

**Algoritmo de redução de ruído em aparelhos de amplificação sonora individual:  
influência no reconhecimento de sentenças no ruído**

**Noise reduction algorithm in hearing aids: influence on speech recognition in noisy  
environment**

**Algoritmo de reducción de ruido en audífonos: influencia en el reconocimiento del habla  
en el ruido**

Recebido: 10/09/2020 | Revisado: 12/09/2020 | Aceito: 14/09/2020 | Publicado: 16/09/2020

**Sabrina Nuñez Gonçalves**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0183-515X>

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: [sabrina.goncalves@ufrgs.br](mailto:sabrina.goncalves@ufrgs.br)

**Adriana Laybauer Silveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0713-9016>

Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Brasil

E-mail: [alsilveira@hcpa.edu.br](mailto:alsilveira@hcpa.edu.br)

**Adriane Ribeiro Teixeira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4242-1666>

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Universidade Federal de São Paulo, Brasil

Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Brasil

E-mail: [adriane.teixeira@gmail.com](mailto:adriane.teixeira@gmail.com)

**Resumo**

Objetivo: verificar a influência do algoritmo de redução de ruído no reconhecimento de fala no ruído em adultos e idosos, usuários de AASI. Método: Estudo transversal realizado com indivíduos de 18 anos ou mais, com perda auditiva neurossensorial, encaminhados para protetização. Para a avaliação utilizou-se o teste Lista de Sentenças em Português, em cabine acusticamente tratada, em duas condições: com o algoritmo de redução de ruído ligado e desligado. Resultados: A amostra é composta por 38 indivíduos. Observou-se uma melhora da relação sinal-ruído na condição do redutor de ruído ligado comparado ao desligado ( $p = 0,043$ ). Quanto ao Índice Percentual de Reconhecimento de Sentenças no Ruído, não foram

observadas diferenças estatisticamente significativas. Foram definidas duas variáveis:  $\Delta S/R$  e  $\Delta IPRSR$ . O  $\Delta S/R$  é a diferença entre a relação sinal ruído com o redutor de ruído desligado e ligado, já o  $\Delta IPRSR$  é a diferença entre o Índice Percentual de Reconhecimento de Sentenças no Ruído com redutor de ruído ligado e desligado. Observou-se que um aumento no  $\Delta S/R$  está relacionado a uma piora do  $\Delta IPRSR$ . Conclusão: A relação Sinal-Ruído apresentou melhora com a utilização do algoritmo, no entanto, o mesmo não foi verificado para o Índice Percentual de Reconhecimento de Sentenças no Ruído. Além disso, foi observada uma relação inversa entre  $\Delta S/R$  e  $\Delta IPRSR$ , indicando que maiores relações Sinal-Ruído podem comprometer o reconhecimento de sentenças no ruído.

**Palavras-chave:** Auxiliares de audição; Perda auditiva; Audiologia; Audiometria da fala; Testes de discriminação da fala.

### Abstract

Purpose: To verify the influence of the noise reduction algorithm on speech recognition of adults and elderly users of hearing aids. Method: Cross-sectional study conducted with 18 years or older individuals with sensorineural hearing loss, referred for hearing aids fitting. It was used the List of Sentences in Portuguese test in an acoustically treated cabin under two conditions: noise reduction algorithm on and off. Results: There was an improvement in the Signal-to-Noise ratio in the condition of noise reduction on compared to noise reduction off ( $p = 0.043$ ). Regarding the Speech Recognition in Noise Index, no statistically significant differences were observed. Two variables were defined:  $\Delta SNR$  and  $\Delta SRNI$ .  $\Delta SNR$  is the difference between the Signal-to-Noise ratio with noise reduction off and on, while  $\Delta SRNI$  is the difference between Speech Recognition in Noise Index with noise reduction on and off. An increase in  $\Delta SNR$  is related to a worsening of  $\Delta SRNI$ . Conclusion: The Signal-to-Noise ratio improved with the use of the noise reduction. However, this was not verified for the SRNI. In addition, an inverse relationship between  $\Delta SNR$  and  $\Delta SRNI$  was observed, implying that an improvement in Signal-to-Noise ratio may compromise the speech recognition in noise.

**Keywords:** Hearing aids; Hearing loss; Audiology; Audiometry, Speech; Speech discrimination tests.

### Resumen

Objetivo: Verificar la influencia del algoritmo de reducción de ruido en el reconocimiento del habla en el ruido en adultos e idosos, usuarios de audífonos. Método: Estudio transversal

realizado con individuos de 18 años o más, con pérdida auditiva neurosensorial, orientados para prototización. Para la evaluación se utilizó la evaluación Lista de Sentenças em Português, en cabina acústicamente tratada, en dos condiciones: con el algoritmo de reducción encendido y apagado. Resultados: La muestra está compuesta por 38 individuos. Se observó una mejora en la relación entre señal-ruido en la condición del reductor de ruido encendido en comparación al apagado ( $p = 0,043$ ). En cuanto al Umbral de Recepción del Habla en el ruido, no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Se definió dos variables:  $\Delta S/R$  y  $\Delta IPRSR$ . El  $\Delta S/R$  es la diferencia entre la relación señal/ruido con el reductor de ruido apagado y encendido, ya el  $\Delta IPRSR$  es la diferencia entre el Índice de Porcentaje de Reconocimiento del Habla en el Ruido con el reductor de ruido apagado y encendido. Se observó que un aumento en el  $\Delta S/R$  está relacionado a un empeoramiento del  $\Delta IPRSR$ . Conclusión: La relación entre señal-ruido presentó un mejoramiento con la utilización del algoritmo, sin embargo, lo mismo no fue identificado para el Índice de Porcentaje de Reconocimiento del Habla en el Ruido. Además, se observó una relación inversa entre  $\Delta S/R$  y  $\Delta IPRSR$ , lo que indica que mayores relaciones entre Señal-Ruido pueden comprometer el reconocimiento del habla en el ruido.

