

Percepção de fala: desempenho de indivíduos usuários de aparelho de amplificação sonora individual com microfone direcional

Speech perception: performance of individuals with hearing aids and a directional microphone

Maria Fernanda Capoani Garcia Mondelli¹, Caio César Calderon de Almeida²

RESUMO

Objetivo: Avaliar o desempenho da percepção de fala no ruído, de indivíduos com perda auditiva, usuários de Aparelho de Amplificação Sonora Individual (AASI) com microfone direcional, nas seguintes situações: sem AASI, com AASI e microfone omnidirecional e com AASI e microfone direcional. **Métodos:** Estudo de corte histórica, com corte transversal, e participação de 45 sujeitos bilateralmente adaptados com AASI de tecnologia digital. Os sujeitos foram avaliados por meio do teste HINT - Brasil, em três momentos: sem AASI, com AASI e microfone omnidirecional ativado e com AASI e microfone direcional ativado. **Resultados:** Por meio de análise de medidas descritivas e testes estatísticos foi possível verificar diferença entre as três condições de avaliação: sem AASI, com AASI e microfone direcional e com AASI e microfone omnidirecional, sendo o menor valor de p para o microfone direcional ativado. **Conclusão:** A ativação do microfone direcional contribui para o melhor desempenho da percepção de fala em situação de ruído controlado.

Descritores: Ruído; Auxiliares de audição; Percepção auditiva; Perda auditiva; Tecnologia

ABSTRACT

Purpose: To investigate speech recognition functioning in noise for hearing-impaired adults who use a hearing aid (HA) with a directional microphone, compared to those patients with no HA and HA with an omnidirectional microphone. **Methods:** A cross-sectional study of 45 subjects bilaterally fitted with digital hearing aids was performed. The subjects were evaluated by the Hearing In Noise Test (HINT-Brazil) under three conditions: without HA, with HA and omnidirectional microphone activated, and with HA and directional microphone activated. **Results:** Through analysis of descriptive measures and statistical tests, we were able to verify that the directional microphone was significantly better. **Conclusion:** Based on the results, we can conclude that the directional microphone contributes most significantly to speech recognition in noise.

Keywords: Noise; Hearing aids; Auditory perception; Hearing loss; Technology

Trabalho realizado na Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo – USP – Bauru (SP), Brasil.

(1) Departamento de Fonoaudiologia, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo – USP – Bauru (SP), Brasil.

(2) Curso de Fonoaudiologia, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo – USP – Bauru (SP), Brasil.

Conflito de interesses: Não

Contribuição dos autores: MFCGM planejamento, orientação e correções; CCCA coleta de dados, análise de dados e elaboração do artigo.

Endereço para correspondência: Maria Fernanda Capoani Garcia Mondelli. Al. Octávio Pinheiro Brizola, 9/75, Vila Universitária, Bauru (SP), Brasil, CEP: 17012-901. E-mail: mfernandamondelli@hotmail.com

Recebido em: 18/6/2013; **Aceito em:** 7/4/2014

INTRODUÇÃO

A percepção e a compreensão da fala são processos complexos que demandam integridade e funcionalidade anatômica do sistema auditivo, exigindo diversas habilidades: fonológica, fonética, lexical, sintática, semântica, pragmática e cognitiva. A lesão do sistema auditivo prejudica muitas dessas habilidades, comprometendo o processamento do sinal acústico ou de fala^(1,2).

O desenvolvimento da habilidade de reconhecimento de fala pelo indivíduo com deficiência auditiva é um desafio para os profissionais da área de Audiologia, uma vez que a fala está presente no dia a dia e a queixa mais frequente tem sido reconhecer e compreender o sinal da fala em situação de ruído, que ocorre de maneira competitiva na maioria das situações de comunicação.

Os problemas decorrentes da privação sensorial podem ser minimizados com o uso do Aparelho de Amplificação Sonora Individual (AASI), que proporciona a audibilidade do sinal de fala, bem como de outros sons, promovendo a melhora da habilidade de comunicação⁽³⁾. O resgate da percepção de fala dependerá das características da perda auditiva do indivíduo. No entanto, usuários de AASI também referem diversas dificuldades em ambientes ruidosos. Entre os problemas, estão a compreensão da fala, o desconforto com a intensidade e o incômodo com o ruído de fundo⁽⁴⁾.

