

KARINA PAES ADVÍNCULA

**MASCARAMENTO TEMPORAL NA AUDIÇÃO
SENESCENTE**

**RECIFE
2014**

KARINA PAES ADVÍNCULA

**MASCARAMENTO TEMPORAL NA AUDIÇÃO
SENECENTE**

Tese aprovada pelo Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, área de Neurociências, para obtenção do título de Doutor.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lúcia Gurgel da Costa

Co-orientadora: Profa. Dra. Denise Costa Menezes

RECIFE
2014

Ficha catalográfica elaborada pela
Bibliotecária: Mônica Uchôa, CRB4-1010

A244m Advíncula, Karina Paes.
Mascaramento temporal na audição senescente / Karina Paes
Advíncula. – Recife: O autor, 2014.
91 f.: il.; gráf.; 30 cm.

Orientadora: Maria Lúcia Gurgel da Costa.
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS.
Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do
Comportamento, 2014.
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Idoso. 2. Percepção. 3. Ruído. I. Costa, Maria Lúcia Gurgel da
(Orientadora). II. Título.

612.665 CDD (22.ed.)

UFPE (CCS2013-036)

**RELATÓRIO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DA
DOUTORANDA KARINA PAES ADVÍNCULA**

No dia 07 de março de 2014, às 9h, no Auditório do Núcleo de Telessaúde-NUTES da Universidade Federal de Pernambuco, os Professores: Marcelo Moraes Valença, Doutor Professor do Departamento de Neuropsiquiatria da Universidade Federal de Pernambuco; Hilton Justino da Silva, Doutor Professor do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco; Luciana Pimentel Fernandes de Melo, Doutora Professora do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal da Paraíba; Pedro de Lemos Menezes, Doutor Professor do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas e Maria Lúcia Gurgel da Costa, Doutora Professora do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco, componentes da Banca Examinadora, em sessão pública, argüiram a Doutoranda KARINA PAES ADVÍNCULA, sobre a sua Tese intitulada “**MASCARAMENTO TEMPORAL NA AVALIAÇÃO SENESCENTE**”, orientada pela Professora Maria Lúcia Gurgel da Costa. Ao final da argüição de cada membro da Banca Examinadora e resposta da Doutoranda, as seguintes menções foram publicamente fornecidas:

Prof. Dr. Marcelo Moraes Valença

Prof. Dr. Hilton Justino da Silva

Profª. Drª. Luciana Pimentel Fernandes de Melo

Prof. Dr. Pedro de Lemos Menezes

Profª. Drª. Maria Lúcia Gurgel da Costa

-

A Pedro, minha força.

A Letícia, minha alegria.

A Sérgio, minha paz.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, razão da minha existência, pela Sua fidelidade.

Aos meus filhos, **Pedro e Letícia**, pelo amor incondicional e pela inspiração diária.

Ao meu esposo, **Sérgio Andrade**, pelo apoio, pelo cuidado, pela paciência e pelo amor demonstrado dia a dia. Por construir nossa casa sobre a rocha. Amo você!

Ao Dr. **John H. Grose** o maior pesquisador que conheci. Por me confiar à ideia desta tese, pelo compromisso com a pesquisa, pelo exemplo ético e humano. Obrigada pela acolhida em sua casa na Carolina do Norte (EUA) e pela oportunidade de conhecer seu laboratório de pesquisa na UNC-CH. Conhecer você e sua esposa, **Velma**, foi um dos melhores presentes que Deus me concedeu nestes últimos anos.

A minha orientadora Profa. Dra. **Maria Lúcia Gurgel da Costa** pela acolhida, pela disponibilidade e por me apresentar a neurociência da senescência. A você, toda minha admiração, todo meu respeito e todo meu carinho.

À minha co-orientadora e amiga, Profa. Dra. **Denise Costas Menezes**, pela sua competência, pela sua persistência, pela sua maturidade, pelo seu equilíbrio emocional, pelas noites não dormidas, pela mente brilhante, pela simplicidade, pela maestria na superação das dificuldades, pelo carinho e por confiar em mim quando nem eu mesma confiava. Sem você, não seria possível.

À minha amiga e parceira Profa. Dra. **Silvana Griz**, pelo convite para participar deste projeto. Obrigada pela nova oportunidade, pelo renascimento em todos os sentidos das nossas vidas. Obrigada por se superar diante as adversidades para me ajudar a concluir esta tese. Sem você, também não seria possível.

À minha “dupla”, o mestre **Fernando Augusto Pacífico**, por partilhar comigo as dificuldades, as supresas, as decepções, as alegrias, enfim todo o processo desta pesquisa. Pelo profissional brilhante que é. Por emprestar todo seu conhecimento e curiosidade em Psicoacústica para me fazer entender o que era quase incompreensível.

À minha mãe, **Fátima Paes**, pela dedicação, pelo cuidado comigo e com meus filhos em todos os momentos. Pela minha base como ser humano. Obrigada, mãe, por me ensinar que devemos viver para abençoar o outro.

Ao meu pai **Alexandre Advíncula**, por me ensinar que um dia colhemos o que plantamos, sempre.

À minha tia **Angela Advíncula** e à minha avó **Odette** (*in memoriam*), pelo eterno incentivo, pelo meu sustento, pela minha formação ética e moral e pelo amor incondicional.

À minha amiga **Luciana Pimentel** pela parceria, pela fidelidade, pela cumplicidade e por conhecer cada detalhe da minha vida. Obrigada pela direção que você me dá. Você é luz!

À minha amiga **Daniele Andrade** pela lealdade, pela presença constante em uma década da minha existência. Pelo que superamos juntas e pelo que ainda vamos conquistar juntas. Obrigada, amiga, pelo apoio neste processo. Conseguimos!

Ao meu amigo **Hilton Justino**, pelo exemplo de dedicação e persistência. Obrigada pela honestidade, pela parceria, pelas orientações metodológicas e pelo incentivo em toda a minha carreira profissional.

As minhas amigas **Elizângela Camboim**, **Érika Mahon** e **Ilka Soares**, pelo apoio, pela amizade e pela ajuda na captação dos sujeitos da pesquisa.

A minha amiga **Ana Cláudia Frizzo**, quem me despertou para o estudo do processamento auditivo, a quem devo minha eterna gratidão pela parceria, pelo suporte, pela partilha, pelo carinho, pela sinceridade, pela ética, pelo amor e pela cumplicidade.

A amiga **Cleide Teixeira**, pela colaboração no processo de coleta dos dados e pela parceria de sempre.

À **turma querida da Posneuro**, que tanto me alegrou nestes dois anos. Conviver com vocês foi um carinho que Deus fez em minha alma. Sentirei muitas saudades!

Aos meus amigos **Luiz Sérgio** e **Rosa Villela**, pelo apoio, pelas orações e pela disponibilidade em ajudar num dos momentos mais difícil deste processo.

Aos participantes da pesquisa, pela paciência e pela disponibilidade em se doar para ciência.

Aos membros da banca, **Prof. Dr. Marcelo Valença**, **Prof. Dr. Pedro Menezes**, **Profa. Dra. Luciana Pimentel** e **Prof. Dr. Hilton Justino**, pelas excelentes contribuições feitas a este trabalho.

Ao *National Institute of Health* pelo financiamento de nossa pesquisa, que possibilitou a aquisição dos equipamentos, viabilizando a construção do nosso laboratório de pesquisa.

“O coração do ser humano pode fazer planos, mas a
resposta certa vem de Deus.”

Provérbios 16: 1

RESUMO

Ouvintes com audição normal geralmente reconhecem mais facilmente a fala em ambientes com ruído de fundo oscilante, quando comparados a ruídos de fundo constante. Este benefício da modulação do ruído – ou benefício do mascaramento modulado (BMM) (*masking release*) – é mais observado em ouvintes jovens do que em ouvintes idosos com audição normal. Essa dificuldade parece estar relacionada a déficit do processamento auditivo temporal. O objetivo dessa tese foi avaliar o déficit no processamento auditivo temporal relacionado ao aumento da idade, utilizando testes de fala com o português brasileiro. Para tal, foi determinada a magnitude do BMM em jovens e idosos e a permanência do ruído mascarante no sistema auditivo após seu desaparecimento acústico (*forward masking*). Participaram desse estudo jovens e idosos nativos do português brasileiro. Um estudo piloto determinou a taxa de modulação do ruído a ser utilizada na mensuração da magnitude do BMM. Para a medição do BMM, foram utilizadas sentenças da versão brasileira do *Hearing in Noise Test* (HINT). Foram determinados limiares de reconhecimento de fala para os dois grupos em presença de ruído estável (65 dB NPS) e em presença de ruído modulado em amplitude (cuja intensidade variou entre 65 dB NPS a 30 dB NPS, numa taxa de modulação de 10 Hz). Para a pesquisa da permanência do mascaramento, foram determinados limiares auditivos após a interrupção do ruído mascarante em intervalos de tempo específicos (4, 16, 64 e 128 milissegundos). O estímulo utilizado para determinação desses limiares também foi um ruído, porém de breve duração (30 ms). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). O grupo de jovens apresentou maior magnitude do BMM quando comparado aos idosos ($p=0.003$). No teste de permanência do mascaramento, os limiares decresceram significativamente entre os intervalos ($p<0.001$) para os dois grupos, evidenciando o efeito da permanência do mascaramento. Os idosos apresentam limiares significativamente mais elevados no intervalo de 128 mseg ($p=0.003$). Idosos brasileiros possuem menor BMM que os jovens brasileiros e apresentam maior permanência do mascaramento quando comparados com os jovens em intervalo de tempo de tempo mais prolongado (128ms). Esses achados reforçam o raciocínio de que déficit do processamento auditivo temporal está relacionado à dificuldade dos idosos em reconhecer a fala em ambientes ruidosos. Esses resultados consagram a versão brasileira do HINT como um material de fala apropriado para pesquisa do processamento auditivo temporal.

Palavras-chave: Idoso. Percepção de fala. Ruído.

