Métodos:** estudo realizado numa clínica de otorrinolaringologia/fonoaudiologia de Salvador, com 28 pacientes com perda auditiva neurossensorial, de grau moderado, bilateral, adquirida em idade adulta; não usuários de aparelho auditivo; sem alteração nas orelhas externa e média. Os dados foram coletados através de meatoscopia; imitação acústica; audiometria tonal convencional; audiometria de frequências ultra-altas; logaudiometria. **Resultados:** diversificação das respostas para as frequências ultra-altas em ambas as orelhas; conforme o aumento da frequência, há aumento dos limiares tonais; as frequências ultra-altas influenciam no reconhecimento de fala. **Conclusão:** confirmada a hipótese de que os limiares de frequências ultra-altas, em portadores de perda auditiva neurossensorial, bilateral, influenciam no reconhecimento de fala.

**DESCRITORES:** Audiologia; Audiometria; Perda auditiva de alta frequência; e Percepção da fala; Limiar auditivo, Perda auditiva neurossensorial; Teste do limiar de recepção da fala

## INTRODUÇÃO

As altas frequências são necessárias para discriminação consonantal e reconhecimento de fala. Pessoas com perdas auditivas em altas frequências apresentam dificuldades de compreensão em ambientes ruidosos<sup>(1)</sup>.

Alguns autores<sup>(2,3)</sup>, observaram que a determinação dos limiares de frequências ultra-altas<sup>1</sup> tem importância clínica na detecção precoce de doenças otológicas e processos degenerativos do órgão de Corti. A maioria das perdas auditivas neurossensoriais afeta, inicialmente, as frequências mais altas, e, considerando que a audição humana compreende a faixa de frequências de 20Hz a 20kHz, as frequências altas influenciam o reconhecimento de fala<sup>(4)</sup> e, a determinação destas limiares de frequências ultra-altas predizem dificuldades que o indivíduo poderá ter para entender a fala<sup>(5)</sup>.

Apesar de já existirem equipamentos que possibilitam a realização da audiometria tonal de frequências ultra-altas, são discutíveis alguns aspectos como falta de fidelidade nos padrões de calibração, limitações dos equipamentos<sup>(6)</sup>, metodologias empregadas<sup>(3,6)</sup> e resultados encontrados<sup>(7)</sup>.

Para determinar os limiares auditivos nas frequências ultra-altas e analisar as variabilidades que interferem nos resultados, alguns estudos<sup>(5,6)</sup> verificaram que o limiar de audibilidade aumenta em função do aumento da frequência. Outros estudos<sup>(8-9)</sup> confirmam este resultado, verificando, também, que, em quase todas as frequências, o limiar aumenta à proporção que a idade aumenta.

\*Instituição de Origem: Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB) da Universidade de São Paulo (USP)

<sup>1</sup>Especialização em Audiologia Clínica e Saúde do Trabalhador pelo Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica (CEFAC) Fonoaudióloga formada pela Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB) da Universidade de São Paulo (USP)

<sup>2</sup>Doutora em Distúrbios da Comunicação Humana pela Escola Paulista de Medicina

Estudos<sup>(10-11)</sup> comparativos entre limiares de audibilidade de frequências ultra-altas de indivíduos expostos a ruído ocupacional, concluem que, tanto a idade quanto a exposição ao ruído afetam os limiares de audibilidade nas frequências ultra-altas. Embora seja verdadeiro que a detecção de som não assegure o seu reconhecimento, é, ainda, mais verdadeiro que sem detecção, as probabilidades de identificar as palavras corretamente estarão comprometidas<sup>(12)</sup>.

A perda auditiva coclear está frequentemente associada à perda das células ciliadas e da inervação auditiva, ou seja, as "regiões mortas da cóclea". Por exemplo, quando há uma região morta de baixa frequência, essas serão detectadas usando respostas dos neurônios das altas frequências. Contudo, os limiares audiométricos nas baixas frequências não podem ser mais altos do que os limiares das frequências mais altas<sup>(13)</sup>.

