

Reconhecimento de fala no ruído em sujeitos com audição normal e queixa de zumbido

Speech recognition in noise in individuals with normal hearing and tinnitus

Byanka Cagnacci Buzo¹, Josiane de Assis Silva Lopes¹

RESUMO

Introdução: O desempenho auditivo para sons supraliminares pode estar comprometido, mesmo quando o audiograma é normal. Pacientes com zumbido sem perda auditiva queixam-se frequentemente de dificuldades de compreensão de fala, principalmente em ambientes ruidosos.

Objetivo: Investigar o desempenho em testes de fala com ruído, em indivíduos com limiares audiométricos normais, com e sem queixa de zumbido. **Métodos:** Foram avaliados 20 sujeitos adultos, com idade entre 18 e 45 anos, com audição dentro dos padrões de normalidade, que apresentavam, ou não, o sintoma de zumbido, divididos em grupo zumbido e grupo controle. Foram pesquisados os limiares de reconhecimento de sentenças no ruído, por meio do teste Listas de Sentenças em Português. **Resultados:** O grupo zumbido apresentou pior desempenho para os dois ruídos utilizados, porém, com diferença estatística somente na utilização do ruído *speech-noise*. **Conclusão:** O desempenho de sujeitos com audição normal e queixa de zumbido, no reconhecimento de fala na presença de ruído competitivo, foi pior que em indivíduos sem o sintoma, principalmente na etapa com o ruído *speech-noise*.

Palavras-chave: Zumbido; Vias auditivas; Testes auditivos; Inteligibilidade da fala; Razão sinal-ruído

ABSTRACT

Introduction: Auditory performance for suprathreshold sounds may be compromised even when the audiogram is normal. Patients with tinnitus but without hearing loss often complain of speech recognition difficulties, especially in noisy environments. **Purpose:** To investigate the performance in noise tests in individuals with normal hearing thresholds with and without tinnitus. **Methods:** Twenty adult individuals were evaluated, aged between 18 and 45 years, with hearing within normal limits, presenting or not with tinnitus symptoms, divided into two groups, the tinnitus group and the control group. The SRTN (sentence recognition threshold in noise) were surveyed with the LSP test (list of sentences in Portuguese). **Results:** The tinnitus group had the worst performance for the two noises used, but with a statistically significant difference only when using "speech-noise". **Conclusion:** We found that the performance of individuals with normal hearing and tinnitus in speech recognition in the presence of background noise is poorer than in patients without the symptom mainly in step obtained with speech-shaped noise.

Keywords: Tinnitus; Auditory pathways; Hearing tests; Speech intelligibility; Signal-to-noise ratio

Trabalho realizado na Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo – FCMSCSP – São Paulo (SP), Brasil.

(1) Curso de Fonoaudiologia, Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo – FCMSCSP – São Paulo (SP), Brasil.

Conflito de interesses: Não

Contribuição dos autores: BCB foi responsável pelo delineamento do estudo, supervisão da coleta de dados, tabulação e análise dos dados, elaboração e redação do manuscrito. JASL foi responsável pela coleta e tabulação dos dados e colaborou na análise dos dados e elaboração do manuscrito.

Autor correspondente: Byanka Cagnacci Buzo. E-mail: byanka.buzo@fcmsantacasasp.edu.br

Recebido: 24/2/2016; **Aceito:** 20/1/2017

INTRODUÇÃO

A sensibilidade auditiva é, geralmente, avaliada na clínica por meio da audiometria tonal liminar, que mede os menores níveis sonoros detectáveis, em diversas frequências. Assim, esta medida pode refletir a perda de sensibilidade a sons fracos, não fazendo distinção entre disfunção de células ciliadas externas, internas, ou alterações no nervo auditivo, embora já se saiba que danos nessas estruturas podem ocorrer, sem afetar os limiares audiométricos^(1,2,3).

O reconhecimento de fala é um dos aspectos mais importantes da função auditiva humana, pois possibilita ao homem comunicar-se de forma eficiente, o que é fundamental para sua integração social, sendo esta compreensão dependente da integridade do sistema nervoso auditivo. Já foi descrito que ouvintes com limiares audiométricos normais podem relatar dificuldades na compreensão da fala, em ambientes ruidosos⁽²⁾. Em estudo epidemiológico, que investigou a prevalência de dificuldades auditivas, 26% dos adultos entrevistados relataram grande dificuldade de escuta em ambiente ruidoso, ao passo que apenas 16% destes apresentaram alterações nos limiares audiométricos (piores que 25 dBNA)⁽⁴⁾.