ABSTRACT

Normal hearing listeners usually benefit from modulated competitive noise in speech perception. This benefit is known as masking release and it is greater in young subjects than in the elderly population, both with normal hearing. It seems that the smaller benefit of the older listeners is due to deficits in the temporal auditory processing. The purpose of this study was to investigate the effect of aging in the temporal auditory processing using Brazilian Portuguese sentences. For that, the magnitude of masking release was measured in young and old normal hearing listeners, and forward masking was investigated. Young and old normal hearing subjects participated in the study. A pilot study determined the modulation rate to be used for measuring the masking release. For measuring the magnitude of masking release, Brazilian Portuguese sentences of the Hearing in Noise Test (HINT) were used. Thresholds were measured in steady noise and modulated noise (at a modulation rate of 10Hz) for both groups. Forward masking was observed by measuring thresholds with a brief noise (30ms) in different gaps after a sudden interruption of the masker. The gaps between the masker and the signal were 4, 16, 64 and 128 milliseconds. Data was submitted to repeated-measures analysis of variance within and between subjects. The magnitude of masking release was greater for young listeners ($p=0.003$). Forward masking was observed for both groups, with a significant decrease in thresholds between gaps ($p < 0.001$). Analysis between groups showed significant difference at 128 ms ($p=0.003$). The younger Brazilian listeners of this study had greater magnitude of masking release than the older listeners. Forward masking was greater for the elderly group at the longest tested delay. These results are consistent with the idea that deficits in temporal processing may lead to elderly speech recognition difficulties in noise environments. These results also show the efficiency of the Brazilian Portuguese HINT sentences for auditory temporal processing research.

Keywords: Elderly. Speech perception. Noise.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACR - *Audiology – Communication Research*

BMM - Benefício do Mascaramento Modulado

CONEP - Comitê Nacional de Ética em Pesquisa

DeCS - Descritores em Ciências da Saúde

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IRB - *Institutional Review Board*

HEI - *House Ear Institute*

HINT - *Hearing in Noise Test*

LRS - Limiares de Reconhecimento de Sentença

MPP - *Masking Period Pattern*

NIH - *National Institute of Health*

PPM - Período Padrão de Mascaramento

RD - Fala com ruído a direita

RE - Fala com ruído a esquerda

RFR - Relação fala-ruído

RF - Fala com ruído frontal

RSR - Relação Sinal Ruído

S - Fala sem ruído

SSN - *Speech Shaped Noise*

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco

UNC-CH - Universidade da Carolina do Norte – Chapel Hill

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

LISTA DE SÍMBOLOS

dB - Decibel

dB A - *Decibel attenuation*

dB NA - Decibel Nivel de Audição

dB NPS - Decibel Nível de Pressão Sonora

Hz - Hertz

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	Aspectos Fisiológicos sobre a Audição Senescente	22
2.2	Mecanismos Corticais e o Sistema <i>Bottom-up</i> e <i>Top-down</i> na Compreensão da Audição e Cognição do Idoso	26
2.3	Estratégias de Escuta Utilizadas para Reconhecer a Fala em Presença de Ruído Competitivo 3	27
2.4	Métodos Psicoacústicos para Avaliação do Processamento Temporal	29
2.5	<i>Hearing in Noise Test</i>	30
2.6	Benefício do Mascaramento Modulado – BMM	33
2.7	Testes Psicoacústicos para Avaliar a o Período Padrão de Mascaramento e a Permanência do Mascaramento no Sistema Auditivo – <i>Forward Masking</i>	35
2.8	O Efeito do Mascaramento Temporal no Reconhecimento da Fala	37
2.9	Comentários Finais	38
3	MÉTODO	39
3.1	Experimento 1. Efeito da Taxa de Modulação do Ruído no BMM (<i>Masking Release</i>) para Fala	40
3.2	Experimento 2 – Benefício do Mascaramento Modulado BMM (<i>Masking Release</i>) na população jovem e idosa	44
3.3	Experimento 3 – Teste de Permanência do Mascaramento	46
4	RESULTADOS	49
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
	REFERÊNCIAS	71
	APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	77
	APÊNDICE B - Artigo original 1:	78
	ANEXO A – Certificado da Apresentação Oral em Congresso	85
	ANEXO B – Aprovação do Comitê de Ética Brasileiro	86
	ANEXO C – Aprovação do Comitê de Ética Americano	87
	ANEXO D – Normas do Periódico Internacional Journal of Audiology	88

1. APRESENTAÇÃO

Os processos que envolvem a compreensão da fala em presença de ruído competitivo vêm sendo motivo de estudo há vários anos e ainda é um desafio para vários pesquisadores da audição. Essa habilidade é um dos mais importantes aspectos da audição a ser avaliado, especialmente quando se trata dos distúrbios da comunicação humana, pois algumas situações de escuta requerem que o ouvinte perceba a informação de fala degradada ou distorcida. Isso acontece em diversas situações sociais, quando a fala do interlocutor é mascarada por um ruído de fundo (ruído competitivo ou ruído simultâneo) (CAHART, TILLMAN, GREETIS, 1969). O mascaramento causado pelo ruído faz com que a percepção da fala pelo ouvinte não esteja em condições ideais, por isso, é caracterizada como fala de baixa redundância (GROSE, MAMO, HALL, 2009). Tal situação requer que o ouvinte 'separe' a fala que se deseja ouvir, ou seja, a mensagem alvo, do ruído competitivo.

Um aspecto importante sobre o efeito do mascaramento no reconhecimento da fala é que ouvintes de audição normal conseguem perceber mais pistas acústicas quando o ruído de fundo oscila em intensidade (modulação em amplitude) ou em espectro de frequência (modulação em espectro de frequência) (GNASIA, JOURDES, LORENZI, 2008). Esse fenômeno é determinado na língua inglesa de *masking release*, e pode ser traduzido para o português como **benefício do mascaramento modulado** – BMM.

Estudos mostram que jovens ouvintes apresentam melhores índices de reconhecimento de fala em presença de ruído modulado, quando comparado ao ruído estável (FESTEN, PLOMP, 1990; FÜLLGRABE, BERTHOMMIER, LORENZI, 2006; BERNSTEIN *et al* , 2012). Acredita-se que os ouvintes consigam perceber as pistas acústicas da fala que não coincidem com as características acústicas (intensidade ou frequência) do ruído mascarante.

Interessante notar que a população idosa, mesmo possuidora de uma audição periférica normal (limiars auditivos dentro dos padrões de normalidade), apresenta um menor benefício do mascaramento modulado em amplitude (quando a intensidade oscila). Parece haver uma menor habilidade de percepção das pistas acústicas da fala que **não** estão mascaradas por surgirem simultaneamente aos pequenos espaços de tempo onde a intensidade do ruído diminui (GIFFORD, BACON, WILLIAMS, 2007). Surge então, uma pergunta que intriga pesquisadores e que norteou esta tese: Por que ouvintes idosos, mesmo que tenham audição normal, são menos capazes de reconhecer a fala em ambientes com ruído de fundo intermitentes (modulados) quando comparados a ouvintes mais novos?

Uma das hipóteses é que o ruído, mesmo depois de interrompido (nesse caso, depois de diminuída sua intensidade), ainda provoque um efeito mascarante por um período de tempo. Ou seja, os espaços de tempo (intervalos) no qual o mascaramento modulado diminui em intensidade, que deveriam servir para que o ouvinte percebesse mais pistas acústicas, terminam sendo ‘menores’ para o ouvinte idoso (GIFFORD, BACON, WILLIAMS, 2007). Dessa forma, esse indivíduo capta menos pistas acústicas da fala, dificultando seu reconhecimento. Esse fenômeno é chamado na literatura internacional de *forward masking*, e vai ser traduzido nesse trabalho como ‘permanência do mascaramento’.

Alguns fatores devem ser levados em consideração quando se avalia a habilidade de ouvir em presença de ruído: o material de fala utilizado, a presença ou ausência de ruído competitivo (ARIETA, 2009), e o tipo de ruído utilizado.

Quanto ao material de fala, sílabas e palavras têm sido utilizadas para medir o desempenho auditivo do indivíduo em tarefas de reconhecimento de fala (SANTOS, DANIEL, COSTA, 2009). Entretanto, na avaliação do reconhecimento de fala na presença de ruído, o uso de sentenças é melhor que o uso de palavras, pois as sentenças mais se aproximam das situações reais de comunicação (BRONKHORST, PLOMP, 1990).

No Brasil, alguns estudos utilizaram o teste de reconhecimento de fala com ruído branco (PEREIRA, 1993; SCHOCHAT, 1994). Outros autores recomendaram a utilização de ruído competitivo do tipo cafeteria (COSTA, 1992), reconhecimento de palavras monossilábicas mascarados por fala competitiva (COSTA, 1995), ruído competidor com espectro de fala (*speech shaped noise* –SSN) (COSTA et al., 1998) e modulações de amplitude (COSTA, 1998) e o ruído cocktail party (MANTELATTO, 1998; MANTELATTO, SILVA, 2000a; MANTELATTO, SILVA, 2000b; CAPORALI, ARIETA, 2004).

Entretanto, nas últimas décadas diversos testes vem utilizando ruídos com o mesmo espectro de fala das sentenças, utilizadas no teste (KALIKOW, STEVENS, ELLIOT, 1977; HAGERMAN, 1982; PLOMP, MIMPEN, 1979; SMOORENBURG, 1992; NILSSON, SOLI, SULLIVAN, 1994).

Em 2008, foi desenvolvido o *Hearing in Noise Test* (HINT) na versão Português Brasileiro (BEVILACQUA et al., 2008). Este teste utiliza sentenças para mensurar a habilidade de reconhecer a fala no silêncio e na presença de ruído. O HINT é um teste de reconhecimento de fala em formato *open-set* utilizado para medir os limiares de reconhecimento de sentença (LRS) no silêncio e as relações fala-ruído em que os LRS foram

obtidos em condições de ruído, sendo inicialmente criado no inglês americano (Nilsson et al., 1994).

Este teste foi desenvolvido em 1994 (NILSSON; SOLI; SULLIVAN, 1994), no *House Ear Institute*, sendo inicialmente comercializado e testado por meio de um *compact disc*, acoplado ao audiômetro. Em 2003, a empresa *Bio-Logic Systems Corp* criou um *hardware* e um *software* que possibilitaram novas versões do HINT (DUNCAN, AARTS, 2006). Posteriormente, outras versões do teste HINT foram desenvolvidas em diferentes línguas, sob as mesmas premissas metodológicas e procedimentos, a fim de obterem-se medidas comparáveis da habilidade de percepção de fala de maneira que, a depender do objetivo do estudo, permitissem comparações generalizadas (SOLI, WONG, 2008).