A voz se distribui num espectro compreendido, aproximadamente, entre 500 a 7000Hz. Sendo, a palavra, composta por vogais e consoantes dispostas ao longo do espectro, existindo variações de sexo, idade e características individuais do falante<sup>(14-17)</sup>, sendo uma das implicações das perdas auditivas neurossensoriais nas frequências altas a inteligibilidade da fala, pois, a maioria das consoantes da língua portuguesa, está situada na região de frequências acima de 2kHz<sup>(14)</sup>.

A partir desta problemática os objetivos deste trabalho consistem em avaliar os limiares auditivos em frequências ultra-altas de portadores de perda auditiva neurossensorial, moderada, bilateral e analisar a relação entre esses limiares e os índices de reconhecimento de fala desses pacientes.

## ■ MÉTODOS

Foram avaliados 28 pacientes com idade entre 40 a 60 anos, de ambos os sexos, portadores de deficiência auditiva neurossensorial, bilateral, de configuração linear, de grau moderado<sup>(18)</sup>, adquirida na idade adulta, não usuários de aparelho auditivo, sem alterações nas orelhas externa e média, atendidos em uma clínica de otorrinolaringologia/fonoaudiologia, em Salvador, Bahia.

A coleta dos dados ocorreu após autorização da Clínica e do Comitê de Ética do Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica (CEFAC) tendo sido aprovado com o nº 092/02, além da assinatura do Termo de Consentimento Informado pelos pacientes que participaram desta pesquisa<sup>(19)</sup>.

Para a coleta dos dados, os 28 pacientes foram submetidos aos seguintes procedimentos: inspeção otológica clínica; imitação acústica com o equipamento tipo AZ7; audiometria tonal convencional de 250 a 8kHz, por via aérea, com fones supra aurais, em cabina audiométrica, e por via óssea, nas frequências de 500 a 4000 Hz; audiometria de frequências ultra-altas em 9, 10, 11.2, 12.5, 14 e 16kHz, sendo esta última o limite superior de frequência do audiômetro; logoaudiometria, com os testes SRT e IPRF<sup>(20)</sup>, foi feita a apresentação das listas, pela avaliadora, à viva voz, como na rotina

clínica, utilizando a seguinte frase introdutória: "Repita a palavra [...]". Tanto para a audiometria tonal convencional quanto para a de frequências ultra-altas e para a logoaudiometria, foi utilizado o audiômetro SD 50, marca SIEMENS, calibrado para uso com fones HDA200 em dBNA.

A pesquisa dos limiares tonais de audibilidade foi iniciada na faixa de frequência convencional, pesquisando, inicialmente, a orelha direita e, depois, a esquerda, começando pela frequência de 1kHz, depois de 2, 3, 4, 6, 8kHz, 500 e 250Hz; pesquisa das frequências ultra-altas 9, 10, 11.2, 12.5, 14 e 16kHz e, depois, a dos limiares por via óssea, em 0.5, 1, 2, 3 e 4 kHz. Para a pesquisa dos limiares foram utilizadas as técnicas descendente e ascendente. O estímulo sonoro foi utilizado sob a forma do tom puro (warble). Os dados desta avaliação foram anotados em um formulário apropriado, registrando os limiares ausentes, considerando a intensidade máxima do audiômetro. Para a análise, os dados foram classificados, codificados e categorizados, sendo calculadas as estatísticas descritivas para as variáveis e averiguado a sua aderência à distribuição normal teórica, de acordo com o Teste Shapiro-Wilk<sup>2</sup>. Através de um teste de correlação<sup>3</sup>, foi obtido o grau de associação entre as variáveis estudadas: frequências ultra-altas e reconhecimento de fala. Os dados estão apresentados em números absolutos e relativos, em tabelas e gráficos<sup>(21)</sup>.