**Palabras clave:** Audífonos; Pérdida auditiva; Audiometría; Audiometría del habla; Pruebas de discriminación del habla.

## 1. Introdução

A privação auditiva acarreta inúmeros prejuízos para a comunicação e impacta negativamente em aspectos emocionais, psicológicos e cognitivos dos indivíduos, prejudicando as suas relações sociais (Baraldi, Almeida, & Borges, 2007). A perda auditiva pode estar presente desde o nascimento, em indivíduos de ambos os sexos, sendo mais prevalente no sexo masculino (IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013). Há um aumento contínuo dos casos, de forma que, no mundo, 466 milhões de indivíduos apresentam algum grau de perda auditiva; já no Brasil, são 46 milhões de indivíduos, com a estimativa de que este número duplique até 2050 (OMS - Organização Mundial de Saúde, 2018).

A perda auditiva do tipo neurosensorial surge como consequência de danos na cóclea ou no nervo auditivo, e outras estruturas são conseqüentemente afetadas. Esses danos acarretam, além de insensibilidade aos sons fracos, percepção inadequada do *pitch* (frequência), dificuldades para entender a fala e o recrutamento (Hopkins, 2015). Para que

ocorra a compreensão da fala é necessária uma situação de comunicação acusticamente adequada e a integridade dos sistemas auditivos periférico e central. No entanto, as situações de comunicação cotidianas possuem presença de ruído, o que dificulta que as informações acústicas necessárias sejam obtidas (Oliveira, Lopes, & Alves, 2010).

Com o advento de novas tecnologias, os Aparelhos de Amplificação Sonora Individuais (AASI) digitais possuem recursos que facilitam atender melhor às necessidades auditivas de cada indivíduo. Utilizando o software próprio do dispositivo, é possível programá-lo para melhorar a inteligibilidade de fala dos usuários. Após a conversão em sinal digital, o processamento do sinal é realizado por meio de um procedimento de cálculo pré-definido, o que é denominado algoritmo. Os principais grupos de algoritmos são: filtros para sistemas de microfones direcionais, redutores de ruído, compressão dinâmica e redutor de feedback (Holube, Puder, & Velde, 2014).

Os algoritmos de redução de ruído (RR) são projetados para aproveitar a separação temporal e as diferenças espectrais entre fala e ruído, com os objetivos finais de aumentar o conforto auditivo e a inteligibilidade da fala. Tais algoritmos são de propriedade dos fabricantes, diferindo entre si quanto aos métodos de detecção de sinal, regras de decisão e constantes de tempo. Porém, de um modo geral, todos eles operam detectando a modulação no sinal de entrada para inferir a presença ou ausência do sinal de fala e estimar a relação sinal-ruído (S/R) na saída do microfone (Chung, 2004).

Estudo realizado em laboratório indica que o uso de redutores de ruído pode minimizar o esforço auditivo do usuário de AASI, mesmo em aparelhos básicos, quando comparados ao não uso. Nas situações de vida diária, contudo, o uso desse recurso, mesmo quando acompanhado do uso de microfones direcionais, não é tão evidente para idosos com perda auditiva leve e moderada, uma vez que o ambiente e o estilo de vida devem também ser analisados (Wu *et al.*, 2019), assim como aspectos cognitivos, uma vez que a ativação de recursos cognitivos é essencial para a percepção de fala em situações adversas de escuta (Guijo, Horiuti, & Cardoso, 2019).

Devido ao reconhecimento de fala em ambiente ruidoso ser uma queixa frequente de usuários de AASI, se faz necessário na prática clínica uma avaliação que permita investigar o desempenho comunicativo em uma situação mais próxima da realidade, ou seja, em ambientes ruidosos. Deste modo, foram realizados diversos estudos com a finalidade de desenvolver testes capazes de avaliar a habilidade de reconhecimento de fala na presença de ruído em diversos idiomas (Canzi *et al.*, 2016; Cooper & Cutts, 1971; Costa, 1998; Melo, Menezes, & Pacífico, 2017; Plomp & Mimpen, 1979). No Brasil foi desenvolvido um teste,

validado, reconhecido e amplamente utilizado na clínica fonoaudiológica, especialmente em situações de protetização auditiva para avaliar situações de fala no silêncio e no ruído, intitulado Listas de Sentenças em Português (LSP) (Costa, 1998).

Sabe-se que para a programação dos AASIs, existem diferentes fórmulas de cálculo, sendo as regras NAL (National Acoustic Laboratories) e DSL (Desired Sensation Level) elaboradas de acordo com dados baseados em evidências científicas e utilizando sinais semelhantes à fala, sendo úteis para uso, independente da marca a ser indicada. Mesmo com a utilização de medidas objetivas para verificar o ganho a ser obtido e a possibilidade de atingir o alvo sonoro prescrito, deve-se levar em consideração que existem vários fatores que podem influenciar tais medidas, incluindo até mesmo o modelo de equipamento de medida com microfone sonda utilizado, em função do sinal (Dworsack-Dodge, 2013). Assim, mesmo que se utilizem medidas objetivas para a verificação dos AASI, as medidas subjetivas, tais como a capacidade de reconhecimento de sentenças, têm importância fundamental no processo de seleção e adaptação de AASI, pois permitem que seja avaliada a capacidade do indivíduo em ouvir e discriminar fala em situações ambientais adversas, independentemente da regra utilizada e das variações existentes nas medidas objetivas.