Em ambientes ruidosos ou em condições adversas, como, por exemplo, quando a fala é distorcida, o indivíduo pode apresentar inúmeras dificuldades na inteligibilidade de fala, pois o número de pistas - acústicas, linguísticas, semânticas e circunstanciais - diminui significativamente, levando-o a utilizar somente as pistas disponíveis na situação⁽⁵⁾.

Os avanços tecnológicos permitiram o aprimoramento do processamento do sinal no AASI digital, proporcionando conforto auditivo em situações mais ruidosas. Atualmente, podem ser utilizados algoritmos de redução digital de ruído e microfone direcional, com o propósito de melhorar o desempenho do usuário de AASI frente a situações de percepção da fala na presença do ruído.

Em relação à direcionalidade, os AASI podem ser equipados com microfones omnidirecionais e direcionais. Os omnidirecionais captam os sons oriundos de qualquer direção, de forma equivalente, evidenciando um padrão polar circular⁽⁶⁾.

Os microfones direcionais foram introduzidos no mercado de AASI nos EUA, em 1971⁽⁷⁾. Atualmente, são opcionais, na maioria dos AASI, favorecendo a relação sinal/ruído. São mais sensíveis a sons vindos de uma determinada direção, em geral, aqueles que vêm da frente da cabeça, atenuando os sons que vêm de outras direções^(8,9). A melhora da relação sinal/ruído nos microfones direcionais varia de 3 a 5 dB, contribuindo para a inteligibilidade do sinal de fala⁽¹⁰⁾.

Atualmente, os microfones direcionais podem ser subdivididos em direcionais fixos, direcionais fixos automaticamente

ativados, direcionais adaptativos manuais e direcionais adaptativos automaticamente ativados⁽¹¹⁾.

Os sistemas de microfones direcionais fixos fornecem um padrão de resposta estático, que foca a direcionalidade para sons da frente do indivíduo. Essa estratégia baseia-se na suposição de que o falante estará de frente para o ouvinte e o ruído será proveniente da parte lateral ou posterior. Entretanto, alguns estudos apontam que o sinal de fala não provém da frente do ouvinte em mais de 20% das situações⁽¹²⁾.

O microfone direcional adaptativo automaticamente ativado tem por característica principal o acionamento da direcionalidade, conforme a informação dada pelo ambiente⁽³⁾. Desse modo, o padrão polar varia de acordo com detecção dos sons de fala e de ruído, nível geral do som de entrada e direção dos sinais de fala⁽¹¹⁾.

Pesquisadores avaliaram o desempenho de indivíduos adultos com perda auditiva sensorioneural com relação à percepção da fala, utilizando o AASI digital com o algoritmo de redução de ruído ativado e desativado, na presença de um ruído. Os resultados demonstraram diferença significativa entre as duas condições, indicando que o algoritmo pôde proporcionar benefício para a maioria dos indivíduos. Esses achados evidenciam a importância do avanço tecnológico⁽¹⁾.

Em um estudo realizado com 16 usuários de AASI, foi avaliado o reconhecimento de fala no ruído com ativação de dois algoritmos: redutor de ruído e microfone direcional, separadamente. Os resultados revelaram que a ativação do microfone direcional foi claramente positiva para a recepção da fala. Não houve nenhum benefício adicional do efeito combinado de ambos os algoritmos⁽¹³⁾.

Pesquisadores compararam o desempenho da percepção de fala no ruído, o benefício e a satisfação obtidos por adultos com deficiência auditiva usuários de AASI digitais com algoritmo de redução de ruído, dos tipos retroauricular omnidirecional, retroauricular direcional, intracanal omnidirecional e microcanal omnidirecional. Constataram que não houve diferença significativa na percepção da fala na presença de ruído competitivo, entre os grupos de usuários de AASI digital com algoritmo de redução de ruído omnidirecional e direcional. No entanto, observou-se que a direcionalidade, obtida por meios acústicos ou eletrônicos, favoreceu o reconhecimento da fala⁽¹⁴⁾.