As versões do teste HINT podem ser encontradas em diversas línguas: no inglês americano (NILSSON, SOLI, SULLIVAN, 1994; VERMIGLIO, 2008), no espanhol da América Latina (OTERO *et al.*, 2008), no português brasileiro (BEVILACQUA *et al.*, 2008), no turco (CEKIC, SENNAROGLU, 2008), no espanhol castelhano (HUARTE, 2008), no búlgaro (LOLOV, 2008), no francês (LUTS *et al.*, 2008), no coreano (MOON *et al.*, 2008), no norueguês (MYHRUM, MOEN, 2008), no malaio (QUAR *et al.*, 2008), no japonês (SHIROMA *et al.*, 2008), no francês do Canadá (VAILLANCOURT *et al.*, 2008), no cantonês (WONG, 2008) e no mandarim (WONG, HUANG, 2008; WONG, LIU, HAN, 2008; WONG *et al.*, 2007). As semelhanças dos procedimentos e dos materiais de teste fazem das medidas obtidas com o teste HINT comparáveis entre os idiomas (BEVILACQUA *et al.*, 2008).

Uma variedade de fatores relacionada ao estímulo de teste pode influenciar na magnitude do BMM. Um deles é o tipo de material de fala utilizado, tais como: estímulos vogal-consoante-vogal (FULLGRABE *et al.*, 2006; GNANSIA *et al.*, 2008), sílabas sem sentido (DUBNO *et al.*, 2003; BERNSTEIN *et al.*, 2012), palavras monossilábicas (MILLER, LICKLIDER, 1950; STUART, PHILLIPS, 1996), palavras espondeicas (DIRKS, BOWER, 1971), e sentenças (JIN, NELSON, 2006; DESLOGE *et al.*, 2010). Um segundo fator que pode influenciar na magnitude do BMM é a natureza do ruído mascarante. Esses ruídos mascarantes geralmente são ruídos com espectro de fala ou a própria fala competitiva de uma única pessoa ou de várias juntas (FESTEN, PLOMP, 1990; GUSTAFSSON, ARLINGER, 1994; OXENHAM, SIMONSON, 2009; FRANCA *et al.*, 2011). No caso de ruídos modulados (nesse caso não se trata de falantes), os padrões de modulação geralmente são modulações no envelope de fala ou modulações em ondas (senoidal ou quadrática). Além

disso, ciclos regulares e irregulares foram incorporados a esses padrões de flutuação (STUART, PHILLIPS, 1996; GEORGE *et al.*, 2006). Um terceiro fator relacionado ao estímulo que afeta a magnitude do BMM é a relação fala-ruído (RFR). Vários estudos têm demonstrado que, para os ouvintes com audição normal, o BMM diminui com o aumento da RFR (OXENHAM, SIMONSON, 2009; CHRISTIANSEN, DAU, 2012; SMITS, FESTEN, 2013).

Ainda não se conhece o desempenho de fala mediante à apresentação do ruído, utilizando como material de teste as listas de sentença do HINT na versão brasileira, quando o ruído é modulado em diferentes taxas de modulações. Também não se sabe a magnitude do *masking release*, utilizando testes com a versão brasileira do HINT, mediante apresentação de ruído com o mesmo espectro de fala, comparando duas populações, jovens e idosos brasileiros; bem como a permanência do mascaramento no sistema auditivo na utilização de testes psicoacústicos nesta mesma população.

Portanto, esta tese se propõe a responder as seguintes perguntas:

- (a) Qual o efeito das diferentes taxas de modulações do mascaramento na magnitude do BMM em jovens brasileiros?
- (b) Qual a relação entre a magnitude do BMM entre jovens e idosos brasileiros no desempenho de reconhecimento de sentenças do *Hearing in Noise Teste* (HINT) na versão do português brasileiro?
- (c) Como se apresenta o desempenho de jovens e idosos brasileiros no teste de permanência do mascaramento (*Forward Masking*)?

Esta tese é um recorte de uma pesquisa internacional fomentada pelo *National Institute of Health* (NIH), que objetiva pesquisar o processamento temporal da audição do senescente em duas línguas, o português brasileiro e o inglês americano (Brasil e Estados Unidos), através de sentenças do *Hearing in Noise Test* (HINT) nessas duas versões linguísticas. Os resultados obtidos nesse estudo serão comparados no futuro aos resultados obtidos com participantes nativos do inglês americano, através do HINT em sua versão original. Essa análise comparativa busca resultado inovador ao consagrar a eficácia do HINT na versão brasileira na pesquisa do BMM, uma vez que o HINT original já vem sendo utilizado para esse fim. Além disso, a comparação entre nações de diferentes línguas pode trazer resultados interessantes, peculiares a cada população.

Neste trabalho, serão apresentados os dados da pesquisa realizada no Brasil.

Esta tese tem caráter inovador no Brasil por se tratar de uma investigação ainda não publicada em jornais nacionais, apesar de o assunto causar crescente interesse entre pesquisadores brasileiros.

Buscou-se evidenciar aqui a melhor forma de fundamentar pesquisas futuras relacionadas à utilização de métodos psicoacústicos de investigação auditiva na população jovem e idosa, na língua do português brasileiro.

Para fundamentar os experimentos dessa tese, foi realizada uma revisão que objetivou identificar na literatura testes psicoacústicos para avaliar a percepção de fala em presença do ruído no idoso (testes já normatizados ou testes ainda em pesquisa). Foram também discutidas as informações de como esses testes estão sendo interpretados, e como revelam o status auditivo senescente, concentrando-se nos estudos com o uso de ruído de fundo (mascaramento), testes de fala no ruído, disponíveis no âmbito nacional e internacional, identificando seus procedimentos.

Durante o mês de Janeiro de 2014, foi realizado o levantamento dos artigos na literatura, via endereço eletrônico, nas seguintes bases de dados: Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (Lilacs), Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (Medline), Índice Bibliográfico Espanhol de Ciências da Saúde (IBECS) e SciELO.

Foram utilizados para busca de artigos, os termos livres e os descritores “*speech perception*”; “*noise*”; “*hearing*”, “*auditory processing*” “*perceptul masking*”; e “*elderly*”, encontrados via Descritores em Ciências da Saúde (DeCS).

Foram lidos os títulos e resumos para verificar sua adequação quanto ao tema do estudo e, posteriormente, foram lidos artigos na íntegra com o objetivo de constatar sua adequação ao tema do processamento temporal no idoso. A revisão é apresentada nesse trabalho em formatação de capítulo de tese, no entanto, será enviada para publicação no periódico Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia com a formatação exigida.

Para responder as perguntas desse estudo, foram realizados três experimentos cujo os métodos foram detalhados e os resultados foram apresentados em dois artigos originais.

O primeiro artigo (Experimento 1) objetivou investigar o efeito das diferentes taxas de modulações do mascaramento na magnitude do BMM, através da pesquisa do limiar de reconhecimento de sentenças numa população de adultos com audição normal submetida a um mascaramento. Esse estudo foi importante para determinar a taxa de modulação que seria utilizada em um dos principais experimentos dessa tese: a pesquisa da magnitude do BMM. O controle de

determinados aspectos relacionados ao ruído mascarante e ao material de fala que se utiliza quando se pretende investigar o BMM. A taxa de modulação é um fator significante. Os demais aspectos foram controlados com base na literatura e o material de fala traz a proposta inédita do uso de sentenças do HINT na versão do português brasileiro. Este artigo foi publicado na no periódico *Audiology - Communication Research (ACR)*, no volume 18, número 4, out./dez. 2013. Os resultados deste trabalho foram apresentados no 21º Congresso Brasileiro e 2º Ibero-Americano de Fonoaudiologia, em setembro de 2013, em Porto de Galinhas-PE (ANEXO A).

O segundo artigo traz os dois principais experimentos dessa tese: a pesquisa da magnitude do BMM, na população jovem e idosa (**Experimento 2**), e a pesquisa da permanência do mascaramento (**Experimento 3**). Para tal, jovens e idosos foram submetidos a testes de reconhecimento das sentenças do HINT na versão do português brasileiro, em presença de ruído estável e modulado (**Experimento 2**) e, posteriormente, foram submetidos ao teste de permanência de mascaramento (**Experimento 3**). O artigo fruto desses **experimentos** será submetido à publicação no periódico *International Journal of Audiology*, e obedecem as orientações aos autores para a preparação do manuscrito.

Na construção desta tese foram obedecidas as Normas Brasileiras relativas à apresentação de trabalhos acadêmicos (NBR 14.720 de Abril de 2011), à numeração progressiva de seções de um documento (NBR 6024, de Março de 2012) e à referendação (NBR 6023, de Agosto de 2002). Os elementos pré e pós-textuais seguem a Regulamentação da Defesa e Normas de Apresentação do Centro de Ciências da Saúde /Programa de Pós Graduação em Neuropsiquiatria e Ciência do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e, no artigo publicado, as normas de Vancouver (ICMJE, 2011).

2 REVISÃO DA LITERATURA

Em muitas interações sociais, permeadas por comunicação oral, a fala do interlocutor é apenas um dos sons contidos no ambiente (CAHART, TILLMAN, GREETIS, 1969). Outros sons, também presentes, podem mascarar, mesmo que parcialmente, o estímulo de fala que se deseja ouvir. Isso acontece quando o ruído ambiental coincide em tempo e/ou em espectro de frequência com a fala. Nessa situação, caracterizada por condição de escuta em baixa redundância, o ouvinte passa a perceber apenas os segmentos da fala que não coincidem, em características acústicas e temporais, com o ruído mascarante. O resultado é a percepção de uma fala interrompida (segmentada em intervalos de tempo) e/ou distorcida (segmentada em espectro de frequência) (CAHART, TILLMAN, GREETIS, 1969; CAPORALI, SILVA, 2004).

O reconhecimento adequado da fala em situações dessa natureza demanda que o ouvinte seja capaz de integrar (em nível cortical) os segmentos de fala (ou pistas acústicas) que percebe através das inúmeras janelas de tempo e/ou características de frequência, e atribua a esse material acústico, um significado. É dessa forma que em situações de escuta da fala em presença concomitante de ruído, a mensagem do interlocutor será percebida e interpretada pelo ouvinte (HUMES, CHRISTOPHERSON, 1991).