## ■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros resultados estão na Tabela 1, ou seja, as frequências ultra-altas (em kHz) e respectivos limiares auditivos (dBNA) para as orelhas direita e esquerda, a média, o desvio padrão, o valor mínimo, o primeiro quartil, a mediana o terceiro quartil, o valor máximo e os valores de p.

Foi realizado o Teste de Shapiro Wilk, para identificar se a distribuição de valores ajustava-se a uma distribuição normal e se poderia utilizar a média e o desvio padrão, não sendo possível porque as médias encontradas possuem valores extremos (Tabelas 1 e 2). Para este Teste, "p" deve ser não significante. Quando acima de maior do que 0,05, é significante, indicando que a situação examinada é ruim não é adequada..( não entendo o que é ruim) Na Tabela 1, observa-se que, para ambas as orelhas, há diversidade de respostas para cada frequência, principalmente para 9, 10, 11.2 e 12.5kHz entre o valor mínimo obtido e o máximo. Esta variação foi encontrada, também, em um estudo<sup>(6)</sup> com indivíduos audiologicamente normais, em dBNA, com o audiômetro SD50, que apresentaram respostas com menor precisão em função do aumento da frequência, decorrente da diminuição da sensibilidade auditiva. Isto mostra, também, que os limiares das frequências convencionais não predizem os limiares de frequências ultra-altas, o que está confirmado em outro estudo<sup>(3)</sup>.

Para as frequências de 14 e 16kHz, foi verificado que houve menor variação. Para ambas as orelhas direita, apresentou a maior variação de respostas ocorreu na frequência de 11.2kHz,

**Tabela 1.** Frequências ultra-altas, média, desvio padrão, valor mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil, valor máximo e os valores de p (estatística descritiva e teste de aderência à distribuição normal teórica para frequências ultra-altas; n=28)

Frequências ultra-altas kHz	Média (dBNA)	Desvio Padrão (dBNA)	Mínimo (dBNA)	1º Quartil (dBNA)	Mediana (dBNA)	3º Quartil (dBNA)	Máximo (dBNA)	Prob>z*
9 od	62.50	13.51	30.00	50.00	65.00	72.50	90.00	0.91893**
9 oe	65.00	16.22	35.00	60.00	65.00	75.00	90.00	0.65615**
10 od	65.54	16.57	40.00	50.00	65.00	80.00	95.00	0.67949**
10 oe	67.32	17.72	35.00	57.50	67.50	82.50	95.00	0.97758**
12 od	70.71	18.44	30.00	60.00	70.00	90.00	95.00	0.27507**
12 oe	70.54	20.11	20.00	62.50	75.00	87.50	95.00	0.06096**
25 od	69.82	17.29	35.00	62.50	70.00	87.50	90.00	0.06154**
25 oe	71.43	19.14	25.00	65.00	72.50	90.00	90.00	0.00160
14 od	66.07	13.36	30.00	65.00	75.00	75.00	75.00	0.00001
14 oe	66.43	14.52	30.00	62.50	75.00	75.00	75.00	0.00000
16 od	56.07	6.43	40.00	55.00	60.00	60.00	60.00	0.00000
16 oe	56.79	6.56	40.00	60.00	60.00	60.00	60.00	0.00000

**NOTA:** od = orelha direita; oe = orelha esquerda.

\*De acordo com o Teste de Shapiro Wilk, p = não significativo; p > 0,05 = significativo (este achado denuncia uma situação ruim).

\*\*Valores considerados significantes, do ponto de vista estatístico.