Sendo um dos principais objetivos da adaptação do AASI a melhora da percepção da fala, facilitando, assim, o processo de comunicação, há necessidade de se verificar, por meio de testes padronizados, o desempenho dos indivíduos. De maneira geral, os testes de percepção da fala simulam condições de escuta específicas e quantificam as mudanças na habilidade de percepção da fala com o uso do AASI, nessa condição de escuta específica⁽⁸⁾.

Os testes de fala no ruído foram desenvolvidos com o objetivo de dificultar a identificação e reconhecimento de um sinal de fala e simular situações mais reais, vivenciadas pelos pacientes⁽¹⁵⁾.

Diferentes testes foram elaborados, com o objetivo de avaliar o desempenho obtido com e sem a utilização do AASI. Em 1994, foi desenvolvido o *Hearing Noise In Test* (HINT), com o propósito de ser um método confiável e eficiente para avaliação do reconhecimento de sentenças, a partir da medida do limiar de recepção da fala, realizada no silêncio e no ruído⁽¹⁶⁾. O limiar de recepção de fala é definido como o nível de apresentação necessário para que o indivíduo reconheça corretamente 50% do material de fala. O HINT foi traduzido para o Português Brasileiro e publicado em 2008⁽¹⁷⁾ e pode ser utilizado para comparar o desempenho dos pacientes com diferentes AASI, ou o desempenho de diferentes grupos de indivíduos.

Pesquisadores investigaram o benefício do microfone direcional em dois modelos de adaptação aberta, usando o teste HINT. Participaram 16 indivíduos, entre 50 e 85 anos, com perda auditiva em altas frequências e sem experiência prévia com o uso de AASI. Foi realizada a avaliação com microfone omnidirecional e direcional, separadamente, havendo vantagem do microfone direcional na percepção da fala⁽¹⁸⁾.

Há a necessidade de verificar o desempenho, em situação de ruído, de indivíduos adaptados com AASI com microfone direcional. Assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho, em situação de ruído, de indivíduos com perda auditiva, usuários de AASI com microfone direcional, em um teste de percepção de fala, comparando-se com outras duas situações: sem AASI e com AASI e microfone omnidirecional.

MÉTODOS

Anteriormente à sua execução, este projeto foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo (USP), sendo aprovado sob processo número 48522 e CAAE 04461312.0.0000.5417.

Foi realizado um estudo de corte histórica, com corte transversal e participação de 45 sujeitos. A amostra foi selecionada de maneira aleatória, de acordo com os seguintes critérios de inclusão:

- idade igual ou superior a 18 anos;
- diagnóstico de perda auditiva pós-lingual, bilateral sensorineural, de grau moderado a severo;
- configuração plana ou descendente, simétrica ou não;
- Índice de Reconhecimento de Fala (IRF) igual ou acima de 70%;
- sem experiência prévia com uso de AASI;
- mínimo de três meses e máximo de seis meses de uso do AASI, durante um período mínimo de oito horas/dia e sem interrupção do uso;
- adaptação bilateral de AASI com tecnologia digital e microfone com direcionalidade fixa.

Os participantes da pesquisa leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Foram excluídos aqueles que não possuíam compreensão adequada, ou com alterações

nos processos cognitivos para responder às questões propostas e aqueles com flutuação nos limiares audiométricos.

Todos os indivíduos faziam uso de AASI Extra 311 Az (Phonak®), sem o programa de direcionalidade acionado, até o momento da avaliação. Para a realização do teste de percepção de fala optou-se por manter desligado o supressor de ruído, mantendo apenas o microfone direcional acionado. O microfone direcional, quando habilitado, apresenta polaridade fixa em Cardióide.

Os atendimentos na clínica de fonoaudiologia são agendados por meio da Divisão Regional de Saúde e os participantes contam com transporte da Prefeitura. Essa logística favoreceu a participação dos indivíduos, sem faltas durante os retornos solicitados.

Foi realizada avaliação da percepção de fala com o HINT-Brasil (*Hearing In Noise Test*, versão português do Brasil)⁽¹⁷⁾, em três momentos: sem AASI (V1), com AASI e microfone omnidirecional ativado (V2) e com AASI e microfone direcional ativado (V3).