Já foi relatado também, que pacientes com zumbido sem perda auditiva, queixam-se frequentemente de dificuldades de compreensão de fala, principalmente em ambientes ruidosos, além de apresentarem desempenho pior em testes de fala com ruído, quando comparados com sujeitos sem zumbido^(5,6).

O zumbido pode ser definido como uma ilusão auditiva, ou sensação sonora não relacionada à fonte externa de estimulação, ou seja, uma percepção de sons na ausência de uma fonte sonora física. Frequentemente, está relacionado com a perda de audição, porém sabe-se que ele pode estar presente em indivíduos sem perda auditiva aparente^(7,8).

Em estudo que pesquisou as respostas do potencial evocado auditivo de tronco encefálico (PEATE) em sujeitos com audição normal, com e sem queixa de zumbido, foi observada redução significativa da amplitude da onda I (gerada por fibras auditivas primárias), nas amplitudes normais da onda V⁽⁹⁾. Segundo os autores, esses resultados fornecem evidências fisiológicas da existência de uma possível desaferenciação (no caso, uma sinaptopatía), que se manifesta como uma resposta cocleoneural reduzida (onda I), com uma conseqüente normalização da magnitude da resposta neuronal dentro do tronco cerebral (onda V). As manifestações clínicas desse processo poderiam ser notadas como desempenhos piores em tarefas psicoacústicas, como o reconhecimento de fala no ruído^(4,5,6), tarefas de discriminação de aspectos temporais^(7,10) e de intensidade⁽¹¹⁾.

Esta desaferenciação (ou sinaptopatía coclear, como tem sido denominada)⁽¹²⁾ foi descrita como “perda auditiva oculta”, já que não é possível detectá-la com as medidas de mensuração padrão da audição, no caso, a audiometria^(13,14).

Soma-se a essa alteração um provável mau funcionamento do sistema olivo coclear medial (SOCM), que desempenha um

papel fundamental no reconhecimento de tons alvo na presença de ruído⁽¹⁵⁾.

Sendo assim, a hipótese é de que indivíduos com limiares audiométricos normais e queixa de zumbido apresentam mais dificuldades no reconhecimento de fala, em ambientes acusticamente desfavoráveis, em comparação àqueles que não apresentam o sintoma. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi investigar o desempenho no teste Lista de Sentenças em Português (LSP), em indivíduos com limiares audiométricos normais, com e sem queixa de zumbido.

MÉTODOS

Esta pesquisa, de caráter prospectivo, foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, sob número 1.003.002. A população do estudo foi composta por voluntários e contatos pessoais das pesquisadoras, que autorizaram a participação, mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Foram avaliados 20 sujeitos de ambos os gêneros, que obedeceram aos seguintes critérios de inclusão: idade entre 18 e 45 anos (o limite de idade foi estabelecido para que o processo de envelhecimento não interferisse no resultado); audição dentro dos padrões de normalidade (de 0 a 20 dB NA), nas frequências de 250 a 8000 Hz, por via aérea; presença ou ausência do sintoma de zumbido; presença de emissões otoacústicas produto de distorção (EOAPD) (3 dB S/R acima do ruído de fundo, em todas as f2 pesquisadas). Foram excluídos do estudo os sujeitos que apresentaram perda auditiva, queixas de disfunções neurológicas e problemas de orelha média e/ou externa.

Os pacientes foram divididos em grupo zumbido (GZ), composto por sete sujeitos com presença de sintoma de zumbido, bilateralmente, e grupo controle (GC), composto por 13 indivíduos sem queixa de zumbido. Todos os participantes do grupo zumbido apresentavam a queixa há, no mínimo, seis meses, sempre bilateral. É importante relatar que todos os pacientes do grupo zumbido provinham de atendimento médico, por meio do qual havia sido realizada uma investigação aprofundada da queixa e descartados possíveis fatores de confusão ao presente estudo.