Considerando a perda auditiva como uma condição crônica recorrente, que dificulta a compreensão da fala e acarreta prejuízos na comunicação de qualquer faixa etária, justifica-se a necessidade de avaliar a compreensão de fala o mais próximo de uma situação cotidiana e de investigar os efeitos do algoritmo de RR. Assim, o objetivo do estudo é verificar a influência do algoritmo de RR no reconhecimento de fala no ruído em adultos e idosos, usuários de AASI.

## **2. Metodologia**

Trata-se de um estudo transversal realizado com indivíduos de 18 anos ou mais, encaminhados para protetização via programa de saúde auditiva e que tiveram indicação do uso de AASI na instituição. Este estudo foi cadastrado na Plataforma Brasil e analisado e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da instituição, com CAEE número 12648919.1.0000.5327 e parecer 3.341.747. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os critérios de inclusão considerados para este estudo foram: apresentar perda auditiva simétrica e neurosensorial de grau leve ou moderado, conforme a classificação de Davis e Silverman (Davis & Silverman, 1966), ou apresentar perda restrita as frequências altas em ambas as orelhas; utilizar o mesmo modelo de AASI em

ambas as orelhas. Foram excluídos da amostra indivíduos com históricos de alterações neurológicas ou cognitivas, que realizaram cirurgias otológicas, bem como indivíduos que não conseguiram concluir o teste.

Todos os indivíduos passaram por avaliação otorrinolaringológica e avaliação audiológica antes de receberem o dispositivo, de acordo com o processo de concessão de AASI na instituição. A avaliação audiológica, realizada por fonoaudiólogos compreende a anamnese, inspeção do meato acústico externo, audiometria tonal liminar, audiometria vocal, medidas de imitância acústica (MIA), limiar de desconforto e análise de características pessoais de cada paciente, como as suas habilidades motoras, visuais e cognitivas, além dos hábitos diários.

A partir dos dados obtidos, iniciou-se o processo de seleção do AASI que melhor atendeu às necessidades do paciente, dentro das marcas oferecidas pela licitação do setor de compras da instituição. Estes AASI são classificados de acordo com sua tecnologia, em classe A, classe B e classe C. Sendo os de classe C com maior número de recursos tecnológicos e os de classe A com o menor número, estas categorias estão descritas na lista de classificações. Os AASI de todos os indivíduos que participaram da pesquisa foram programados conforme o ganho prescrito, segundo a regra prescritiva NAL-NL1, e com microfone direcional. Esse processo ocorreu de acordo com os procedimentos realizados pela equipe assistencial que realiza as etapas de seleção e adaptação de AASI no local onde a pesquisa foi realizada.

No dia da adaptação dos AASI, os indivíduos foram convidados a participar de forma voluntária da pesquisa e, se concordassem, assinariam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Todos os participantes foram orientados acerca dos objetivos do estudo e todas as dúvidas foram elucidadas antes da assinatura do TCLE, de forma que os procedimentos só foram realizados a partir disto.

A pesquisa do Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Ruído (LRSR) e do Índice Percentual de Reconhecimento de Sentenças no Ruído (IPRSR) foi realizada em duas condições, com o RR do AASI desligado e ligado. Utilizou-se para a obtenção dos Limiares e Índices o teste LSP (Costa, 1998). O teste é composto por listas de dez sentenças elaboradas em português brasileiro, balanceadas foneticamente, de período simples, apropriadas para adultos e gravadas por um locutor do sexo masculino em um *Compact Disc* (CD). Após a apresentação de cada sentença, esta deve ser repetida pelo avaliado. Juntamente com as sentenças, foi elaborado um ruído branco com espectro de fala.

O teste foi aplicado em cabine acusticamente tratada, em campo livre e com o sujeito posicionado a um metro de distância da caixa acústica, a 0°/0° graus *azimuth*. Foi utilizado

audiômetro digital de dois canais, marca *Interacoustics*, modelo AC40. As sentenças foram apresentadas utilizando-se um notebook da marca Acer, acoplado ao audiômetro. A saída de cada canal foi calibrada no *VU-meter* do audiômetro, antes de iniciar o teste. Devido a uma diferença entre a intensidade da fala e do ruído na gravação do CD, descrito pela autora (Santos & Costa, 2016), ao final dos resultados obtidos, diminui-se sete decibéis na escala A [dB(A)] da intensidade final, pois os valores são acima dos que constam no dial do audiômetro.

Para familiarizar o sujeito com o procedimento, foi realizado um treinamento utilizando a Lista 1A, que contém 25 sentenças, recomendada para o processo de adaptação. As frases foram apresentadas juntamente ao ruído competitivo, sendo necessário somente habilitar o canal 2 do audiômetro para que os dois sons sejam apresentados em conjunto. O ruído foi apresentado em 65 dB(A), que também é uma intensidade sonora frequente no cotidiano.

O limiar de reconhecimento de sentenças no ruído (LRSR) foi realizado da seguinte forma: calcula-se a média tritonal dos limiares auditivos do paciente com o AASI. A partir da média, acrescenta-se 10 decibéis (dB) de intensidade. Inicia-se a apresentação das frases. A cada acerto, diminui-se quatro dB na intensidade. Ao primeiro erro, acrescenta-se dois dB para a frase seguinte. Quando o paciente retornar a acertar, diminui-se dois dB, até o próximo erro. Neste momento acrescenta-se mais dois dB, e assim por diante, até a lista de dez frases ser concluída. Em seguida, calcula-se a média desde o primeiro erro até a décima frase. Este será o valor, em decibéis do LRSR, que será descrito pela relação S/R neste estudo. A relação S/R é definida como a diferença entre o LRSR e o nível de ruído. Quanto menor for a relação S/R, melhor o indivíduo consegue perceber a fala, mesmo com fala e ruído na mesma intensidade ( $S/R = 0$  dB) ou até com ruído em intensidade superior a fala ( $S/R < 0$  dB).