O HINT consiste de 12 listas com 20 sentenças gravadas. Pode ser aplicado por meio de fones, ou em campo livre e utiliza o procedimento adaptativo para avaliar o reconhecimento de fala no silêncio e no ruído. As sentenças HINT devem ter dificuldades semelhantes, quando ouvidas no ruído, de forma que a relação sinal/ruído (S/R) seja o fator primário de influência sobre a inteligibilidade de fala.

Para a avaliação em campo livre com ruído competitivo, o nível do ruído foi mantido fixo em 65 dB(A) e o nível da fala, aumentado e diminuído durante o teste, de acordo com a precisão das respostas do indivíduo, até que atingisse 50% de reconhecimento de fala⁽¹⁹⁾. Esse valor é estipulado pelo protocolo do próprio HINT e apresenta duas fases: a primeira, que estima o limiar do indivíduo, envolve as quatro sentenças iniciais e as intensidades variam de 4 em 4 dB. A segunda, inicia-se a partir da quinta sentença, com intensidades que variam de 2 em 2 dB e possibilitam a determinação do limiar com maior precisão.

Os resultados do HINT no ruído são apresentados em dB (S/R), representando a diferença necessária entre o nível de apresentação do sinal e o nível de apresentação do ruído, para que o indivíduo reconheça 50% dos estímulos. Quando uma resposta correta é obtida, a relação sinal/ruído é reduzida por um valor equivalente. Quando a resposta for incorreta, a relação sinal/ruído será aumentada pelo mesmo valor equivalente. Por exemplo, uma relação S/R de -5dB indica que as sentenças foram apresentadas a 60 dB (ou 5 dB abaixo do ruído de 65 dB), ao repetir-se corretamente 50% das sentenças.

As respostas foram consideradas corretas quando o indivíduo repetia, sem erros ou omissões, a sentença apresentada.

Quanto menor a S/R, diminuem as dificuldades para reconhecimento de fala no ruído, pois o indivíduo consegue executar essa habilidade com pequena diferença entre o sinal de fala e o ruído competitivo.

Esta pesquisa foi realizada em campo livre, com a fala apresentada em 0° azimute e o ruído a 180° azimute. Para aplicação do teste, foi utilizado o *hardware* HINT PRO⁽²⁰⁾, conectado a um computador.

O teste foi realizado em uma sala acusticamente tratada, que permitia o adequado posicionamento do participante, do avaliador e do equipamento. Em todas as condições de avaliação foram utilizados dois alto-falantes, posicionados à distância de um metro do participante, caixa com emissão das frases a 0° azimute e caixa com emissão do ruído a 180° azimute, ambas na altura do microfone do AASI.

Para a avaliação em campo livre, o participante foi instruído a permanecer na mesma posição, durante todo o teste, de modo a assegurar que a intensidade que estava atingindo o microfone do AASI era a mesma indicada no equipamento. Todo o procedimento foi realizado após a calibração e marcação do posicionamento das caixas. Vale ressaltar que o equipamento estava sendo utilizado exclusivamente para esta pesquisa, durante o período de coleta de dados.

Para cada uma das condições avaliadas (silêncio/ruído), foi apresentada uma lista de 20 sentenças, escolhidas, aleatoriamente, pelo próprio *software* HINT PRO. A pontuação para o teste no silêncio foi expressa em dB (A), como sendo o limiar para reconhecimento de 50% das sentenças. Para avaliação com ruído competitivo, foi mantido o nível fixo de 65 dB(A), durante todo o teste. O nível de apresentação inicial das sentenças foi igual a 60 dB(A), variando conforme as respostas do participante. Desta forma, relações sinal/ruído menores, indicavam melhor desempenho do participante na condição avaliada.

Análise estatística

Após a realização das avaliações, os dados foram armazenados em banco de dados e, posteriormente, analisados de maneira descritiva, utilizando o programa Statistica, versão 7.0 para Windows. Foi aplicado o teste Friedman ANOVA entre as três variáveis e o teste de Wilcoxon pareado, para comparação mais detalhada entre V1 e V2, V1 e V3, e V2 e V3.