Inicialmente, os sujeitos responderam a um protocolo de entrevista com dados pessoais, clínicos e ocupacionais (anamnese). Na sequência, foram realizadas as medidas de imitância acústica, somente para descartar alterações de orelha média e, em seguida, audiometria tonal e emissões otoacústicas. Uma vez aprovados nos critérios iniciais de seleção, os indivíduos foram submetidos ao teste de reconhecimento de fala, no caso, teste Listas de Sentenças em Português (LSP)⁽¹⁶⁾. O teste LSP é constituído por uma lista de 25 sentenças, além de outras sete listas de dez sentenças e um ruído com espectro de fala. As sentenças e o ruído estão gravados em CD, em canais independentes, permitindo sua apresentação tanto no silêncio, quanto no ruído.

No grupo com queixa de zumbido, foram realizadas, ainda, as medidas psicoacústicas do zumbido (frequência e intensidade) e mensurado o grau de incômodo do zumbido, por meio do questionário *Tinnitus Handicap Inventory* (THI)⁽¹⁷⁾.

Foram obtidos os limiares de reconhecimento de sentenças no ruído (LRSR), utilizando o teste LSP. A saída de cada canal foi calibrada no *VU-meter* do audiômetro, antes de iniciar o teste. O tom de 1000 Hz, presente no mesmo canal do CD em que foram gravadas as sentenças, bem como o ruído mascarante presente no outro canal, foram colocados no nível zero. A medida do LRSR foi pesquisada em cada orelha, separadamente, com o uso de fones auriculares e os dois estímulos (fala e ruído) foram apresentados ipsilateralmente.

O teste foi aplicado com dois tipos de ruído: com o ruído do CD, como proposto pela autora⁽¹⁶⁾, e também com o ruído de fala (*speech-noise - SN*), contido e calibrado no audiômetro utilizado. A calibração foi feita de acordo com a norma ISO-8253.

A aplicação do material foi realizada segundo os critérios propostos pela autora do teste⁽¹⁶⁾, por meio do procedimento denominado “estratégia sequencial adaptativa ou ascendente-descendente”, que permite determinar o limiar de reconhecimento de fala, ou seja, o nível necessário para que o indivíduo identifique corretamente em torno de 50% dos estímulos de fala apresentados em uma determinada condição sinal/ruído. Este procedimento foi utilizado para medidas de reconhecimento de sentenças no ruído, tanto com o ruído do CD, como também com o *speech-noise*, sendo que a intensidade de ambos foi mantida constante em 65 dB NA.

Inicialmente, todos os sujeitos foram testados com as sentenças da lista 1A (lista de 25 sentenças), usada para treinamento. O treinamento foi sempre apresentado somente em uma orelha, juntamente com o ruído do CD. O nível inicial da apresentação das sentenças foi de 75 dB NA, ou seja, relação sinal/ruído +10.

Após o treino, deu-se início ao teste. Primeiramente, com a apresentação das listas subsequentes, junto com o ruído contido no CD e, em seguida, com o uso do ruído *speech-noise* presente no audiômetro e com o restante das listas. Sempre foram utilizadas listas diferentes para os diferentes ruídos e as diferentes orelhas.

É importante mencionar que foi observada, no primeiro estudo realizado com fones auriculares⁽¹⁸⁾, uma diferença de 7 dB entre o volume de gravação dos dois sinais apresentados (fala e ruído), sendo que as sentenças estavam gravadas em uma intensidade média de 7 dB abaixo da intensidade do ruído. Por

esta razão, a autora do teste referiu que, nas avaliações realizadas com fones auriculares, é necessário que sejam subtraídos 7 dB dos valores de fala observados no *dial* do equipamento, procedimento este adotado nesta pesquisa.