A dificuldade em reconhecer sons da fala em ambientes ruidosos aumenta com o avanço da idade. A perda auditiva sensorial, comum na população idosa, é referida como uma das causas de dificuldade do idoso em reconhecer sons da fala (CAPORALI, SILVA, 2004; HUMES, CHRISTOPHERSON, 1991). No entanto, estudos apontam que independentemente de qualquer déficit na sensibilidade auditiva, idosos com audição dentro dos padrões de normalidade, quando comparados a jovens ouvintes, apresentam maior dificuldade no reconhecimento da fala em ambientes ruidosos (CAPORALI, SILVA, 2004; HUMES, CHRISTOPHERSON, 1991; VERSFELD, DRESCHLER, 2002; GORDON-SALANT, 2006; DESLOGUE *et al*, 2010)

Ao se considerar que a audição é peça fundamental para comunicação das pessoas em ambientes de interação social, as dificuldades auditivas aumentam os desafios relacionados à socialização dos idosos (CAPORALI, SILVA, 2004). O quadro se agrava por ser, o declínio auditivo relacionado à idade, um problema insidioso, que tende a se desenvolver lentamente

ao longo dos anos (GORDON-SALANT, 2006; DESLOGUE *et al*, 2010). Muitas vezes, esse declínio é mascarado através de mecanismos e estratégias compensatórias, atrasando o início de uma intervenção profissional adequada (DUBNO *et al*, 2003). Por exemplo, entender se a dificuldade de escutar está relacionada a alterações periféricas ou centrais, direcionam a escolha para intervenção. Entender se um ruído se prolonga no sistema auditivo pode alertar sobre as programações de aparelhos auditivos com corte de ruído de fundo. Esses fatores fizeram com que nos últimos anos o interesse de estudiosos sobre o assunto fosse ampliado (VERSFELD, DRESCHLER, 2002; GORDON-SALANT, 2006; DESLOGUE *et al*, 2010; PASCOLINI, SMITH, 2008).

Outro fator que contribui para o interesse dos estudos sobre a audição dos idosos é o aumento da população idosa em diversos países. O declínio auditivo associado à idade tornou-se um problema de saúde pública.

De acordo com o censo mais recente realizado nos Estados Unidos da América (Census Bureau), a população de pessoas com idade igual ou maior que 65 anos, Unidos, gira em torno de 37 milhões – 12% da população total do país. No Brasil, essa população foi estimada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2000, em cerca de 6 % da população, o que significa milhões de pessoas. De acordo com a Organização Mundial de Saúde, em 2005, a perda auditiva em adultos foi classificada como a terceira maior causa de anos vividos com incapacitação (Years Lived with Disabilities - YLD), mediante um cálculo baseado na soma de anos produtivos de vida, perdidos devido a inabilidades prematuras. Além disso, foi classificada como a décima segunda morbidade mais presente no mundo (Global Burden of Disease) (GROSE, MAMO, 2010).

O interesse no estudo do processamento de sons no sistema auditivo senescente nasce, então, de uma demanda social que aumenta progressivamente. A saúde física, mental e social dessas pessoas é prioridade de ações públicas, uma vez que possuem necessidades específicas.

Estudos que contribuam para uma maior compreensão sobre essas necessidades promovem impacto social relevante, instigando mudanças sociopolíticas. Essa realidade atinge inúmeros países, como os Estados Unidos da América e o Brasil. A compreensão sobre o processamento da audição no sistema auditivo senescente, mais especificamente o processamento temporal, torna-se, então, um desafio na busca de testes que possibilitem justificar tal fenômeno fisiológico, com chances maiores no desenvolvimento de testes que

investiguem como ocorre a resolução temporal do sistema auditivo no idoso (GROSE *et al*, 2009).

O tema também tem sido estudado no Brasil. Em 2008, o *Hearing in Noise Test* (HINT), teste de grande abrangência internacional, foi publicado na versão brasileira por um grupo da Universidade de São Paulo (USP) (BEVILACQUA, 2008). A versão brasileira do HINT permitiu a realização de pesquisas no Brasil sobre a percepção da fala em ambientes ruidosos. Na Universidade Federal de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, um grupo de pesquisa tem se dedicado a este tema, envolvendo diversas populações e diferentes condições de teste (COSTA *et al*, 2011).

Entretanto, apesar dos estudos publicados por este grupo de pesquisa, percebe-se ainda pequeno enfoque na população idosa de audição normal, com o propósito de ampliação do estudo do desenvolvimento da habilidade do senescente no processamento temporal.

Para que possamos chegar a uma maior e melhor compreensão sobre as dificuldades que idosos possuem para comunicação oral diante de situações com a presença de ruído de fundo competitivo, destacou-se nesta revisão a contribuição da habilidade do processamento temporal nesta dificuldade.

Para discutir esta questão, objetivou-se buscar evidências científicas sobre quais testes psicoacústicos têm sido descritos para avaliar a percepção de fala em presença do ruído no idoso (testes já normatizados ou testes ainda em pesquisa).

Inicialmente o capítulo abordará os aspectos fisiológicos da audição do idoso, incluindo seus mecanismos corticais e o sistema *bottom-up* e *top-down* na compreensão da audição e cognição, e suas estratégias de reconhecimento da fala em presença de ruído competitivo. Posteriormente serão apresentados os métodos psicoacústicos para avaliação do processamento temporal, enfatizando o *Hearing in Noise Test* (HINT), as medidas do benefício do mascaramento modulado (BMM) e a mensuração da permanência do mascaramento (*Forward Masking*). Por fim, serão feitas considerações sobre o efeito do mascaramento temporal no reconhecimento da fala.

2.1 Aspectos Fisiológicos sobre a Audição Senescente

Com o aumento da idade, mudanças anatômico-fisiológicas acontecem em todo o sistema auditivo periférico e central. No entanto, as alterações mais relevantes para o

desempenho de funções auditivas são provenientes da orelha interna e das vias auditivas centrais (GORDON-SALANT, 2006).

O conhecimento científico sobre os aspectos fisiológicos que envolvem as respostas comportamentais auditivas do idoso, quando comparado ao jovem ouvinte, ainda é escasso (DUBNO *et al*, 2003)

Um grande número de estudos (CAPORALI, SILVA, 2004; VERSFELD, DRESCHLER, 2002; DESLOGUE *et al*, 2010) tem dado suporte à noção de que dificuldades no reconhecimento de fala por parte de idosos se devem à perda de sensibilidade auditiva associada à idade. Porém, outros estudos revelam que mesmo quando a audição sensorial está preservada, algumas habilidades auditivas são alteradas com o avanço da idade (DUBNO *et al*, 2003; HENRIQUES *et al*, 2008; COSTA *et al*, 1969). Acredita-se, portanto, que alterações em vias auditivas aferentes e áreas corticais relacionadas à audição exerçam um significativo papel no declínio do desempenho auditivo.

O que parece ser consenso na literatura é que ouvintes idosos, com ou sem perda auditiva, exibem considerável dificuldade em compreender a fala em condições de escuta não ideais. Estudos apontam que idosos têm pior desempenho que jovens no reconhecimento da fala em presença simultânea de ruído (DESLOGUE *et al*, 2010; HENRIQUES *et al*, 2008) ou quando a fala é distorcida por reverberação ou comprimida em tempo (GORDON-SALANT, 2006). Tais análises comparam jovens e idosos com audição periférica semelhante, ou seja, sensibilidade auditiva normal, e por isso, sugerem que outros fatores, além da mudança nos limiares auditivos, contribuem para a diminuição do reconhecimento de fala em idosos (CAPORALI, SILVA, 2004).

Mudanças no córtex do ouvinte idoso podem gerar impacto nas funções cognitivas, tais como velocidade do processamento, memória de trabalho e atenção. Estas mudanças, por si, podem resultar numa redução da compreensão da fala no idoso ouvinte. Todavia, as mudanças relacionadas à idade no sistema auditivo periférico também degradam o sinal de fala enviado ao sistema nervoso central para processamento linguístico e cognitivo.

Humes e Dubno (2010) apresentam como exemplo de danos em áreas auditivas centrais a perda de volume neuronal na divisão ventral do núcleo coclear, provavelmente associada à perda de ramificações dendríticas, fibras do lemnisco lateral ou alterações nos dendritos e corpo celular de neurônios do córtex auditivo. Alternativamente, tal dificuldade poderia estar associada a perdas cognitivas gerais, próprias da identificação generalizada dos processos cognitivos em idosos. Na verdade, comentários sobre problemas de compreensão da

fala em idosos têm girado em torno de uma “localização da lesão” como estruturas periféricas (principalmente a cóclea), sistema auditivo central e áreas cognitivas hipotéticas como principais contribuintes. Embora exista pouca discordância entre as pesquisas quanto à extensão da dificuldade de compreensão de fala pelos idosos, o desafio tem sido identificar a natureza destas dificuldades.

Portanto, o que se pode inferir é que os problemas de compreensão de fala no ouvinte idoso decorrem de uma combinação dos problemas auditivos periféricos, problemas no processamento auditivo (central) e fatores cognitivos.

Um aspecto do processamento auditivo que vem sendo investigado nessa população é o processamento temporal de sons. Acredita-se que grande parte das dificuldades auditivas dos idosos esteja relacionada a déficit no processamento auditivo temporal, pois a maioria de informações transmitidas através de sons, como a fala e a música, por exemplo, é expressa por mudanças nas características do som com o decorrer do tempo. O processamento auditivo temporal envolve a competência para processar estes aspectos do som que variam com o tempo. Alterações nessa habilidade podem estar relacionadas a aspectos periféricos e/ou centrais. Independente da perda auditiva, as habilidades de processamento temporal auditivo também tendem a diminuir com a idade avançada (HALL *et al*, 2012)

Segundo Neves e Feitosa (2003) existe uma queixa frequente de dificuldade para compreender a fala por parte dos idosos sem perdas auditivas, principalmente quando a fala se encontra em presença de ruído competitivo ou reverberações. Estudos recentes têm evidenciado que tais dificuldades podem estar relacionadas a perdas da capacidade de realizar o processamento temporal de sons, associadas ao envelhecimento (GROSE, MAMO, 2012). Geralmente, este tema é subdividido em dois grandes tópicos: a integração temporal e a resolução temporal.

A integração temporal auditiva consiste na capacidade do sistema auditivo de acumular informação durante algum tempo para melhorar a detecção ou discriminação de sons. Quando a fala não se encontra em condições ideais, ou seja, quando está segmentada (fragmentada) em tempo ou espectro de frequência, sua compreensão se torna mais difícil. Isso porque apenas algumas pistas acústicas são percebidas, em espaços de tempo diferentes, e é preciso ‘integra-las’ para que se possa atribuir um sentido ao que se ouviu. Geralmente, essas são as condições de escuta em ambientes ruidosos. Devido ao mascaramento causado

pelo ruído competitivo, a fala do interlocutor se torna degradada, distorcida, e por isso, mais difícil de ser compreendida.