**Tabela 2.** Índices percentuais de reconhecimento de fala (IPRF) de monossílabos e dissílabos para as orelhas direita e esquerda, média, desvio padrão, valor mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil, valor máximo e valores de p. (estatística descritiva e teste de aderência à distribuição normal teórica para frequências ultra-altas; n=28)

IPRF	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Mínimo (%)	1º Quartil (%)	Mediana (%)	3º Quartil (%)	Máximo (%)	Prob>z*
mod	71.57	15.18	32.00	62.00	78.00	84.00	88.00	0.01417**
moe	70.57	15.33	36.00	58.00	76.00	88.00	92.00	0.10998**
dod	77.86	14.79	44.00	70.00	84.00	84.00	96.00	0.01455**
doe	84.00	13.94	44.00	64.00	84.00	88.00	92.00	0.01912**

**NOTA:** mod = monossílabo orelha direita; moe = monossílabo orelha esquerda; dod = dissílabo orelha direita; doe = dissílabo orelha esquerda.

\* De acordo com o Teste de Shapiro Wilk, p = não significativo; p > 0,05 = significativo (este achado denuncia uma situação ruim).

\*\*Valores considerados significantes, do ponto de vista estatístico.

achado confirmado por outro estudo<sup>(8)</sup>. Observou-se, também, que o limiar de audibilidade aumenta em função da frequência. Este resultado coincide com achados de outras pesquisas<sup>(5,8)</sup>.

Neste estudo, 50% dos componentes da amostra apresen-

taram respostas somente na intensidade limite do aparelho, ou seja, 75dBNA para 14kHz e, 60dBNA para 16kHz. Um outro estudo<sup>(9)</sup> mostra que, entre 41 a 50 anos, houve queda em 12.5, 14 e 16kHz e, entre 51 a 60 anos, com indivíduos audiologicamente normais, apresentaram queda em to-

das as freqüências. A Tabela 2 apresenta os índices percentuais de reconhecimento de fala (IPRF) de monossílabos e dissílabos para as orelhas direita e esquerda, a média, o desvio padrão, o valor mínimo, o primeiro quartil, a mediana, o terceiro quartil, o valor máximo e os valores de p.

Ao analisar, separadamente, os dados referentes a cada orelha, observa-se a correlação entre os limiares encontrados para cada freqüência ultra-alta e o resultado do IPRF para monossílabos e dissílabos. Através da Correlação de Spearman, observa-se a correlação com valor de coeficiente negativo, e, quando o coeficiente é negativo, a correlação é inversa entre as duas variáveis. Assim, quanto maiores os limiares na audiometria de freqüências ultra-altas, menor é o IPRF. Conseqüentemente, há maior dificuldade do indivíduo reconhecer a fala, dados que confirmam a hipótese deste estudo.

Considerando a orelha direita, a correlação encontrada foi estatisticamente significativa, tanto para monossílabos quanto para dissílabos, ou seja, abaixo de -0.70. Para os monossílabos foram estatisticamente significantes as correlações para as freqüências 9, 10, 11.2, 12.5 e 14kHz, com os respectivos valores: -0.8155; -0.8650; -0.8655; -0.8473; -0.8330. Somente para 16kHz, a correlação foi superior a -0.70, não sendo estatisticamente significativa, pois o valor é igual a -0.4682. Para os dissílabos, foram consideradas estatisticamente significantes as correlações relativas às freqüências 11.2, 12.5 e 14kHz, com os respectivos valores: -0.7739; -0.7195; -0.7687 e, a correlação, não foi estatisticamente significativa para as freqüências 9, 10 e 16kHz, pois os respectivos valores foram: -0.6622 -0.6983 e -0.5531. Para a orelha esquerda, a correlação encontrada foi, também, estatisticamente significativa para monossílabos e dissílabos. Entre os monossílabos, este fato ocorreu para as freqüências 9, 10, 11.2, 12.5, 14kHz, com os respectivos valores: -0.7967; -0.8487; -0.8567; -0.9019; -0.8373. Somente para a freqüência de 16kHz, a correlação foi superior a -0.70, não sendo estatisticamente significativa porque o valor foi -0.6364. Para os dissílabos, foram consideradas significantes as correlações para as freqüências 10, 11.2, 12.5 e 14kHz, com os respectivos valores: -0.7136; -0.7343; -0.7777; -0.7348. A correlação não foi estatisticamente significativa, com valor superior a -0.70, para as freqüências 9