As medidas de imitação acústica foram realizadas com o analisador das funções da orelha média AZ7 – R - Interacoustics®. Para o registro das emissões otoacústicas, foi utilizado o equipamento Echoport ILO292 USBII, *software* ILO V6 Clinical. A audiometria e os testes de reconhecimento de fala foram realizados em cabina acústica, com audiômetro clínico AC33 - Interacoustics® e fones auriculares TDH-39, marca Telephonics®, devidamente calibrados. As sentenças foram apresentadas utilizando-se o CD original do teste LSP e um *Compact Disc Player Digital*, acoplado ao audiômetro.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística, para comparação entre grupos controle e zumbido. Em razão do tamanho reduzido do grupo zumbido e, considerando que o objetivo do estudo foi verificar a influência do zumbido no reconhecimento de fala no ruído e não identificar diferenças entre as orelhas, optou-se por juntar os resultados de orelha direita e esquerda, para a análise dos dados. Vale informar que foram realizados testes de comparação entre as orelhas e nenhuma relevância estatística foi observada. Os resultados de ambas as orelhas foram juntados. Os dados do teste de LRSR foram comparados entre os grupos, por meio do teste t-Student. Para todas as análises estatísticas, foi adotado o nível de significância de 5% para rejeição da hipótese de nulidade.

RESULTADOS

Foram avaliados 13 sujeitos do grupo controle e 7 sujeitos do grupo zumbido, totalizando 26 orelhas do grupo controle e 14 do grupo zumbido. A distribuição da população do estudo, segundo sexo e idade, está indicada na Tabela 1.

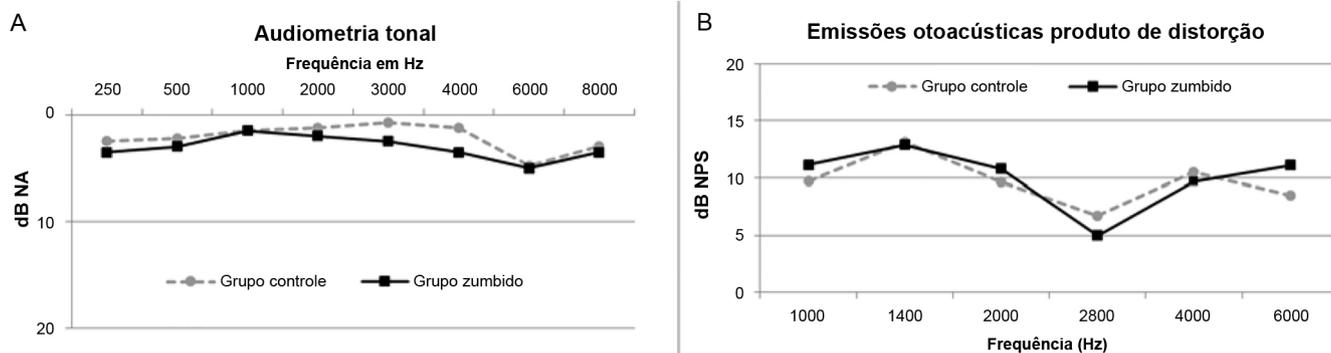
As médias dos limiares tonais e amplitude das emissões otoacústicas produto de distorção, em ambos os grupos, estão demonstradas na Figura 1.

Com relação aos testes psicoacústicos do grupo zumbido, isto é, frequência e intensidade média do zumbido e resultados do questionário THI, foi observado que, em média, o zumbido pôde ser qualificado como desprezível (0 a 16%) e, no máximo, foi considerado com impacto leve (18% a 36%), por um participante (Tabela 2).

Quanto aos resultados do teste de Listas de Sentenças em Português, realizado com o ruído do CD e com o ruído

Tabela 1. Distribuição da população, segundo gênero e idade

Grupo	Gênero				Idade (anos)	
	Feminino		Masculino		Média	Mediana
	n	%	n	%		
Controle	8	61,54	5	38,46	26,1	26
Zumbido	4	57,14	3	42,86	31,75	31



Legenda: EOAPD = Emissões otoacústicas produto de distorção

Figura 1. A: Curva média dos limiares audiométricos. B: Curva média das amplitudes das EOAPD por f2 em ambos os grupos

Tabela 2. Análise das respostas psicoacústicas do zumbido, no que se refere à frequência e intensidade, e desempenho na aplicação do THI⁽¹⁷⁾ no grupo zumbido

Grupo	Acufenometria				THI			
	Frequência		Intensidade		Média	Mediana	Mínimo	Máximo
	n	f	n	dB NS				
Zumbido	14	8,21	14	11	11,7%	9,5%	0%	29%