Humes e Dubno (2010) se referem à resolução temporal como os aspectos rápidos do processamento auditivo que permitem, por exemplo, detectar interrupções breves entre dois estímulos ou modulações nos sons. A maioria dos estudos de detecção de interrupções com idosos tem como objetivo determinar se existe, ou não, um processo de envelhecimento que possa afetar exclusivamente o processamento auditivo temporal, sem afetar necessariamente a sensibilidade ao som, ou seja, seu limiar absoluto de detecção.

Subjacente a esta questão, reside uma necessidade de identificar a causa da dificuldade, verificada em idosos, para processar mudanças rápidas das características do som, principalmente na presença de ruído. Esta perda de capacidade poderia ser devida a uma deterioração dos processos auditivos periféricos (por exemplo, danos nas células ciliadas da cóclea, ou nas fibras do gânglio espiral), ou causada por uma deterioração dos processos auditivos centrais, decorrente de danos a áreas centrais do sistema nervoso auditivo (GIFFORD, BACON, WILLIAMS, 2007).

A possibilidade de que o declínio da compreensão de fala no idoso esteja relacionado a problemas do sistema auditivo periférico (perda auditiva sensorial) é bem plausível. Principalmente quando se considera que a prevalência da perda auditiva em idosos é maior que os outros déficits centrais auditivos (GORDON-SALANT, FITZGIBBONS, 2001) ou impedimentos cognitivos leves. A perda auditiva em agudos explica em parte esta dificuldade (GEORGE et al, 2006). Nos últimos anos, tem-se reconhecido um fator adicional conectado a alterações neurológicas relacionadas à idade (GIFFORD, BACON, WILLIAMS, 2007)

No entanto, quando a sensibilidade auditiva está dentro de padrões de normalidade, outros aspectos auditivos devem ser investigados. O acesso às funções auditivas vai muito além da simples medição de limiares. Vale ressaltar que mesmo em presença de perda auditiva sensorial, não se descarta déficit nas habilidades auditivas causadas por alterações no sistema auditivo central (HUMES, DUBNO, 2010).

Os parágrafos posteriores apresentarão, mais detalhadamente, uma teoria que explica os mecanismos de compreensão da fala no idoso. O entendimento desta teoria é importante quando se pretende observar o panorama dos testes audiológicos de acesso ao processamento auditivo do idoso, pois o principal objetivo da maioria dos testes é compreender como a fala é processada e quais são os diversos mecanismos da habilidade temporal nela envolvidos.

2.2 Mecanismos Corticais e o Sistema *Bottom-up* e *Top-down* na Compreensão da Audição e Cognição do Idoso

Para entender melhor sobre as questões que envolvem as dificuldades auditivas relacionadas ao envelhecimento, escolhemos a explicação sobre o processamento sensorial (*bottom-up*) e cognitivo (*top-down*) da fala, destacando a relação interativa e complementar, necessárias para o sucesso da comunicação.

Para que todo processo seja bem sucedido, o ouvinte deve acumular a base sensorial da informação (*bottom-up*) ao longo do tempo, bem como interpretar cognitivamente (*top-down*) a intenção do falante. Uma das maiores dificuldades para o entendimento da fala é que o discurso ocorre rapidamente, num ritmo estabelecido pelo interlocutor. O ouvinte, quando desafiado a juntar informações ao longo do tempo, pode não acumular o significado com rapidez suficiente, levando ao insucesso na comunicação (NEVES, FEITOSA, 2003).

O ouvinte idoso reconstrói os sons da fala com maior dificuldade em ambiente acústico com várias fontes sonoras, onde o sistema cognitivo faz tentativas de separar as fontes de ruído com o objetivo de identificar a fala alvo. Neste momento, uma grande ativação cerebral é exigida para ouvir em ambientes complexos e desconstruir o som de maneira significativa (MIRANDA, DURANTE, 2009).

A perda auditiva sensorial degrada o *input* auditivo. Para compreender a fala em ambientes ruidosos, o indivíduo idoso com esta limitação necessita de um maior esforço perceptual do que aquele mais jovem. Então, nestes ambientes, o sistema auditivo envelhecido ativa, possivelmente, processos compensatórios para obter melhor desempenho comunicativo (*top-down*). A discussão sobre este processo reside na necessidade da utilização de mais recursos cognitivos, os quais são desviados para percepção (identificação) da palavra, permanecendo poucos recursos disponíveis para outras tarefas de nível cognitivo mais alto, tais como: compreensão e memória das palavras que foram identificadas (NEVES, FEITOSA, 2003; COOPER, GATES, 1991).

Os problemas mais comuns na pessoa idosa incluem: esquecimento, dificuldade para encontrar palavras, tempo de reação diminuído e dificuldade em aprender novas tarefas, bem como alterações e redução de neurotransmissores que contribuem para desacelerar o tempo de realização neural. Por estas razões, o idoso possuidor de perda auditiva e declínio nas habilidades do processamento cognitivo, sofrerá com as limitações dos benefícios

proporcionados pelas próteses auditivas, especialmente em ambientes ruidosos. Por essa queixa ser tão frequente, inúmeros testes são desenvolvidos na busca de quantificar e qualificar a habilidade de reconhecimento da fala em presença de ruído. Tais exames serão detalhados adiante.

2.3 Estratégias de Escuta Utilizadas para Reconhecer a Fala em Presença de Ruído Competitivo

As várias situações de escuta diária solicitam que o ouvinte decodifique a informação de fala que se encontra mascarada por um ruído de fundo. O mascaramento acontece quando outros sons presentes no ambiente coincidem em tempo, e/ou em espectro de frequência, e/ou informações linguísticas com a fala que se deseja ouvir. Essa dificuldade aumenta com o avanço da idade, pois idosos com audição dentro dos padrões de normalidade, quando comparados a jovens ouvintes, apresentam maior dificuldade no reconhecimento da fala em ambientes ruidosos.

Pesquisas revelam que o desempenho no reconhecimento de fala é melhor quando o ruído de fundo oscila em intensidade (LEVITT, 1967) Isto significa que a percepção da fala é otimizada quando o ruído de fundo é modulado em intensidade, ao invés de contínuo. Esse processo é conhecido na literatura internacional como *masking release* (benefício do mascaramento modulado -BMM) (KWON et al, 20012). O BMM acontece devido ao aumento da relação sinal/ruído causado pela redução dos níveis de intensidade do mascaramento no momento da modulação (modulações mínimas). Esta situação permite que o ouvinte ouça o sinal alvo exatamente no momento da modulação mínima, quando o ruído mascarante se encontra com sua intensidade mais fraca, obtendo informação suficiente para decodificar o sinal de fala. Tem sido observado maior efeito do BMM para frequência de modulações mais baixas, tais como modulações entre 8 e 25 Hz (especialmente em 10 Hz). Isso porque frequências de modulações mais baixas produzem espaços temporais de menor amplitude mais longos, e fazem com que a fala alvo possa ser mais facilmente percebida (HALL et al, 2012).

O mascaramento causado pelo ruído de fundo caracteriza essa condição como escuta de baixa redundância, quando o ouvinte passa a perceber apenas os segmentos da fala que não coincidem com o ruído em características acústicas e temporais. O resultado é a percepção de uma fala interrompida (segmentada em intervalos de tempo) e/ou distorcida (segmentada em espectro de frequência). Portanto, o reconhecimento adequado da fala nessas situações

demanda que o ouvinte seja capaz de integrar (em nível cortical) os segmentos de fala (ou pistas acústicas) que percebe através das inúmeras janelas de tempo e/ou características de frequência, e atribua a esse material acústico, um significado (COSTA, DANIEL, SANTOS, 2011).

Portanto, surge um questionamento que ainda permanece sem resposta: idosos com audição periférica normal não apresentam benefício do mascaramento modulado compatível ao do jovem devido às dificuldades no processamento de envelope temporal (capacidade de perceber as pistas acústicas da fala nos momentos de baixa intensidade), ou devido às dificuldades para integrar as pistas acústicas percebidas em segmentos de tempo, viabilizando a compreensão do que foi dito (ADVÍNCULA *et al*, 2013)?

Muito ainda há de ser esclarecido. Uma hipótese que pode ser construída é que o idoso tem mais dificuldade em reconhecer o som devido a alterações na sincronia neural. A hipótese explica que, a falta de sincronia neural (no sistema auditivo periférico) provoca uma permanência maior do efeito de mascaramento (*foward masking*), e pistas acústicas que seriam percebidas nos momentos de baixa intensidade da modulação, passam a ser mascaradas.

Outra hipótese é que pessoas idosas não apresentem o mesmo desempenho dos jovens para integrar elementos acústicos fragmentados em tempo ou espectro de frequência. Nessa hipótese, mesmo que percebessem as pistas acústicas nos momentos de baixa intensidade, tais pessoas teriam dificuldades em compreender a fala por não integrá-las adequadamente (lembrando que as pistas são percebidas em segmentos temporais).

É importante ressaltar que, neste contexto, aquilo que se entende por integração não requer, necessariamente, audição dicótica. O conceito se refere apenas ao ato de integrar informações segmentadas em tempo e em frequência, podendo essa habilidade ser monoaural ou binaural.

As próximas seções apresentarão os testes apresentados na literatura, com destaque em sua viabilidade e expressividade quanto ao processamento temporal e abrangência investigatória.

2.4 Métodos Psicoacústicos para Avaliação do Processamento Temporal

O desempenho do reconhecimento de fala na presença de ruído competitivo pode variar de acordo com a forma na qual é avaliado. Um dos fatores que influenciam a habilidade para reconhecer a fala na presença do ruído é a tarefa de escuta. Na mensuração da inteligibilidade de fala são utilizados, geralmente, dois tipos de tarefas de escuta ou paradigmas: aquela com relações fala/ruído (RFR) ou fixas; e aquela com RFR adaptativas variadas. Os resultados de um paradigma RFR fixa são geralmente expressos como pontuações percentuais corretas. Os resultados de um paradigma adaptativo são dados como RSR no limiar de inteligibilidade de fala (LEVITT, 1971).