Entre todos os procedimentos estatísticos, considerou-se o nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

A casuística foi composta de 45 adultos, sendo que a caracterização do gênero e da idade encontra-se descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização da amostra quanto à idade e gênero dos participantes

Idade						
n	F	M	Min.	Máx.	x	DP
45	24	21	26	81	60,93333	15,61349

Legenda: F = feminino; M = masculino; mín = mínimo; máx = máximo; x = média; DP = desvio padrão

Os resultados do HINT, versão brasileira, demonstram os valores médios da relação S/R para as variáveis sem AASI, com AASI e microfone omnidirecional ligado e com AASI e microfone direcional ligado (Tabela 2).

Tabela 2. Medidas descritivas obtidas para o reconhecimento de fala no ruído nas variáveis testadas

Variável	n	Medidas descritivas			
		Mín	Máx	x	DP
V1	45	-1,0	14,8	7,34	5,41701
V2	45	-3,5	10,6	4,18	4,02194
V3	45	-7,1	5,1	-1,07	3,31801

Legenda: V1 = sem AASI; V2 = com AASI e microfone omnidirecional ligado; V3 = com AASI e microfone direcional ligado; mín = mínimo; máx = máximo; x = média; DP = desvio padrão

Os valores de S/R negativos indicaram melhor desempenho do sujeito em situação de ruído, frente aos valores positivos e o teste estatístico Friedman ANOVA demonstrou diferença estatística entre os três grupos ($p=0,00002$).

Tendo em vista que o teste estatístico Wilcoxon pareado foi utilizado pela ausência de independência entre as variáveis medidas no mesmo sujeito, as três variáveis foram comparadas da seguinte maneira: V1 com V2; V1 com V3 e V2 com V3 (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados após aplicação do teste estatístico Wilcoxon pareado

Teste de Wilcoxon pareado		
Variáveis	n	Valor de p
V1 x V2	45	0,040889
V1 x V3	45	0,000655
V2 x V3	45	0,000805

Teste de Wilcoxon pareado ($p=0,00002$)

Legenda: V1 = sem AASI; V2 = com AASI e microfone omnidirecional ligado; V3 = com AASI e microfone direcional ligado

DISCUSSÃO

A habilidade para compreender a fala é considerada o aspecto mais importante a ser mensurado durante a seleção e adaptação de um AASI, pois permite avaliar a função comunicativa receptiva, oferecendo informações sobre como o indivíduo age em situações de escuta diária, muito diversas no que se refere à acústica do ambiente e ruído.

Indivíduos com perda auditiva, frequentemente se queixam de dificuldade de reconhecer a fala, principalmente na presença de ruído de fundo. A demanda clínica dessa queixa favoreceu a realização desta pesquisa, composta por adultos (Tabela 1) adaptados bilateralmente com AASI.

É de fundamental importância a avaliação do reconhecimento da fala em situações mais próximas às reais, tais como testes audiológicos que empregam sentenças como estímulo,

realizados, também, na presença de ruído competitivo.

Os valores médios do Limiar de Reconhecimento de Sentenças (LRF/HINT) no ruído diferiram entre a condição sem AASI para com AASI e microfone omnidirecional ligado e para com AASI e microfone direcional ligado. (Tabela 2). Em uma pesquisa realizada para avaliar a compreensão de fala no ruído com uso de AASI com microfones direcionais - microfone omnidirecional bilateral, microfone omnidirecional em uma orelha e direcional na orelha oposta e direcional bilateral -, observou-se melhora na compreensão de fala com uso assimétrico do microfone direcional, ou seja, microfone direcional em uma orelha e omnidirecional em outra. Os autores também constataram que os indivíduos aceitaram melhor o ruído de fundo, quando utilizaram microfone direcional em ambas as orelhas⁽²¹⁾.

O ruído é um som indesejável, presente em vários ambientes. A interferência do ruído sobre a fala pode ser expressa por meio da relação sinal/ruído (S/R), definida como a diferença entre o nível do sinal de fala e o nível do ruído. A metodologia da pesquisa citada difere da que foi utilizada neste estudo, mas permite sugerir que o uso do microfone direcional favorece o conforto e a inteligibilidade de fala, em situação de ruído.

A possibilidade de compreender melhor a fala em situações de vida diária, como trânsito, supermercado, banco e programas de televisão foi levantada por todos os indivíduos da pesquisa que optaram por fazer uso do microfone direcional, nessas ocasiões. A mudança de programação (microfone omnidirecional para direcional e vice-versa) era realizada manualmente e, segundo a totalidade dos participantes, o microfone direcional foi utilizado com maior efetividade.