Legenda: THI = *Tinnitus Handicap Inventory*

Tabela 3. Análise das respostas da relação sinal/ruído do teste Listas de Sentenças em Português, utilizando o ruído do CD e o *speech-noise*, segundo os valores de média, mediana, desvio padrão, valores mínimos e máximos e valor de p, separadamente, por grupo

Ruído	Grupo	Média	Mediana	DP	Min	Máx	n	Valor de p
CD	Controle	-7,54	-7,5	3,13	-13,3	-3,2	26	0,131
	Zumbido	-6,85	-7,3	2,97	-12	-1,9	14	
SN	Controle	-4,02	-3,8	2,98	-10,7	0,8	26	0,013*
	Zumbido	-2,45	-2,75	1,72	-5	-0,1	14	

* Valores significativos ($p < 0,05$)

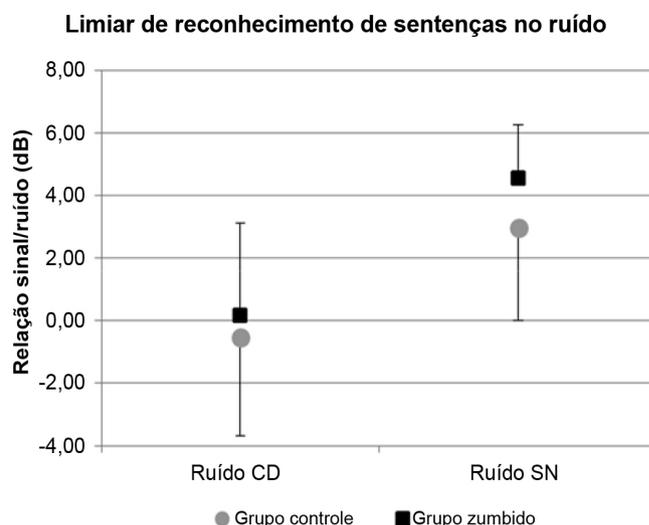
Legenda: CD = ruído mascarante contido no teste; SN = ruído de fala (*speech-noise*) contido no audiômetro; DP = desvio padrão

de espectro de fala (*speech-noise*), os valores referem-se às relações sinal/ruído obtidas, isto é, à menor relação que os indivíduos necessitaram para reconhecer 50% das sentenças apresentadas na presença dos ruídos (Tabela 3). Na Figura 2, são apresentados os resultados médios de ambas as condições.

Observa-se, na Tabela 3 e na Figura 2, que, para ambos os ruídos, isto é, tanto o ruído próprio do CD, quanto o *speech-noise*, o grupo zumbido necessitou de maior relação sinal/ruído para reconhecer 50% das sentenças apresentadas, sendo que, na pesquisa com o ruído *speech-noise*, a diferença foi estatisticamente significativa entre os grupos.

DISCUSSÃO

Neste estudo, foi utilizado o teste Listas de Sentenças em Português, com o ruído do CD contido no próprio teste e adicionada uma etapa com outro ruído mascarante, contido no audiômetro, o *speech-noise*. A utilização dos dois ruídos se deveu ao fato de que a percepção auditiva é diferente para ruídos com espectros diferentes^(19,20,21). Observou-se que, para



Legenda: LRSR = limiares de reconhecimento de sentenças no ruído; LSP = Listas de Sentenças em Português; CD = ruído mascarante contido no teste; SN = ruído de fala (*speech-noise*) contido no audiômetro

Figura 2. Médias e desvios padrão dos LRSR do teste LSP, utilizando o ruído do CD e o *speech-noise*, separadamente, por grupo

ambos os ruídos, o desempenho do grupo com zumbido se apresentou pior, porém, a diferença só foi significativa no uso do ruído *speech-noise*. Comparando as respostas de ambos os grupos com os dois ruídos, é possível dizer que a condição de pesquisa com o *speech-noise* foi mais difícil que a condição com o ruído do CD. Ambos os grupos necessitaram de uma relação sinal/ruído mais favorável para o reconhecimento de 50% das sentenças com o ruído *speech-noise*, quando comparado com o ruído do CD. Resultados muito similares também já foram apresentados⁽²²⁾ e dados semelhantes já foram relatados em outros estudos^(5,6,21).