Para determinação de resultados expressos em RFR, utiliza-se um procedimento adaptativo no qual, a intensidade de um estímulo particular apresentado ao sujeito depende de como o sujeito respondeu aos estímulos anteriores (BODE, CARHART, 1973). A utilização do termo “procedimento adaptativo” tem sido associado a métodos que tendem para conversão da intensidade do limiar (ou algum outro ponto alvo), apresentando também a vantagem de não exigir um conhecimento prévio de onde o limiar está localizado, uma vez que os métodos adaptativos tendem a convergir para o limiar, independentemente do ponto de partida (LEVITT, RABINER, 1967).

Nesse procedimento, geralmente, o ponto de partida tem intensidade mais forte, que segue diminuindo e aumentando (de acordo com a resposta do indivíduo) em intervalos predeterminados. Tais intervalos são inicialmente maiores para, em seguida, tornarem-se menores à medida que o limiar é abordado. A literatura sugere que sejam utilizados intervalos de 4 dB até a reversão da resposta. Posteriormente, os intervalos de apresentação dos estímulos devem ser de 2 dB entre si, até a obtenção do limiar de reconhecimento (LEVITT, 1971). Como resultado, a eficiência e precisão das respostas são maximizadas. Em detalhes, o procedimento é realizado da seguinte maneira: um curso descendente começa com uma resposta positiva; e segue em diminuição até que haja uma resposta negativa e, por conseguinte, *uma reversão*; enquanto que um curso ascendente começa com uma resposta negativa e termina com uma positiva (ADVÍNCULA *et al*, 2013). O procedimento é continuado por meio de pelo menos seis a oito reversões (exceto o primeiro) e o valor do limiar é calculado como a média dos valores médios das corridas, ou como a média dos seus picos e depressões (ADVÍNCULA *et al*, 2013).

Outro parâmetro de análise relacionado aos testes de fala refere-se à forma de contabilizar o acerto/erro da resposta apresentada pelo ouvinte. Pode-se considerar a sentença completa ou partes da sentença (o número de palavras repetidas corretamente em uma sentença).

Percebe-se, portanto, que testes psicoacústicos apresentam inúmeras particularidades em seus procedimentos que ainda necessitam ser investigadas antes que sejam aplicadas clinicamente. Seria impossível abordar, em detalhes, um número significativo desses testes. Pretende-se explicar nos próximos parágrafos peculiaridades documentadas na literatura sobre o acesso ao efeito do mascaramento (ruído de fundo) e suas variações. Por esse motivo, será dado enfoque à investigação do benefício do mascaramento modulado -BMM (*masking release*). Antes, porém, será abordado o material de fala que será utilizado para tais investigações – o *Hearing in Noise Test* – HINT.

2.5 *Hearing in Noise Test*

O *Hearing in Noise Test* (HINT) é um teste de reconhecimento de fala em formato *open-set*, utilizado para medir os limiares de reconhecimento de fala de sentença (LRS) no silêncio e nas relações fala-ruído em que os LRS foram obtidos em condições de ruído, sendo inicialmente criado no inglês americano (BERNSTEIN et al, 2012).

Este teste foi desenvolvido em 1994, no *House Ear Institute*, sendo inicialmente comercializado e testado por meio de um *compact disc*, acoplado ao audiômetro. Em 2003, a empresa *Bio-Logic Systems Corp* criou um *hardware* e um *software* que possibilitaram novas versões do HINT. Foi primeiramente testado em ouvintes normais para obtenção de parâmetros de normatização. O teste é composto por 12 listas foneticamente balanceadas, equivalendo a 20 sentenças cada. Cada sentença varia de seis a sete sílabas de comprimento, classificada em nível de leitura de primeiro grau. As sentenças HINT foram gravadas por um falante do sexo masculino nativo do inglês americano. O ruído estável foi combinado com o espectro médio de longo prazo das sentenças (BERNSTEIN et al, 2012).

Posteriormente, outras versões do teste HINT foram desenvolvidas em diferentes línguas, sob as mesmas premissas metodológicas e procedimentos, a fim de obterem-se medidas comparáveis da habilidade de percepção de fala, de maneira que, a depender do objetivo do estudo, fossem permitidas comparações generalizadas.

As versões do teste HINT podem ser encontradas em diversas línguas: no inglês americano (NILSSON, SOLI, SULLIVAN, 1994; VERMIGLIO, 2008), no espanhol da América Latina (OTERO *et al.*, 2008), no português brasileiro (BEVILACQUA *et al.*, 2008), no turco (CEKIC, SENNAROGLU, 2008), no espanhol castelhano (HUARTE, 2008), no búlgaro (LOLOV, 2008), no francês (LUTS *et al.*, 2008), no coreano (MOON *et al.*, 2008), no norueguês (MYHRUM, MOEN, 2008), no malaio (QUAR *et al.*, 2008), no japonês (SHIROMA *et al.*, 2008), no francês do Canadá (VAILLANCOURT *et al.*, 2008), no cantonês (WONG, 2008) e no mandarim (WONG, HUANG, 2008; WONG, LIU, HAN, 2008; WONG *et al.*, 2007). As semelhanças de procedimentos e de materiais de teste fazem das medidas obtidas com o teste HINT comparáveis entre os idiomas (BEVILACQUA *et al.*, 2008).

Os materiais de teste foram selecionados a partir de um grande número de sentenças cotidianas simples (336 sentenças para a versão em inglês americano), que foram classificadas de acordo com a naturalidade das sentenças por falantes nativos da língua alvo. Sentenças com baixa redundância de fala foram descartadas. A dificuldade das sentenças do teste foi equalizada utilizando-se os mesmos procedimentos para as diferentes versões linguísticas do teste HINT. Sentenças difíceis de serem percebidas foram descartadas. Todos os materiais de fala, incluindo materiais de língua inglesa e estrangeira, foram gravados e processados no mesmo Instituto, sob os mesmos procedimentos (BERNSTEIN *et al.*, 2012)

As médias e os desvios-padrão da amostra normativa das versões do teste HINT encontram-se disponíveis, bem como valores normativos para versão em inglês americano do teste HINT, para listas de 20 sentenças foram obtidas a partir de três centros de teste, com um total de 67 falantes nativos do inglês americano (BODE, CARHART, 1973). Os resultados do HINT são apresentados de duas formas: limiares de reconhecimento de sentença no silêncio e limiares de RFR. Os limiares de reconhecimento de sentença no silêncio são obtidos por meio de procedimento adaptativo padrão para medir uma pontuação de 50% de acerto. Os limiares de RFR HINT refletem as RFR em que os ouvintes alcançam uma pontuação de 50% de acerto, em condições de ruído. Uma lista de 20 sentenças é utilizada para ambos os limiares. O teste HINT possibilita utilizar limiares de reconhecimento de fala com o intuito de avaliar o desempenho da fala na presença do ruído competitivo (BERNSTEIN *et al.*, 2012).

Há que se destacar como os limiares de reconhecimento de sentença no silêncio (condição de silêncio) e os limiares de RFR (condição de ruído) são obtidos. Para condições silêncio, a primeira sentença em cada lista é apresentada numa intensidade de 20 dB A.

Quando a sentença não é repetida corretamente, a mesma sentença é apresentada várias vezes, e a intensidade é aumentada em passos de 4 dB até que o ouvinte repitam a sentença corretamente. As sentenças subsequentes na lista são apresentadas uma vez cada. Durante as primeiras quatro sentenças, a intensidade da fala é reduzida em 4 dB após uma resposta correta e um aumento de 4 dB depois de uma resposta incorreta. Após a apresentação da quarta sentença, um limiar é estimado tomando a média: (1) da intensidade final de apresentação da primeira sentença, (2) das intensidades de apresentação da segunda a quarta sentença, e (3) da intensidade em que a quinta sentença seria apresentada (isto é, ou 4 dB mais elevado ou mais reduzido do que a intensidade de apresentação da quarta sentença) (KWON et al, 2012).

A quinta sentença é, em seguida, apresentada a uma intensidade do limiar estimado. Da quinta a vigésima sentença, a intensidade da fala varia em passos de 2 dB de acordo com a resposta do participante. O limiar de reconhecimento de sentença é calculado a partir do nível médio apresentação da quinta a vigésima sentenças e da intensidade em que a sentença vigésima primeira seria apresentada. Para medição dos limiares de RFR, o ruído é apresentado em uma intensidade fixa de 65 dB A, e a primeira sentença na lista é apresentada a uma intensidade de 65 dB A. A intensidade da fala varia de acordo com a resposta do ouvinte. O mesmo protocolo adaptativo é utilizado nas condições de ruído, tal como descrito anteriormente para as condições de silêncio com o objetivo de determinar o nível do estímulo que o ouvinte alcançava o percentual de 50% de acerto, valor esse que é convertido para o RFR (limiar de RFR) (SCHNEIDER et al, 2010).

Em resumo, o HINT possibilita utilizar limiares de reconhecimento de fala com o intuito de avaliar o desempenho da fala na presença do ruído competitivo. Através da utilização do teste HINT, torna-se prático e possível confirmar as vantagens da audição direcional binaural, pois os testes podem ser aplicados em diferentes direções e proporcionam medidas que não são detectadas pela audiometria convencional (BEVILACQUA, 2008)

No Brasil, Bevilacqua et al. (2008) desenvolveram o teste HINT na versão do Português Brasileiro. Para preparação do teste, 1.700 sentenças foram compiladas por meio de três métodos diferentes. Após uma avaliação de familiaridade das sentenças, foram selecionadas 800 delas para utilização do estudo inicial. Dois centros participaram da pesquisa: Universidade de São Paulo, localizado em Bauru, São Paulo e a Universidade Estadual de Campinas, localizada em Campinas, São Paulo. As sentenças selecionadas foram

gravadas no *House Ear Institute*, em Los Angeles, por um profissional locutor brasileiro do sexo masculino.

Numa segunda etapa, foi estimada a função desempenho-intensidade por meio da avaliação de doze indivíduos, sendo seis de cada instituição acima citada. A partir do material de fala existente, foram produzidas 6 listas de 50 sentenças, totalizando 300 sentenças (três listas para cada centro), e um ruído mascarante com o mesmo espectro de frequência das sentenças. A intensidade do ruído foi constante em 65 dB A, com as seguintes variações do sinal para taxas de ruído (RFR): - 7 dB, -4 dB e -2 dB, para todas as listas testadas. As palavras corretas foram contadas, resultando num percentual de inteligibilidade para cada lista em RFR. A média da inclinação da função desempenho-intensidade para os dois centros foi de 11,4% por mudança de dB na RFR. Posteriormente foi realizada a equalização da dificuldade das sentenças.