Com relação ao IPRSR, são apresentadas novas frases, na intensidade do LRSR do paciente, sendo que a cada elemento da frase repetido com acerto, é emitida uma pontuação. Acertos de verbos e substantivos geram dois pontos, e de artigos um ponto. Ao final de cada lista é feita a soma de acertos e multiplicada por um fator determinado pela autora do teste, que vai gerar a porcentagem de acertos em cada lista.

Destaca-se que foram realizadas consultas aos prontuários eletrônicos dos pacientes para a obtenção de dados da audiometria tonal liminar e dados dos AASI selecionados, bem como da presença de alterações neurológicas ou cognitivas que o impossibilitaram de participar da pesquisa.

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado no programa *WinPEPI* (*Programs for*

*Epidemiologists for Windows*) versão 11.43 e baseado nos estudos de Santos e Costa (Santos & Costa, 2016). Para um nível de significância de 5% no índice percentual de reconhecimento de sentenças, considerando informações do estudo de Santos e Costa (Santos & Costa, 2016), que obteve desvios padrão de 11 e 10, correlação esperada entre os níveis do algoritmo de redução de ruído  $r = 0,5$ , poder de 80% e nível de significância de 5%, serão necessários, no mínimo, 37 indivíduos.

Os dados foram coletados e após digitados em planilha Excel. Para a análise estatística dos dados obtidos foi utilizado o *software Statistical Package for Social Science for Windows* (SPSS) na versão 21.0. As variáveis quantitativas foram descritas por média e desvio padrão ou mediana. O nível de significância adotado foi de 5% ( $p \leq 0,05$ ).

### 3. Resultados

Foram convidados a participar desta pesquisa 43 indivíduos. Desses, cinco foram excluídos por não conseguirem completar adequadamente todos os procedimentos propostos ou por não se enquadrarem nos critérios de inclusão. Assim, os resultados referem-se a uma amostra de 38 participantes. As Tabelas 1 e 2 apresentam a caracterização da amostra. Dos 38 indivíduos, 19 (50%) são do sexo masculino e 19 (50%) do sexo feminino. A idade variou de 22 a 91 anos (média de 62,2 anos), sendo 27 (71,1%) idosos.

**Tabela 1** – Caracterização da Amostra.

Variável	n (%)
<b>Sexo</b>	
Feminino	19 (50%)
Masculino	19 (50%)
<b>Grau de perda auditiva</b>	
Leve	6 (15,8%)
Moderada	26 (68,4%)
Restrita as altas frequências	6 (15,8%)
<b>Classe do AASI</b>	
A	22 (57,8%)
B	8 (21,1%)
C	8 (21,1%)
<b>Idade</b>	
Adultos	11 (28,9%)
Idosos	27 (71,1%)
Total	38 (100%)

Legenda: n – número absoluto; % - valor percentual. Fonte: Autores.

**Tabela 2** – Caracterização da amostra quanto a idade e limiares auditivos em campo livre.

	Mínimo	Máximo	Média	DP
<b>Idade (anos)</b>	22	91	62,2	16,6
<b>CL sem AASI dB(A)</b>	20	65	45,5	12,2
<b>CL com AASI dB(A)</b>	5	35	19,7	6,8

Legenda: DP - Desvio padrão; CL – limiares em campo livre; AASI – aparelho de amplificação sonora individual; dB - decibel. Fonte: autores.

Dos 38 indivíduos, 19 (50%) são do sexo masculino e 19 (50%) do sexo feminino. A idade variou de 22 a 91 anos (média de 62,2 anos), sendo 27 (71,1%) idosos. Quanto ao grau da perda auditiva dos indivíduos, seis (15,8%) apresentaram grau de perda leve, 26 (68,4%) apresentaram grau de perda moderada e seis (15,8%) limitada as frequências altas. No que diz respeito às pesquisas de limiares em campo livre sem e com AASI, as médias foram respectivamente  $45,5 \pm 12,2$  dB e  $19,7 \pm 6,8$  dB, apresentando diferença estatística significativa conforme teste t de *Student* ( $p = 0,000$ ). Em relação aos AASI dos indivíduos, eles pertencem à três marcas, quanto as suas tecnologias, pois 22 (57,8%) são de classe A, 8 (21,1%) de B e 8 (21,1%) de C. Assim como o grau de perda auditiva, os participantes também apresentaram ganhos com os aparelhos que variaram de acordo com o grau de perda e a configuração audiométrica, sendo que todos apresentaram, após a protetização, limiares auditivos em campo livre que possibilitaram a realização do teste utilizado. A medida dos limiares em campo livre foi realizada para se ter como base para iniciar a apresentação das sentenças e encontra-se na Tabela 2.

A Tabela 3 apresenta média, desvio padrão, mínimos e máximos dos resultados da relação S/R com o RR ligado e desligado em condição 0/0° *azimuth*. Ainda na Tabela 3 estão expostos média, desvio padrão, mínimos e máximos dos resultados do IPRSR com o RR ligado e desligado.

**Tabela 3** – Dados da Relação S/R com RR e índice percentual de reconhecimento de sentenças no ruído com redutor de ruído desligado e ligado.

		Média	DP	Mínimo	Máximo	p-valor
<b>S/R (dB)</b>	<b>RR desligado</b>	-1,7	6,0	-15	8	0,043*
	<b>RR ligado</b>	-2,4	6,0	-16	9	
<b>IPRSR (%)</b>	<b>RR desligado</b>	74,0	14,6	33,0	97,7	0,897
	<b>RR ligado</b>	73,6	14,2	23,3	94,3	

\* valor significativo.