Com relação às medidas psicoacústicas do zumbido e o grau de incômodo medido pelo THI, assim como em outros estudos, nenhuma correlação pôde ser estabelecida^(7,8,14,23).

Em estudo, no qual foi aplicado o teste *Threshold Equalizing Noise* (TEN)⁽²³⁾, a fim de investigar o desempenho na identificação de sons alvo na presença de ruído, os limiares obtidos na presença de ruído ipsilateral foram estatisticamente maiores (piores) no grupo zumbido, do que no grupo controle. Os autores⁽²³⁾ ressaltam que foi possível observar que o tom alvo no grupo zumbido não foi beneficiado na escuta desfavorável, diferentemente do observado no grupo controle, no qual os limiares praticamente não sofreram alterações com a introdução do ruído.

Dificuldades de comunicação, na maioria dos pacientes com zumbido, são tipicamente atribuídas ao mau desempenho na percepção da fala, ocasionado por perda auditiva^(4,5). O efeito do zumbido na percepção de fala, sem que haja uma perda auditiva, ainda não é claro⁽⁵⁾, indicando que, em ambientes ruidosos, os indivíduos com zumbido parecem ter capacidade de reconhecimento de fala inferior àqueles sem o zumbido, conforme observado no presente estudo. Estes dados se somam às evidências de que o efeito do zumbido na percepção da fala ou de tons puros, na presença de ruído, de fato está negativamente manifesto, comprometendo o desempenho dos sujeitos nessas situações. Os resultados do presente estudo confirmam essa premissa⁽²³⁾.

Foi demonstrado previamente que os pacientes com zumbido e audiometria normal apresentaram piores limiares de detecção de tom puro, na presença de ruído competitivo^(14,23). Ainda que somente com os dados obtidos neste estudo não seja possível afirmar o que de fato torna os desempenhos diferentes, uma hipótese recente para que isso ocorra seria a diminuição do número de fibras auditivas aferentes (desaferenciações), culminando em redução no *feedback* do sistema olivococlear medial e contribuindo para o aumento dos limiares de detecção de tom, em ruído. Dessa forma, limiares de audição normal também podem ser acompanhados por uma função prejudicada das fibras eferentes, que se projetam a partir do tronco cerebral para a cóclea^(23,24,25).

Em sujeitos com zumbido e audição normal, é possível que a desaferenciação das fibras do nervo auditivo esteja presente⁽⁹⁾, evidenciada pelos limiares de discriminação de intensidade,

significativamente maiores no grupo com zumbido⁽¹¹⁾. Assim, a obtenção de limiares mais elevados na presença de ruído poderia ser o resultado psicoacústico de um possível déficit de processamento da informação auditiva^(9,11).

A hipótese de desaferenciação vem sendo discutida por diversos autores^(7,9,10,11,12,14,18,22), mas somente foi comprovada em modelos animais^(3,12). Embora se apresente como uma alteração subclínica, a desaferenciação auditiva poderia ocasionar redução na probabilidade e sincronia de disparos das fibras nervosas e, conseqüentemente, prejudicar a codificação da fala, principalmente nas condições de escuta desfavoráveis^(13,19). A diminuição da informação auditiva, a partir da área lesionada, diminuiria a inibição que o sistema olivococlear medial normalmente exerce sobre as células ciliadas. Uma das ações desse mecanismo seria a redução do efeito de mascaramento, produzido por ruído ou por outros sons^(24,25).

Considerando as funções do sistema olivococlear medial, se a desaferenciação modifica a entrada da informação auditiva e, conseqüentemente, interfere no disparo e no funcionamento desse sistema, a amplificação do ruído que antes seria reduzida, favorecendo a percepção do sinal alvo na presença deste, passará a não mais acontecer. Assim, o reconhecimento de estímulos na presença de ruído poderá ser comprometido ou, no mínimo, diferente de um sistema íntegro. Seguindo o raciocínio, esse comportamento poderia ser observado no desempenho pior do grupo zumbido no teste LSP, com ambos os ruídos. Em outras palavras, a relação sinal/ruído necessária para o reconhecimento de 50% das sentenças alvo, foi estatisticamente maior no grupo zumbido, indicando que esse ruído, que deveria ser atenuado pelo sistema olivococlear medial, estava desfavorecendo a escuta do som principal.