e 16kHz pois os respectivos valores dessas freqüências foram: -0.6869 e -0.5159. Além das habilidades auditivas para o reconhecimento de fala, são necessários processos supraliminares, como a intensidade da mensagem; sensação de intensidade; intensidade do ruído; alterações do ritmo e da velocidade da fala; e influência do material de fala<sup>(15)</sup>. Como as palavras são compostas por vogais e consoantes, para que se discrimine traços acústicos que diferenciam uma consoante de outra, é importante poder ouvir os sons acima de 1kHz. Os indivíduos normo ouvintes conseguem 100% de inteligibilidade se ouvirem entre 300 a 3000Hz. A perda da audição nas freqüências ultra-altas produz a queixa freqüente: "Ouço, mas não entendo!" Porém, os resultados no IPRF nem sempre são semelhantes em pacientes com a mesma configuração audiométrica e o mesmo grau de perda auditiva.

Os resultados deste estudo comprovam que, à medida que os limiares para as freqüências ultra-altas aumentam, piora, também, o IPRF, ou seja, as freqüências acima de 8kHz interferem na habilidade de reconhecimento de fala.

A partir deste estudo, conclui-se que há indícios de que os indivíduos com maiores limiares nas freqüências ultra-altas possuem regiões cocleares mais saudáveis do que os que possuem limiares mais baixos nas altas freqüências. As cócleas mais saudáveis, provavelmente, contribuem para uma melhor transformação mecânica dos sinais de fala em impulsos nervosos.

## ■ CONCLUSÃO

Estes resultados indicam que as questões de pesquisa foram respondidas, os objetivos atingidos e a hipótese confirmada, ou seja, "que os limiares de freqüências ultra-altas em portadores de perda auditiva neurossensorial, bilateral, influenciam no reconhecimento de fala".

Apesar dos seus limites, esta pesquisa contribui para esclarecer a influência dos limiares de freqüências ultra-altas no reconhecimento de fala, podendo ser útil para a aplicação clínica, pois a audiometria de freqüências ultra-altas alerta para a necessidade do diagnóstico precoce de prejuízos na inteligibilidade da fala e definição do prognóstico, principalmente para adaptação de aparelho de amplificação sonora individual.

## ABSTRACT

**Purpose:** to measuring e hearing thresholds in ultra-high frequency ies in bearers of the moderate bilateral sensorineural hearing loss and analyzing e the relation between thoseese thresholds and levels of speech recognition. of the speech.

**Methods:** A study was carried out done in a otolaryngology/therapy of speech therapy clinic in Salvador, with 28 patients with moderate bilateral sensorineural hearing loss, acquired in adult age; non-users t user of hearing aids; with normal middle and external ear. The information was gathered colleted through of the otoscopy, acoustic immitance acoustic, conventional tonal audiometry, ultra-high frequency ies audiometry and , speech audiometry. **Results:** diversified answers to ultra-high frequencies in both ears; according to the increase of the frequency, there is an increase of the tonal audibility thresholds; the ultra-high frequencies influence the recognition of the speech. **Conclusion:** was proved tThe hypothesis thatof the ultra-high frequency ies thresholds in bilateral sensorineural hearing bearers of bilateral sensorineural hearing aidinfluence the recognition of the speech was proved.