Legenda: DP – Desvio padrão; p-valor de significância (teste t para amostra pareada); RR – redutor de ruído; S/R – relação sinal ruído; dB – decibel; IPRSR – Índice percentual de reconhecimento de sentenças no silêncio; % - valor percentual. Fonte: Autores.

Para verificar as hipóteses de diferenças do resultado do teste LSP nas duas condições de RR, foi realizado o teste t de *Student* para amostras pareadas, cujo valor-p é apresentado em ambas as tabelas. Nota-se que há uma melhora na relação S/R na condição de RR ligado ( $p = 0,043$ ), no entanto, não foi verificado melhora ou piora do IPRSR com o RR ligado ( $p = 0,897$ ).

Foram definidas duas variáveis para fins de estudos de correlações:  $\Delta S/R$  e  $\Delta IPRSR$ . O  $\Delta S/R$  é a diferença entre a relação S/R com o RR desligado e ligado, já o  $\Delta IPRSR$  é a diferença no IPRSR com o redutor ligado e desligado. Assim, maiores valores no  $\Delta S/R$  representam uma maior S/R e maiores valores no  $\Delta IPRSR$  representa um melhor reconhecimento de fala com o uso do algoritmo de redução de ruído ligado.

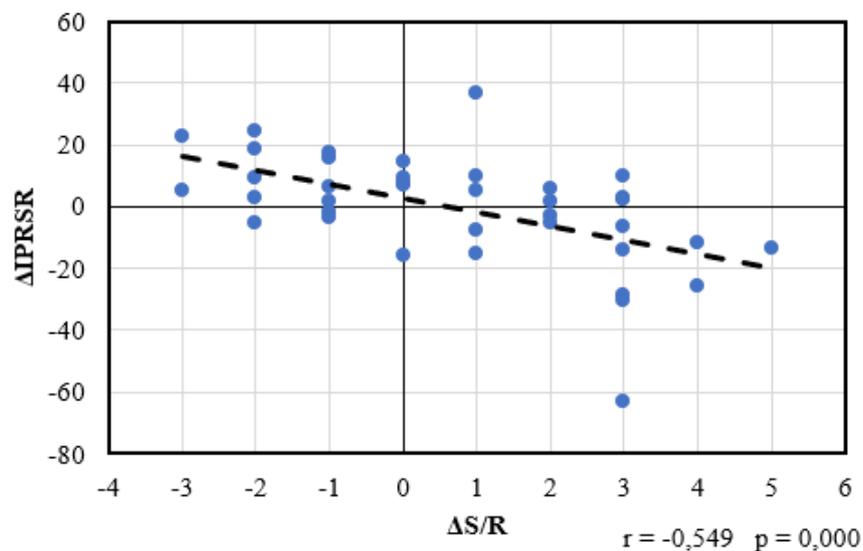
Na Tabela 4 são apresentados média, desvio padrão, mínimos e máximos dos resultados de  $\Delta S/R$  e  $\Delta IPRSR$ . Além disso, a correlação entre estas duas variáveis, que pode ser verificada na Figura 1, apresenta  $r = -0,549$  e  $p < 0,05$ .

**Tabela 4** – Dados do  $\Delta S/R$  e do  $\Delta IPRSR$ .

	Média	DP	Mínimo	Máximo
$\Delta S/R$	0,7	2,2	-3	5
$\Delta IPRSR$ (%)	-0,4	17,9	-63,1	36,8

Legenda:  $\Delta$  – delta; S/R – relação sinal ruído; % - valores percentuais; DP – desvio padrão; IPRSR – Índice percentual de reconhecimento de sentenças no ruído. Fonte: Autores.

**Figura 1** – Correlação de Pearson entre  $\Delta S/R$  e  $\Delta IPRSR$ .



Legenda – IPRSR – Índice percentual de reconhecimento de sentenças no ruído; S/R – relação sinal ruído. Fonte: Autores.

As correlações entre  $\Delta S/R$  e  $\Delta IPRSR$  com idade também foram avaliadas utilizando o coeficiente de correlação de Pearson. Entretanto, não foram observadas correlações estatisticamente significativas em nenhuma das variáveis com a idade,  $r = 0,172$  ( $p = 0,302$ ) e  $r = 0,089$  ( $p = 0,595$ ), respectivamente.

Na Tabela 5 são apresentadas as médias e desvios padrão entre  $\Delta S/R$  e  $\Delta IPRSR$  com as classes do AASI, para verificação da diferença estatística entre as classes foi utilizada a análise de variância simples.

**Tabela 5** – Médias e Desvios Padrão das Variáveis  $\Delta S/R$  e  $\Delta IPRSR$  com Relação as Classes de AASI.

Classe AASI	N	$\Delta S/R$ (dBA)		$\Delta IPRSR$ (%)	
		Média	DP	Média	DP
A	22	0,4	2,3	2,2	18,0
B	8	0,9	1,6	-0,4	7,6
C	8	1,6	2,4	-7,4	24,1
<b>Total</b>	38	0,7	2,2	-0,4	17,9
		p-valor = 0,372		p-valor = 0,445	

p-valor de significância entre os grupos (Análise de Variância (ANOVA)).

Legenda: N – valores absolutos; dB – decibel; IPRSR – Índice Percentual de Reconhecimento de Sentenças no Ruído; DP –desvio padrão; AASI – Aparelho de amplificação sonora individual. Fonte: Autores.

Não foram observadas diferenças estatísticas nas diferentes classes de AASI com relação às duas variáveis ( $\Delta S/R$  com  $p = 0,372$  e  $\Delta IPRSR$  com  $p = 0,445$ ).