Em uma pesquisa⁽²²⁾ realizada com quatro indivíduos, comparando o desempenho no reconhecimento de fala com os microfones omnidirecional, direcional fixo e direcional adaptativo, automaticamente ativado, foi constatado que, qualitativamente, os indivíduos, de um modo geral, optaram pelo microfone omnidirecional.

Nesta pesquisa, a preferência pelo uso do microfone direcional no dia a dia pode ter sido em decorrência da avaliação realizada com o HINT, pois no momento do teste, quando o avaliador realizava a modificação de microfone omnidirecional para direcional, o indivíduo referia a percepção da melhora para compreensão das sentenças. Vale ressaltar que este estudo não tinha como objetivo avaliar a satisfação do indivíduo e sim o seu desempenho com o AASI.

A intenção, ao se aplicar o teste HINT, foi possibilitar o maior detalhamento das dificuldades de percepção da fala dos indivíduos usuários de AASI, melhorando, assim, os parâmetros de adaptação na rotina audiológica⁽²³⁾.

O valor S/R negativo indica que o indivíduo foi capaz de reconhecer a fala frente ao ruído de maneira mais eficaz, demonstrando melhor desempenho. A análise dos valores médios das medidas descritivas revelou que a condição AASI com microfone direcional ligado foi a que demonstrou melhor resultado. Resultados semelhantes foram encontrados em uma

pesquisa que avaliou o uso da direcionalidade no HINT⁽²⁴⁾.

O estudo estatístico realizado permitiu verificar uma importante diferença entre os três grupos. Observou-se que os resultados revelaram significância entre todas as comparações realizadas (Tabela 3). A primeira condição, V1xV2, comparou o desempenho do grupo sem AASI e do grupo com AASI e microfone omnidirecional e a significância confirmou o benefício que o AASI oferece ao usuário. Os resultados obtidos na segunda condição de comparação, V1xV3, também foram significativos. No entanto, o valor de p inferior verificado, indicou um benefício ainda maior no reconhecimento de sentenças com o uso do microfone direcional, para o indivíduo em situações de ruído.

Como demonstraram diversos estudos da literatura^(1,13,14,18), desde o ano de 2000 observa-se grande número de pesquisas sobre esse tema. Os dados encontrados coincidem com resultados de pesquisas atuais, confirmando que a direcionalidade favorece o reconhecimento de fala em situação de ruído^(14,23,24) e que, para perdas de moderadas a severas, o microfone direcional bilateral, comparado ao omnidirecional bilateralmente, oferece maior benefício.

A seleção do tipo de microfone é um dos aspectos importantes a serem considerados, quando se tem por objetivo melhorar o reconhecimento de fala no ruído, em usuários de AASI. A continuidade da reabilitação auditiva no período pós adaptação, pode contribuir para o aprimoramento dessa habilidade.

Estudos clínicos que comprovem a efetividade dos algoritmos disponíveis no mercado tornam-se fundamentais para a decisão do profissional, no momento de selecionar um AASI.

CONCLUSÃO

A ativação do microfone direcional contribui para o melhor desempenho da percepção de fala em situação controlada, de ruído específico, quando comparado ao uso do microfone omnidirecional, ou a não utilização de AASI.

REFERÊNCIAS

1. Oliveira JRM, Lopes ES, Alves AF. Percepção de fala dos deficientes auditivos usando aparelho de amplificação com algoritmo de redução de ruído. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2010;76(1):14-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1808-86942010000100003>
2. Mendes BCA, Barzaghi L. Percepção e produção da fala e deficiência auditiva. In: Bevilacqua MC, Balen SA, Martinez MAN, organizadores. *Tratado de audiologia*. São Paulo: Santos; 2011. p. 653-69.
3. Magni C, Freiberger F, Tonn K. Avaliação do grau de satisfação entre os usuários de amplificação de tecnologia analógica e digital. *Rev Bras Otorrinolaryngol*. 2005;71(5):650-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-72992005000500017>
4. Palmer CV, Bentler R, Mueller HG. Amplification with digital noise reduction and the perception of annoying and aversive sounds. *Trends Amplif*. 2006;10(2):95-104.