Uma sensibilidade auditiva normal, portanto, evidenciada por limiares audiométricos dentro dos padrões de normalidade até 8000 Hz, pode estar mascarando um quadro de alterações auditivas subclínicas^(12,13). A hipótese é que, na presente pesquisa, essas alterações neurais estariam sendo refletidas pelos limiares ao teste LSP com *speech-noise*, estatisticamente mais elevados no grupo zumbido. De certa forma, pode-se dizer que os resultados deste estudo convergem para outras pesquisas^(7,11,14,23), no que se refere ao comportamento psicoacústico.

Uma limitação importante desta pesquisa é que não foram obtidos os limiares de alta frequência (> que 8000 Hz). É possível que, juntamente com os processos já descritos, se adicione, nos casos de zumbido, perda importante nas frequências ultra-altas, que contribuam para desempenhos piores. Em estudo recente, que investigou desaferenciações em jovens expostos a ruído, foi observada uma diferença estatística entre os limiares audiométricos de frequências ultra-altas. Os autores concluíram que as diferenças entre os grupos (expostos e não expostos) foram devidas a desaferenciações. Entretanto, o que talvez justifique o desempenho divergente entre as avaliações realizadas⁽²⁶⁾, sejam as fortes diferenças entre os limiares de frequências ultra-altas.

Independentemente das hipóteses levantadas, os resultados apresentados no presente estudo expõem a importância de se investigar aspectos subclínicos auditivos, valorizando a queixa trazida pelo paciente. Mesmo diante de limiares audiométricos dentro dos padrões de normalidade, o sintoma deve ser investigado, utilizando-se instrumentos que possam reproduzir e/ou revelar fatos evidentes de alguma dificuldade ou disfunção do sistema. Este seria o primeiro passo para uma adequada intervenção.

CONCLUSÃO

O desempenho de sujeitos com audição normal e queixa de zumbido, no reconhecimento de fala na presença de ruído competitivo, foi pior que em indivíduos sem o sintoma, principalmente na etapa com o ruído *speech-noise*.

A análise sintetiza que, de fato, os grupos controle e zumbido são diferentes, no que se refere ao desempenho de testes de fala na presença de ruído.