#### 4. Discussão

Conforme discutido anteriormente, uma queixa recorrente na clínica audiológica de usuários de AASI com perda auditiva neurossensorial é a não compreensão da fala, principalmente em ambientes ruidosos. O processamento de sinal do AASI atua além da amplificação sonora, utilizando recursos que facilitam atender melhor às necessidades auditivas de cada indivíduo. Assim, o presente estudo buscou verificar a influência do recurso do algoritmo RR no reconhecimento de fala em ambiente ruidoso.

Indivíduos com perda auditiva neurossensorial apresentam maior dificuldade para entender a fala em ambientes ruidosos do que indivíduos sem perda auditiva ou que apresentem perda auditiva condutiva ou mista (Smaldino, Kreisman, & John, 2014). Um estudo aferiu que estes indivíduos necessitam de um aumento na relação S/R de 2,5 dB(A)

para perdas auditivas de grau leve e de até 7 dB(A) para perdas auditivas de grau moderado. A dificuldade é ainda maior quando há ruído competitivo de fala, como em ambientes sociais. Nestes casos o aumento necessário na relação S/R varia entre 9 e 25 dB(A) (Plomp, 1994).

As médias de relação S/R observadas na Tabela 3 com RR ligado [-2,4 dB(A)] e desligado [-1,7 dB(A)] corroboram com os achados do estudo (Plomp, 1994) quando comparados com a média da relação S/R de pesquisas realizadas com indivíduos normo-ouvintes, -5,29 dB(A) e -7,56 dB(A) (Costa, Daniel, & Neujahr, 2011; Henriques, Miranda, & Costa, 2008).

Observou-se uma melhora da relação S/R na condição do RR ligado comparado ao RR desligado ( $p = 0,043$ ). Tal resultado, também foi observado em um estudo que utilizou o teste LSP em uma amostra similar e obteve significância estatística ( $p = 0,002$ ) na mesma comparação, porém, com médias inferiores (-5,6 dB(A) para RR ligado e -4,4 dB(A) para RR desligado) (de Oliveira, Lopes, & Alves, 2010). Salienta-se que as amostras são semelhantes em função do mesmo tipo e grau de perda auditiva, no entanto, se diferenciam com relação à idade, em que no trabalho citado foi limitada a 62 anos, podendo ser um dos motivos da diferença entre as médias observadas.

Quanto ao IPRSR nas duas condições, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas. Estudos realizados para verificar a influência do RR na percepção da fala, também não constataram melhora ou piora (Brons, Houben, & Dreschler, 2014; Nordrum, Erler, Garstecki, & Dhar, 2006; Ricketts & Hornsby, 2005). Em contra partida, encontra-se descrito na literatura que a presença do RR está associada a uma melhora da qualidade sonora e do conforto auditivo para o usuário (Bentler, Wu, Kettel, & Hurtig, 2008; Chung, 2004; Ricketts & Hornsby, 2005). Alguns indivíduos do presente estudo relataram sentirem-se melhor quando o teste foi realizado com RR ligado, tal fato foi observado em estudos anteriores (Desjardins & Doherty, 2014; Ricketts & Hornsby, 2005).

Nota-se na Figura 1 que nesta amostra um aumento no  $\Delta S/R$  está relacionada a uma piora do  $\Delta IPRSR$ , ou seja, quanto maior a diferença entre sinal e ruído, mais difícil é para diferenciar fala e ruído. Desta forma, o RR pode causar distorções de fala. Este achado também foi verificado em outra pesquisa (Hu & Loizou, 2007), porém, há estudos que não encontraram esta relação (Brons *et al.*, 2014; Hilkhuisen, Gaubitch, Brookes, & Huckvale, 2012). Esta discordância entre os estudos pode estar relacionado às condições em que cada um foi realizado, pois ambos os estudos (Brons *et al.*, 2014; Hilkhuisen *et al.*, 2012) apresentavam nos seus resultados relações S/R mais altas do que as aqui encontradas e em estudo anterior (Hu & Loizou, 2007). De acordo com esta observação, existe a hipótese de

que, devido ao comportamento dinâmico do RR, em relações S/R mais altas o RR apresenta mudanças maiores e mais rápidas no ganho para separar fala e ruído (Brons *et al.*, 2014).

Quando analisada a correlação de idade com  $\Delta S/R$  e com  $\Delta IPRSR$  não se verificou diferença significativa. Não foi realizada uma análise entre grupos de adultos e idosos, assim como em estudos anteriores (Yumba, 2019) e porque não houve correlação entre a idade e os testes realizados.

Os AASI dos participantes da pesquisa foram programados conforme o ganho prescrito, segundo a regra prescritiva NAL-NL1. Esta regra é a utilizada no serviço onde a pesquisa foi realizada, pelas fonoaudiólogas responsáveis pela seleção e adaptação dos AASI. Sabe-se que a literatura aponta que o uso de outras regras pode favorecer a inteligibilidade de fala, principalmente na população idosa pois costumam apresentar maior ganho nas frequências baixas e altas (Bertozzo & Blasca, 2019; da Silva, 2014). No entanto, a NAL-NL1 demonstra em perdas menores (leves e moderadas) maior ganho e inteligibilidade de fala (Keidser, Dillon, Flax, Ching, & Brewer, 2011). Tais perdas auditivas foram as incluídas no estudo.