A partir dos dados da fase de equalização, foram criadas 24 listas de sentenças foneticamente balanceadas. Transcrições fonêmicas codificadas foram inseridas num programa de computador que contou automaticamente os fonemas em cada sentença de cada lista. O resultado final originou a criação de 24 listas, com 10 sentenças foneticamente balanceadas. Ao final, as 240 sentenças foram redistribuídas em 12 listas com 20 sentenças cada. A inteligibilidade de fala foi avaliada em 29 indivíduos de ambos os sexos, na faixa etária de 18-45 anos, em quatro situações: silêncio, ruído frontal, ruído à direita e ruído à esquerda (BEVILACQUA et al, 2008).

O microprocessador HTD (*Hearing Test Device*), versão 7.2, fabricado pela Bio-logic, foi desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisas de Aparelhos Auditivos do Departamento de Ciência e Comunicação Humana do HEI (*House Ear Institute*), no ano de 1994. Este equipamento contém o *software* que foi utilizado para conduzir o processo do teste HINT na versão do português brasileiro (sentenças e ruído) (BEVILACQUA et al, 2008).

2.6 Benefício do Mascaramento Modulado - BMM

Em ambiente de teste, para um ouvinte com audição normal (≥ 20 dB NA), o mascaramento de um sinal de fala, através da presença de ruído, pode ser reduzido através da modulação da amplitude (*amplitude modulated* – AM) deste ruído. Tal fenômeno é conhecido como *masking release* ou benefício do mascaramento modulado (BMM) para a compreensão da fala (BERNSTEIN et al, 2012).

É amplamente descrito que o BMM conta com a redução dos níveis da intensidade do mascaramento no momento da modulação (modulação mínima). Esta situação permite que o ouvinte ouça (“pesque”) o sinal exatamente no momento em que a relação fala/ruído é aumentada (GNASIA et al, 2008; BUSS, GROSE, HALL, 2009; FULLGRABE et al, 2006) ; ou seja, com um ruído modulado em amplitude, o ouvinte escuta breves porções do sinal de fala no momento que a intensidade do mascaramento está mais fraca, obtendo informação suficiente para decodificar o sinal de fala.

Uma variedade de fatores relacionada ao estímulo de teste pode influenciar na magnitude do BMM. Um deles é o tipo de material de fala utilizado, tais como: estímulos vogal-consoante-vogal (FULLGRABE et al., 2006; GNANSIA et al., 2008), sílabas sem sentido (DUBNO et al., 2003; BERNSTEIN et al., 2012), palavras monossilábicas (MILLER, LICKLIDER, 1950; STUART, PHILLIPS, 1996), palavras espondeicas (DIRKS, BOWER, 1971), e sentenças (JIN, NELSON, 2006; DESLOGE *et al.*, 2010). Um segundo fator que pode influenciar na magnitude do BMM é a natureza do ruído mascarante. Esses ruídos mascarantes geralmente são ruídos com espectro de fala ou a própria fala competitiva de uma única pessoa ou de várias juntas (FESTEN & PLOMP, 1990; GUSTAFSSON, ARLINGER, 1994; OXENHAM , SIMONSON, 2009; FRANCA et al., 2011). No caso de ruídos modulados (nesse caso não se trata de falantes), os padrões de modulação geralmente são modulações no envelope de fala ou modulações em ondas (senoidal ou quadrática). Além disso, ciclos regulares e irregulares foram incorporados a esses padrões de flutuação (STUART, PHILLIPS, 1996; GEORGE et al., 2006). Um terceiro fator relacionado ao estímulo que afeta a magnitude do BMM é a relação fala-ruído (RFR). Vários estudos têm demonstrado que, para os ouvintes com audição normal, o BMM diminui com o aumento da RFR (OXENHAM, SIMONSON, 2009; CHRISTIANSEN, DAU, 2012; SMITS, FESTEN, 2013).

A frequência da modulação do ruído mascarante tem um efeito na magnitude do benefício do mascaramento modulado. Tipicamente, tem sido observado maior efeito para frequência de modulações mais baixas, tais como modulações entre 8 e 25 Hz (GUSTAFSSON, ARLINGER, 1994; ADVÍNCULA et al, 2013) (como, por exemplo, 10 Hz). Isso porque, frequências de modulações mais baixas produzem maiores espaços temporais com menores amplitudes; e fazem com que a fala alvo possa ser mais facilmente percebida. Neste sentido, a flutuação do padrão temporal do envelope do ruído modulado com frequências baixas tem um papel importante para a percepção do envelope, mais

marcadamente quando a inteligibilidade da fala depende da magnitude do espectro da modulação de baixa frequência.

É importante lembrar que as peculiaridades relacionadas ao teste do BMM, tais como: o material de teste utilizado, o tipo de ruído, a taxa de modulação, etc; devem ser levadas em consideração quando se compara resultados encontrados em diferentes estudos.

Estudos (STUART, PHILLIPS, 1996; FESTEN, PLOMP, 1990; SCHNEIDER *et al*, 2010) podem ser observados em que ouvintes jovens e idosos, com audiogramas normais, possuem limiares de reconhecimento de fala equivalentes, quando o ruído de fundo é estável (frequência de modulação = 0 Hz). Porém, quando o ruído de fundo é modulado (por exemplo, em 16 Hz), os ouvintes jovens podem tolerar um nível de ruído mascarante maior, quando comparados aos ouvintes idosos. Em outras palavras, os ouvintes idosos mostram um reduzido benefício para ouvir a fala em ambientes com ruídos de fundo intermitentes ou intermodulados.

O estudo do BMM contribui para uma maior compreensão da habilidade em perceber a fala em ambientes ruidosos, quando esse ruído oscila em intensidade. As pesquisas mostram que quando o ruído ambiental oscila, os jovens conseguem perceber melhor a fala, mas isso não acontece com os idosos. Em situações sociais, geralmente o ruído não se mantém constante em intensidade ou espectro de frequência, mas o que poderia servir como um benefício para quem tenta reconhecer seu interlocutor, não funciona com os idosos. Se, por alguma razão, se adiciona a esse cenário a perda auditiva sensorial (típica em idosos), a dificuldade aumenta. Os resultados encontrados em pesquisas dessa natureza ajudam a esclarecer mais detalhes sobre esse cenário e, quem sabe, levam-se a medidas que possam das condições de melhorar, futuramente, as condições de escuta dos idosos em situações sociais ruidosas.

2.7 Testes Psicoacústicos para Avaliar a o Período Padrão de Mascaramento e a Permanência do Mascaramento no Sistema Auditivo – *Forward Masking*

Existe uma vasta investigação sobre a deterioração do processamento temporal no sistema auditivo senescente (GORDON-SALANT, 2006; SCHNEIDER *et al.*, 2010). Uma particular quantificação do processamento temporal é a janela temporal – um período de integração ponderado, que oferece uma medição resumida da fidelidade na qual as flutuações do envelope são processadas (MOORE *et al.*, 1988). Um procedimento psicofísico que é útil

na modelagem da janela temporal é o Período Padrão de Mascaramento ou PPM (*Masking Period Pattern* - MPP), no qual a detecção do limiar para um dado sinal é medido em função de sua posição temporal relativa ao ciclo de modulação de um ruído mascarante intermitente (ZWICKER; SCHORN, 1982). Essa medida captura as contribuições dos mascaramentos simultâneos e não simultâneos. Em termos de mascaramento não simultâneo, a permanência do mascaramento (*forward masking*) é o componente mais dominante.

Na verdade, quando se mede a inteligibilidade de fala na presença de ruído flutuante, o resultado é influenciado pela permanência do mascaramento nos momentos de modulação mínima (RHEBERGEN et al., 2006).

Uma forma de se pesquisar a permanência do mascaramento é através da apresentação de um ruído mascarante (geralmente em intensidade em torno de 65 dB NPS), e diminuir sua intensidade consideravelmente, ou interromper totalmente sua apresentação, de forma abrupta. Logo em seguida, em intervalos de tempo pre-determinados, se investiga limiares auditivos através de sinais alvos, podendo ser tons puros, tone burst, ou ruídos de breve duração). O efeito da permanência do mascaramento tende a ser maior nos limiares testados em intervalos de tempo mais próximos a interrupção do ruído mascarante. Por isso, o padrão de respostas tende a ser uma diminuição dos limiares à medida em que os intervalos de apresentação se prolongam.

Devido à proximidade entre o ruído mascarante e o estímulo que se deseja testar, os limiares auditivos são determinados de forma diferente do convencional. Geralmente solicita-se ao examinado a ouvir 3 sons em sequência, à medida que ele observava três sinais luminosos relacionados com três botões numa caixa disposta em suas mãos. Ele deve apertar no botão correspondente ao estímulo acústico 'diferente', que é na verdade, o ruído e o estímulo apresentados em pequenos intervalos de tempo (milissegundos). A cada identificação do som diferente, o botão referente ao sinal luminoso apresentado concomitantemente ao som que ele identifique como distinto dos demais, deve ser acionado, e dessa forma, determina-se o limiar auditivo (menor intensidade) de percepção do ruído alvo para cada intervalo de tempo (atraso) investigado. Conforme explicado, quanto menor o intervalo de tempo entre o ruído mascarante e o sinal alvo, maior a chance de verificação de um limiar elevado, devido à permanência do mascaramento.

Os efeitos da idade para a permanência do mascaramento são pouco óbvios. Apesar de um estudo psicofísico demonstrar esse efeito como mais pronunciado para os ouvintes

idosos, mesmo na presença de função coclear normal (GIFFORD; BACON, 2005), em outros estudos não se identificou a permanência do mascaramento com o avanço da idade (DUBNO ET AL., 2003). Corroborando com este último achado, Sommers e Gehr (2010) também apresentam resultados semelhantes da permanência do mascaramento, entre ouvintes jovens e idosos com audição normal. Neste contexto, é também interessante notar que van Rooij e Plomp (1990) não encontraram efeito expressivo da idade em tarefas semelhantes às encontradas nos testes PPM.