REFERÊNCIAS

- Lobarinas E, Salvi R, Ding D. Insensitivity of the audiogram to carboplatin induced inner hair cell loss in chinchillas. *Hear Res.* 2013;302:113-20. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2013.03.012>
- Zhao F, Stephens D. A critical review of King-Kopetzky syndrome: hearing difficulties, but normal hearing? *Audiol Med.* 2007;5:119-24. <https://doi.org/10.1080/16513860701296421>
- Kujawa SG, Liberman MC. Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after “temporary” noise-induced hearing loss. *J Neurosci.* 2009;29(45):14077-85. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2845-09.2009>
- Davis AC. The prevalence of hearing impairment and reported hearing disability among adults in Great Britain. *Int J Epidemiol.* 1989;18940:911-7. <https://doi.org/10.1093/ije/18.4.911>
- Huang CY, Lee HH, Chung KC, Chen HC, Shen YJ, Wu JL. Relationships among speech perception, self-rated tinnitus loudness and disability in tinnitus patients with normal pure-tone thresholds of hearing. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.* 2007;69(1):25-9. <https://doi.org/10.1159/000096713>
- Ryu IS, Ahn JH, Lim HW, Joo KY, Chung JW. Evaluation of masking effects on speech perception in patients with unilateral chronic tinnitus using the hearing in noise test. *Otol Neurotol.* 2012;33(9):1472-6. <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e31826dbcc4>
- Ibraheem OA, Hassaan MR. Psychoacoustic characteristics of tinnitus versus temporal resolution in subjects with normal hearing sensitivity. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2016;20. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1583526>
- Eggermont JJ. Tinnitus: neurobiological substrates. *Drug Discov Today.* 2005;10(19):1283-90. [https://doi.org/10.1016/S1359-6446\(05\)03542-7](https://doi.org/10.1016/S1359-6446(05)03542-7)
- Schaette R, McAlpine D. Tinnitus with a normal audiogram: physiological evidence for hidden hearing loss and computational model. *J Neurosci.* 2011;31(38):13452-7. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2156-11.2011>
- Lopez-Poveda EA, Barrios P. Perception of stochastically undersampled sound waveforms: a model of auditory deafferentation. *Front Neurosci.* 2013;7:124. <https://doi.org/10.3389/fnins.2013.00124>
- Epp B, Hots J, Verhey JL, Schaette R. Increased intensity discrimination thresholds in tinnitus subjects with a normal audiogram. *J Acoust Soc Am.* 2012;132(3):EL196-201. <https://doi.org/10.1121/1.4740462>
- Fernandez KA, Jeffers PWC, Lall K, Liberman MC, Kujawa SG. Aging after noise exposure: acceleration of cochlear synaptopathy in “recovered” ears. *J Neurosci.* 2015;35(19):7509-20. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5138-14.2015>
- Plack CJ, Barker D, Prendergast G. Perceptual consequences of “hidden” hearing loss. *Trends Hear.* 2014;18:1-11. <https://doi.org/10.1177/2331216514550621>
- Weisz N, Hartmann T, Dohrmann K, Schlee W, Norena A. High-frequency tinnitus does not mean absence of deafferentation. *Hear Res.* 2006;222(1-2):108-14. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2006.09.003>
- Breuel MLF, Sanchez TG, Bento RF. Vias auditivas eferentes e seu papel no sistema auditivo. *Arq Int Otorrinolaringol.* 2001;5(2):149.
- Costa MJ. Listas de sentenças em português: apresentação e estratégias de aplicação na audiolgia. Santa Maria: Pallotti, 1998.
- Ferreira PEA, Cunha F, Onishi ET, Branco-Barreiro FCA, Gananga FF. Tinnitus handicap inventory: adaptação cultural para o Português brasileiro. *Pro Fono.* 2005;17(3):303-10. <https://doi.org/10.1590/S0104-56872005000300004>
- Cóser PL, Costa MJ, Cóser MJS, Fukuda Y. Reconhecimento de sentenças no silêncio e no ruído em indivíduos portadores de perda induzida pelo ruído. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2000;66(4):362-70.
- Lopez-Poveda EA. Why do I hear but not understand? Stochastic undersampling as a model of degraded neural encoding of speech. *Front Neurosci.* 2014;8:348. <https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00348>
- Johannesen PT, Pérez-González P, Kalluri S, Blanco JL, Lopez-Poveda EA. The influence of cochlear mechanical dysfunction, temporal processing deficits, and age on the intelligibility of audible speech in noise for hearing-impaired listeners. *Trends Hear.* 2016;20. pii: 2331216516641055. <https://doi.org/10.1177/2331216516641055>
- Füllgrabe C, Moore BCJ, Stone MA. Age-group differences in speech identification despite matched audiometrically normal hearing: contributions from auditory temporal processing and cognition. *Front Aging Neurosci.* 2015;6:347. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00347>
- Hennig TR, Costa MJ, Urnau D, Becker KT, Schuster LC. Reconhecimento de fala de indivíduos normo-ouvintes com zumbido e hiperacusia. *Arq Int Otorrinolaringol.* 2011;15(1):21-8. <https://doi.org/10.1590/S1809-48722011000100003>
- Buzo BC, Carvallo RM. Psychoacoustic analyses of cochlear mechanisms in tinnitus patients with normal auditory thresholds. *Int*

- J Audiol. 2014;53(1):40-7. <https://doi.org/10.3109/14992027.2013.840931>
24. Zhu X, Vasilyeva ON, Kim S, Jacobson M, Romney J, Waterman MS et al. Auditory efferent feedback system deficits precede age-related hearing loss: contralateral suppression of otoacoustic emissions in mice. *J Comp Neurol.* 2007;503(5):593-604. <https://doi.org/10.1002/cne.21402>
25. Guinan JJ Jr. Olivocochlear efferents: anatomy, physiology, function, and the measurement of efferent effects in humans. *Ear Hear.* 2006;27(6):589-607. <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000240507.83072.e7>
26. Liberman MC, Epstein MJ, Cleveland SS, Wang H, Maison SF. Toward a differential diagnosis of hidden hearing loss in humans. *PLoS One.* 2016;11(9):e0162726. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162726>