Com relação às classes de AASI, não foram observadas diferenças significativas entre as classes, em relação ao  $\Delta S/R$  e  $\Delta IPRSR$ . Contudo, observa-se na Tabela 5, que a média de  $\Delta S/R$  dos AASI de classe C é superior as demais. Sabe-se que o ideal seria a realização de um estudo considerando-se somente AASI de um mesmo modelo e marca, para que as características, analisadas fossem as mesmas. Ocorre que nosso estudo foi realizado em uma instituição credenciada pelo Sistema Único de Saúde, sendo os aparelhos adquiridos via licitação a partir de características determinadas pelas fonoaudiólogas responsáveis, sendo selecionado e adaptado o aparelho que atende às características audiológicas, sociais, cognitivas e econômicas do paciente. Assim, acreditamos que o que é uma limitação do estudo (AASI de diferentes marcas, modelos e classes), pode refletir o que se vivencia na rotina dos centros que atendem via política de saúde auditiva, onde os fonoaudiólogos precisam definir uma dentre as diferentes marcas e modelos (no mínimo três, de acordo com o anexo IV da Portaria N° 587), levando-se em consideração também os percentuais de adaptação de classes A, B e C.

Outro fator a ser considerado é que não se pode pensar no redutor de ruído como um fator isolado que irá melhorar o reconhecimento de fala no ruído. No estudo, optou-se por manter o microfone direcional sempre ligado. Estudo anterior, utilizando também o teste de Costa (Costa, 1998), demonstrou que o uso de redutor e microfone direcional influenciam no desempenho dos sujeitos, mas que existe uma variação na dependência da direção de onde

vem o ruído e também das habilidades auditivas de figura-fundo para sons verbais (Ferreira, Santos, & Costa, 2017; Santos & Costa, 2016). Deve-se considerar, ainda, que o reconhecimento de fala no ruído depende também de fatores cognitivos. Pesquisa realizada com usuários de AASI bilateral evidenciou que as piores respostas de reconhecimento de fala no ruído foram observadas nos que apresentavam habilidades auditivas mais comprometidas (memória de trabalho, velocidade de processamento e atenção), o que pode comprometer o desempenho dos mesmos quando o sinal sonoro é modificado pelos aparelhos auditivos, colocando-os já em desvantagem quanto aos usuários com a cognição preservada (Yumba, 2019).

Assim, cabe ao fonoaudiólogo que atua na seleção e adaptação de AASI, conhecer os estudos sobre o tema, os ajustes a serem utilizados, os algoritmos a serem selecionados, mas também considerar as particularidades de cada paciente, buscando sempre o melhor para cada caso.

## 5. Considerações Finais

Conclui-se que a relação S/R apresentou melhora com a utilização do algoritmo de redução de ruído para a presente amostra com os AASI estudados, no entanto, o mesmo não foi verificado para o IPRSR. Além disso, foi observada uma relação inversa entre  $\Delta S/R$  e  $\Delta IPRSR$ , indicando que uma melhora na relação S/R, que é obtida com o redutor de ruído ligado, pode comprometer o IPRSR.

Em relação às classes de AASI, ainda que observado uma melhora em AASI de maior tecnologia, esta diferença não foi estatisticamente significativa, sugere-se a realização de um novo estudo para que seja melhor analisada esta relação.

## Referências

- Baraldi, G. S., Almeida, L. C., & Borges, A. C. C. (2007). Evolução da perda auditiva no decorrer do envelhecimento. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 73(1), 64–70. <https://doi.org/10.1590/s0034-72992007000100010>
- Bentler, R., Wu, Y. H., Kettel, J., & Hurtig, R. (2008). Digital noise reduction: Outcomes from laboratory and field studies. *International Journal of Audiology*, 47(8), 447–460. <https://doi.org/10.1080/14992020802033091>

Bertozzo, M. C., & Blasca, W. Q. (2019). Análise comparativa dos métodos prescritivos NAL-NL2 e DSL v5.0a na adaptação do AASI em idosos. *CoDAS*, 31(4). <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20192018171>

Brons, I., Houben, R., & Dreschler, W. A. (2014). Effects of noise reduction on speech intelligibility, perceived listening effort, and personal preference in hearing-impaired listeners. *Trends in Hearing*, 18. <https://doi.org/10.1177/2331216514553924>

Canzi, P., Manfrin, M., Locatelli, G., Nopp, P., Perotti, M., & Benazzo, M. (2016). Development of a novel Italian speech-in-noise test using a roving-level adaptive method: adult population-based normative data. *Acta Otorhinolaryngologica Italica : Organo Ufficiale Della Societa Italiana Di Otorinolaringologia e Chirurgia Cervico-Facciale*, 36(6), 506–512. <https://doi.org/10.14639/0392-100X-1133>

Chung, K. (2004). Challenges and Recent Developments in Hearing Aids: Part I. Speech Understanding in Noise, Microphone Technologies and Noise Reduction Algorithms. *Trends in Amplification*, 8(3), 83–124. <https://doi.org/10.1177/108471380400800302>

Cooper, J. C., & Cutts, B. P. (1971). Speech discrimination in noise. *Journal of Speech and Hearing Research*, 14(2), 332–337. <https://doi.org/10.1044/jshr.1402.332>

Costa, M. J. (1998). *Listas de sentenças em português: apresentação & estratégias de aplicação na audiologia*. Santa Maria: Pallotti.

Costa, M. J., Daniel, R. C., & Neujahr, S. dos S. (2011). Sentence recognition in quiet and in noise on earphones: reference benchmarks. In *Revista CEFAC* (Vol. 13).

da Silva, A. P. R. (2014). *A seleção do AASI no deficiente auditivo idoso, comparando o desempenho entre a programação padrão e a programação individualizada*. Universidade de São Paulo.