**KEYWORDS:** Audiology; Audiometry; Hearing loss, high-frequency; Speech perception, Auditory threshold; Hearing loss, sensorineural; Speech reception threshold test

## REFERÊNCIAS

1. Skinner MW, Miller JD. Amplification bandwidth and intelligibility of speech in quiet and noise for listeners with sensorineural hearing loss. *Audiology* 1983;22:253-79.
2. Fausti SA, Erickson DA, Frey RH, Rappaport BZ, Schechter MA. The effects of noise upon human hearing sensitivity from 8000 to 20 000 Hz. *J Acoust Soc Am* 1981;69:1343-7.
3. Zeigelboim BS, Fukuda Y, Iorio MCM. Audiometria de alta frequência. *Acta AWHO* 1996;15:155-8.
4. Boothroyd A. The sense of hearing. In: Boothroyd A. *Speech acoustics and perception*. Texas: Pro-ed; 1986. p.65-73.
5. Fausti SA, Frey RH, Erickson DA, Rappaport BZ, Cleary EJ, Brummett RE. A system for evaluating auditory function from 8000—20 000 Hz. *J Acoust Soc Am* 1979;66:1713-8.
6. Shayeb DR. Audiometria de alta frequência [tese]. Bauru: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; 1999.
7. Iomaka k, Cullen JK. Within subject repeatability of high-frequency thresholds. *J Acoust Soc Am* 1985;77 Suppl 1:1-112. [Presented at 109<sup>th</sup> Meeting of the Acoustical Society of America; 1985 April 8-12; Austin, Texas].
8. Stelmachowicz PG, Beauchaine KA, Kalberer A, Jesteadt W. Normative thresholds in the 8- to 20-kHz range as a function of age. *J Acoust Soc Am* 1989;86:1384-91.
9. Pedalini MB, Sanchez TG, D'Antonio A, D'Antonio W, Balbani A, Hachiya A, et al. Média dos limiares tonais na audiometria de alta frequência em indivíduos normais de 4 a 60 anos. *Pró-fono* 2000;12:17-20.
10. Beltrami CHB. Dos limiares de audibilidade nas frequências de 250 a 18000 Hz em indivíduos expostos à ruído ocupacional [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 1999.
11. Fernandes JB, Bolli Mota HB. Estudo dos limiares de audibilidade nas altas frequências em trabalhadores expostos a ruído e solvente. *Pró-fono* 2001;13:1-8.
12. Pascoe DP. Clinical implications of nonverbal methods of hearing aid selection and fitting. *Semin Speech Lang Hear* 1980;1:217-29.
13. Moore JC. Regiões mortas na cóclea diagnóstico e implicações para a adaptação de aparelhos auditivos. *Audiology Insight* 2000; 4-6.
14. Schochat E, organizadora. *Processamento auditivo: atualidades em fonoaudiologia*. São Paulo: Lovise; 1996.
15. Russo I, Behlau Mara. *Percepção da fala: análise acústica do português brasileiro*. São Paulo; Lovise; 1993.
16. Behlau MS, Pontes PAL, Ganança MM, Tosi O. Análise espectrográfica de formantes das vogais do português brasileiro. *Acta AWHO* 1988;7:74-85.
17. Ling D. *Speech and the hearing-impaired child: theory and practice*. Washington: Alexander Graham Bell Association for the Deaf; 1977. 440p.
18. Davis H, Silverman SR. *Hearing and deafness*. 4th ed. New York: Holt, Rinehart and Winston; 1960.
19. Brasil. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 196/96 sobre pesquisa envolvendo seres humanos. Brasília: Ministério da Saúde; 1996.
20. Russo ICP, Santos TMM. Logaudiometria. In: Russo ICP, Santos TMM. *A prática da audiologia clínica*. 4ª ed. São Paulo: Cortez, 1993. p.81-98.
21. Rosner B. *Fundamentals of biostatistics*. 4th ed. Belmont: Wadsworth ; 1994.

RECEBIDO EM: 15/01/03

ACEITO EM: 17/04/03

Endereço para correspondência:

Rua Hilton Rodrigues, 233/601 — Cávca, CEP: 41830-630, Salvador - BA

Fone: (71) 354-5104 Cel: (71) 9978-1582

E-mail: [mararenata@uol.com.br](mailto:mararenata@uol.com.br)