5. Caporali SA, Silva JA. Reconhecimento de fala no ruído em jovens e idosos com perda auditiva. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2004;70(4):525-32. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-72992004000400014>
6. Teixeira AR, Garcez VRC. Aparelho de amplificação sonora individual: componentes e características eletroacústicas. In: Bevilacqua MC, Balen SA, Martinez MAN, organizadores. *Tratado de audiologia.* São Paulo: Santos; 2011. p. 349-59
7. Ricketts TA, Hornsby BWY. Sound quality measures for speech in noise through a commercial hearing aid implementing digital noise reduction. *J Am Acad Audiol.* 2005;16(5):270-7.
8. Dillon H. Hearing aids. Austrália: Boomerang; 2001. Capítulo 2, Hearing aids components; p.18-47.
9. Blamey PJ, Fickett HJ, Steele BR. Improving speech intelligibility in background noise with an adaptative directional microphone. *J Am Acad Audiol.* 2006;17(7):519-30.
10. Valente M, Mispagel KM, Tchorz J, Fabry D. Effect of type of noise and loudspeaker array on the performance of omnidirectional and directional microphones. *J Am Acad Audiol.* 2010;17(6):398-412.
11. Fabry DA. Adaptive directional microphone technology and hearing aids: theoretical and clinical implications. *Hear Rev.* 2005 [acesso em 1 mar 2013]. Disponível em: http://www.hearingreview.com/issues/articles/2005-04_02.asp
12. Ricketts T, Henry P, Gnewikow D. Full time directional versus user selectable microphone modes in hearing aids. *Ear Hear.* 2003;24(5):424-39.
13. Boymans M, Dreschler WA. Field trials a digital hearing aid with active noise reduction and dual-microphone directionality. *Audiology.* 2000;39(5):260-8.
14. Quintino CA, Mondelli MFCG, Ferrari DV. Direcionalidade e redução de ruído em AASI: percepção de fala e benefício. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2010;76(5):630-8. <http://dx.doi.org/10.1590/S1808-86942010000500016>
15. Matas CG, Iório MCM. Verificação e validação do processo de seleção e adaptação de próteses auditivas. In: Almeida K, Iório MCM. *Próteses auditivas: fundamentos teóricos e aplicações clínicas.* 2a ed. São Paulo: Lovise; 2003. p. 305-23.
16. Nilson M, Soli SD, Sullivan JA. Development of the hearing in noise test for the measurement of speech reception thresholds in quiet in noise. *J Acoust Soc Am.* 1994;95(2):1085-99.
17. Bevilacqua MC, Banhara MR, Costa EA, Vignoly AB, Alvarenga KF. The Brazilian Portuguese hearing in noise test (HINT). *Int J Audiol.* 2008;47(6):364-5. <http://dx.doi.org/10.1080/14992020701870205>
18. Klemp EJ, Dhar S. Speech perception in noise using directional microphones in open-canal hearing aids. *J Am Acad Audiol.* 2008;19(7):571-8.
19. Weiss D, Dempsey JJ. Performance of bilingual speakers on the English and Spanish versions of the Hearing In Noise Test (HINT). *J Am Acad Audiol.* 2009;19(1):5-17.
20. Bio-logics Systems Corporation. HINT Pro 7.2: hearing in noise test users and service manual. Mundelein: BioLogic Systems Corporation; 2007
21. Kim JS, Bryan MF. The effects of asymmetric directional microphone fittings on acceptance of background noise. *Int J Audiol.* 2011;50(4):290-6. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2010.551786>
22. Mazzochi MT, Aita ADC. Direcionalidade e reconhecimento de fala no ruído: estudo de quatro casos. *Rev CEFAC.* 2013;15(3):689-96. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462012005000097>
23. Arieta AM. Teste de percepção de fala HINT Brasil, em normo-ouvintes e usuários de aparelhos auditivos: atenção à saúde auditiva [dissertação]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2009.
24. Mueller MH, Weber J, Bellanova M. Clinical evaluation of a new hearing aid anti-cardioid directivity pattern. *Int J Audiol.* 2011;50(4):249-54. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2010.547992>