Davis, H., & Silverman, S. R. (1966). Hearing and Deafness. In *Hearing and Deafness* (3rd ed). New York: Holt, Rinehart and Winston.

de Oliveira, J. R. M., Lopes, E. S., & Alves, A. F. (2010). Speech perception of hearing impaired people using a hearing aid with noise suppression algorithms. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 76(1), 14–17. <https://doi.org/10.1590/S1808-86942010000100003>

Desjardins, J. L., & Doherty, K. A. (2014). The effect of hearing aid noise reduction on listening effort in hearing-impaired adults. *Ear and Hearing*, 35(6), 600–610. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000028>

Dworsack-Dodge, M. (2013). The Devil is in the Fitting Details. Recuperado de <https://www.audiologyonline.com/articles/devil-in-fitting-details-11566>

Ferreira, G. C., Santos, S. N. dos, & Costa, M. J. (2017). Fatores de influência na percepção de fala em idosos usuários de próteses auditivas. *Distúrbios Da Comunicação*, 29(3), 405. <https://doi.org/10.23925/2176-2724.2017v29i3p405-415>

Guijo, L. M., Horiuti, M. B., & Cardoso, A. C. V. (2019). Mensuração do esforço auditivo com o uso de um paradigma de tarefa dupla do Português Brasileiro: estudo-piloto. *CoDAS*, 31(4). <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20192018181>

Henriques, M. O., Miranda, E. C. de, & Costa, M. (2008). Limiares de reconhecimento de sentenças no ruído, em campo livre: valores de referência para adultos normo-ouvintes. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 74(2), 188–192.

Hilkhuisen, G., Gaubitch, N., Brookes, M., & Huckvale, M. (2012). Effects of noise suppression on intelligibility: Dependency on signal-to-noise ratios. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(1), 531–539. <https://doi.org/10.1121/1.3665996>

Holube, I., Puder, H., & Velde, T. M. (2014). DSP Hearing aids. In M. J. METZ (Ed.), *Sandlin's Textbook of Hearing Aid Amplification: Technical and Clinical Considerations*. (pp. 221–294).

Hopkins, K. (2015). Deafness in cochlear and auditory nerve disorders. In *Handbook of Clinical Neurology*. 129, 479–494. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62630-1.00027-5>

Hu, Y., & Loizou, P. C. (2007). A comparative intelligibility study of single-microphone noise reduction algorithms. *Journal of the Acoustical Society of America*, 122(3), 1777–1786. <https://doi.org/10.1121/1.2766778>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2013). Pesquisa Nacional de Saúde - Pessoas com deficiência auditiva, total, percentual e coeficiente de variação, por sexo e situação do domicílio. Recuperado de <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5719>

Keidser, G., Dillon, H. R., Flax, M., Ching, T., & Brewer, S. (2011). The NAL-NL2 prescription procedure. *Audiology Research*, 1(1S). <https://doi.org/10.4081/audiores.2011.e24>

Melo, R., Menezes, D., & Pacífico, F. (2017). Brazilian Portuguese Hearing in Noise Test (HINT): different interpretation criteria for individuals' responses. *CoDAS*, 29(1). <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20172016082>

Nordrum, S., Erler, S., Garstecki, D., & Dhar, S. (2006). Comparison of performance on the hearing in noise test using directional microphones and digital noise reduction algorithms. *American Journal of Audiology*, 15(1), 81–91. [https://doi.org/10.1044/1059-0889\(2006/010\)](https://doi.org/10.1044/1059-0889(2006/010))

Oliveira, J. R. M., Lopes, E. S., & Alves, A. F. (2010). Percepção de fala dos deficientes auditivos usando aparelho de amplificação com algoritmo de redução de ruído. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 76(1), 14–17. <https://doi.org/10.1590/s1808-86942010000100003>

OMS - Organização Mundial de Saúde. (2018). *World hearing day infographic*. Recuperado de <https://www.who.int/deafness/world-hearing-day/WorldHearing-Day-Infographic-EN.pdf?ua=1>

Plomp, R. (1994). Noise, amplification, and compression: considerations of three main issues in hearing aid design. *Ear and Hearing*, 15(1), 2–12. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8194676>

Plomp, R., & Mimpen, A. M. (1979). Speech-reception threshold for sentences as a function

of age and noise level. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 66(5), 1333–1342. <https://doi.org/10.1121/1.383554>

Ricketts, T. A., & Hornsby, B. W. Y. (2005). Sound quality measures for speech in noise through a commercial hearing aid implementing “digital noise reduction.” *Journal of the American Academy of Audiology*, 16(5), 270–277. <https://doi.org/10.3766/jaaa.16.5.2>

Santos, S. N., & Costa, M. J. (2016). Percepção de fala no ruído em idosos usuários de próteses auditivas com diferentes microfones e algoritmo de redução de ruído. *Audiology - Communication Research*, 21(0). <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2015-1607>

Smaldino, J., Kreisman, B., & John, A. (2014). Sandlin’s textbook of hearing aid amplification. In M. Metz (Ed.), *Sandlin’s textbook of hearing aid amplification* (3rd ed, pp. 629–658). San Diego: Plurall.

Wu, Y.-H., Stangl, E., Chipara, O., Hasan, S. S., DeVries, S., & Oleson, J. (2019). Efficacy and Effectiveness of Advanced Hearing Aid Directional and Noise Reduction Technologies for Older Adults With Mild to Moderate Hearing Loss. *Ear and Hearing*, 40(4), 805–822. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000672>

Yumba, W. (2019). Selected Cognitive Factors Associated with Individual Variability in Clinical Measures of Speech Recognition in Noise Amplified by Fast-Acting Compression Among Hearing Aid Users. *Noise and Health*, 21(98), 7. [https://doi.org/10.4103/nah.NAH\\_59\\_18](https://doi.org/10.4103/nah.NAH_59_18)

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Sabrina Nuñez Gonçalves – 50%

Adriana Laybauer Silveira – 25%

Adriane Ribeiro Teixeira – 25%