Compreender o efeito da idade na permanência do mascaramento é ainda mais difícil pela falta de clareza de alguns mecanismos que estão por trás deste processo. Os estudos fisiológicos têm dado suporte a origens centrais, mostrando que a adaptação, em nível de oitavo nervo, não pode influenciar na medição fisiológica da magnitude da permanência do mascaramento (RELKIN; TURNER, 1988; TURNER ET AL., 1994). Em contraste, achados fisiológicos, em nível do colículo inferior (Nelson et al., 2009) e córtex (ALVES-PINTO et al., 2010), estão mais alinhados aos resultados psicofísicos. Um dado relevante na discussão dos efeitos da idade é que os estudos fisiológicos indicam que o mecanismo da permanência do mascaramento é a menor supressão ou inibição do ruído mascarante pelo sistema auditivo. A reduzida inibição parece ser a marca do sistema neural idoso (CASPARY et al., 2008).

2.8 O Efeito do Mascaramento Temporal no Reconhecimento da Fala

Existem evidências que dão suporte aos efeitos da idade na permanência do mascaramento para a compreensão de fala. Dubno et al. (2003) encontraram que, para frequências de modulações mais altas (25 – 50 Hz), houve correlação estatisticamente significativa entre os resultados do reconhecimento da fala (com ruído intermitente) e o limiar tonal medido após apresentação de ruído. Sommers e Gehr (2010) mediram as respostas do reconhecimento de fala após a apresentação de ruído mascarante para as palavras monossílabas, em ouvintes jovens com audição normal e ouvintes idosos e encontrou um pobre desempenho para os ouvintes idosos. Seus estudos focaram nos erros iniciais das palavras, uma vez que consideraram que a permanência do mascaramento poderia influenciar predominantemente os fonemas iniciais das palavras.

2.9 Comentários Finais

Observa-se que para o estudo específico do processamento auditivo temporal, mais especificamente a habilidade da integração temporal e da resolução temporal do idoso, tem sido utilizado testes que verificam o reconhecimento da fala em presença de ruído competitivo, visto através do fenômeno do BMM. Para investigações mais específicas, são utilizados testes como o PPM e mensurações da permanência do mascaramento – *Forward Masking*.

Observa-se que em relação ao material de fala a ser utilizado em pesquisas sobre o BMM, a versão brasileira do teste HINT parece ser um dos melhores à disposição atualmente, pois além de utilizar sentenças que melhor se aproximam da escuta rotineira dos indivíduos, foi também desenvolvido noutras versões e em diferentes línguas, sob as mesmas premissas metodológicas e procedimentos, o que possibilita resultados comparáveis da habilidade de percepção de fala e, conseqüentemente, a depender do objetivo do estudo, permite que comparações sejam generalizadas.

Existe um consenso que ouvintes idosos, com audição periférica normal, exibem um menor benefício para o reconhecimento da fala, diante da presença do ruído modulado. Entretanto, o grau no qual essa redução do benefício se reflete em um empobrecimento do processamento temporal, em particular, aumentado pela permanência do mascaramento, ainda é incerto. Além do mais, os efeitos da idade na permanência do mascaramento são, por si só, não compreendidos.

Vale destacar que diante da complexidade envolvida na escuta do idoso, principalmente quando o tema em pauta é reconhecimento de fala em presença de ruído, as medidas audiológicas ainda necessitam ser desenvolvidas para melhor medir com precisão e clareza o que acontece no sistema auditivo senescente.

Neste cenário, um número cada vez maior de estudos deve ser realizado para que se chegue ao aperfeiçoamento da compreensão deste fenômeno (déficit no reconhecimento de fala em presença de ruído).

3 MÉTODOS

Para realização desta tese, o projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) envolvendo seres humanos, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), de acordo com a resolução N° 96/96 do Conselho Nacional de Saúde, sob o número 02466612.2.0000.5208 (ANEXO B) e pelo Comitê de Ética americano, *Institucional Review Board* (IRB), sob o número 11-1113 (ANEXO D). Os indivíduos que concordaram em participar deste projeto foram solicitados a ler e assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (APÊNDICE A), aprovado por ambos os Comitês de Ética. O Termo explica os objetivos e procedimentos da pesquisa, assim como os possíveis riscos e benefícios à saúde dos participantes.

Esta tese foi desenvolvida pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Recife, PE, Brasil) em parceria com a Universidade da Carolina do Norte, localizada em Chapel Hill – UNC-CH (Chapel Hill, NC, EUA), entre junho de 2012 e fevereiro de 2014. Na UFPE, a pesquisa foi desenvolvida no laboratório de Pesquisa em Audição, estruturado com condições físicas e equipamentos semelhantes ao laboratório de Pesquisa em Audição da UNC-CH; ambos localizados em Hospitais Universitários e uma sala específica para que os docentes pudessem realizar a pesquisa apresentada.

Nestes laboratórios, os computadores são utilizados para geração de estímulos, controle de experimentos, análises da forma de onda, análise estatística, composição e análise de gráficos, bem como processamento de texto e *back-up* em *network*. Cada um dos laboratórios de Pesquisa em Audição possui computadores ligados a equipamentos de mixagem, cujos sons são enviados através de transdutores de alta qualidade (*Sennheiser* HD580 ou ER2). Os computadores de cada laboratório possuem programas idênticos, tais como o Matlab e SPSS.

Os experimentos realizados nesta tese são todos analíticos, do tipo transversal e observacional.

Apesar deste estudo fazer parte de uma pesquisa maior envolvendo o Brasil e os Estados Unidos da América, métodos e resultados aqui apresentados estarão limitados ao trabalho realizado apenas em nosso país, ainda que tal pesquisa tenha também como objetivo a promoção de comparações futuras entre os Estados participantes.

3.1 Experimento 1. Efeito da Taxa de Modulação do Ruído no BMM (*Masking Release*) para Fala

A proposta do Experimento 1 foi investigar o efeito das diferentes taxas de modulações do mascaramento (0, 4, 8, 16, 32 e 64 Hz) na magnitude do benefício do mascaramento modulado em adultos nativos do português do Brasil, com audição normal, utilizando-se das sentenças do HINT na versão do português brasileiro. O objetivo foi testar a hipótese que menores taxas de modulações (frequências mais baixas – 4, 8, 10Hz, por exemplo) produzem uma maior magnitude do BMM para o estímulo de fala.

Os participantes deste primeiro experimento foram 15 jovens adultos (5 mulheres), com idades entre 17-35 anos (média de 21,0 anos). Todos eram falantes nativos do português do Brasil e apresentaram audição normal (limiares tonais ≤ 20 dB para frequências de oitava 250-8000 Hz). Nenhum participante relatou história de doença otológica ou neurológica.

O material de teste foi o HINT na versão do português brasileiro (Bevilacqua et al., 2008). Esta versão do HINT consiste em 12 listas com 20 sentenças por lista. As sentenças foram gravadas originalmente no *House Research Institute*, nos Estados Unidos da América.

O ruído mascarante utilizado foi fornecido com as sentenças do HINT. Este ruído tem o mesmo formato espectral, em longo prazo, de fala média das sentenças que compreendem o material do teste. O ruído foi apresentado continuamente sob duas condições: estável e modulado em amplitude. Na condição estável, o ruído foi apresentado em intensidade fixa de 65 dB NPS. Na condição de modulação, o ruído foi modulado por uma onda quadrática entre 65 dB NPS e 30 dB NPS, intensidade determinada pelos pesquisadores do laboratório da Universidade da Carolina do Norte (UNC-CH), nas diferentes taxas de modulação (4, 8, 16, 32 e 64 Hz).

Das seis condições de mascaramento (ruído em 0 Hz, 4 Hz, 8 Hz, 16 Hz, 32 Hz e 64 Hz), cada participante foi submetido a pelo menos duas delas. Há que se destacar que a modulação em 0 Hz corresponde ao ruído estável. Foram formados três grupos com cinco participantes cada, a saber: G1, para a condição 0 e 4 Hz; G2, para a condição 8 e 16 Hz; e G3, para a condição 32 e 64 Hz. As sentenças foram enviadas à orelha direita dos participantes pelo fone auditivo Sennheiser HD580 (Figura 1), através de uma plataforma de processamento de sinal digital (Tucker-Davis RX6) (Figura 2), sob o controle de um computador que executa um *script* Matlab™ personalizado. Os sujeitos foram testados em uma cabina acústica e orientados a repetir cada sentença da forma como esta era percebida.

Fora da cabina, o pesquisador monitorou a resposta oral do sujeito através de fones auditivos ligados a um microfone posicionado dentro da cabine (Figura 3). O texto da sentença foi apresentado simultaneamente na tela do computador na frente do experimentador (Figura 4), com todas as palavras em destaque num retângulo sombreado, sensível à marcação do examinador. O pesquisador utilizou o mouse do computador para marcar as palavras que foram omitidas ou repetidas incorretamente. No entanto, quando o trabalho esteve voltado para proposta de procedimento adaptativo, a cada sentença que foi proferida recebeu uma pontuação global de “correto” ou “incorreto”. A sentença completa teve de ser repetida com precisão para recebimento de uma pontuação denominada “correta”; e qualquer erro resultou numa pontuação denominada “incorreta”. Para pesquisa do limiar, a intensidade inicial utilizada foi sempre superior ao limiar de reconhecimento esperado, sendo de 60 dB NPS para todas as taxas de modulação e 70 dB NPS na condição do ruído estável. Adotou-se o método descendente - ascendente transformado (*two down - one up*). Nesse método, para cada duas respostas corretas consecutivas, diminuiu-se a intensidade do sinal em intervalos pré-estabelecidos e, a cada resposta incorreta, o nível da apresentação da sentença seguinte foi aumentado. No presente estudo, foi utilizado o intervalo de 2 dB entre as apresentações. O limiar de reconhecimento de sentenças foi obtido após seis reversões de resposta. Considerou-se reversão, a mudança no padrão de respostas apresentadas pelo indivíduo. Noutras palavras, um curso descendente começou com uma resposta positiva até que houvesse uma resposta negativa (reversão) e um curso ascendente começou com uma resposta negativa e terminou com uma positiva (reversão). A estimativa do limiar foi calculada como a média dos quatro níveis (intensidades) finais de reversão. Para cada participante, quatro estimativas de limiares foram obtidas para uma dada condição de mascaramento. O limiar final foi calculado com a média de todas as estimativas obtidas (Figura 5).

Figura 1. Fone auditivo Sennheiser HD580



Figura 2. Plataforma de processamento de sinal digital (Tucker-Davis RX6)



Figura 3. Posição para monitoramento da resposta oral do sujeito



Figura 4. Apresentação do texto da sentença na tela do computador para avaliação do examinador.

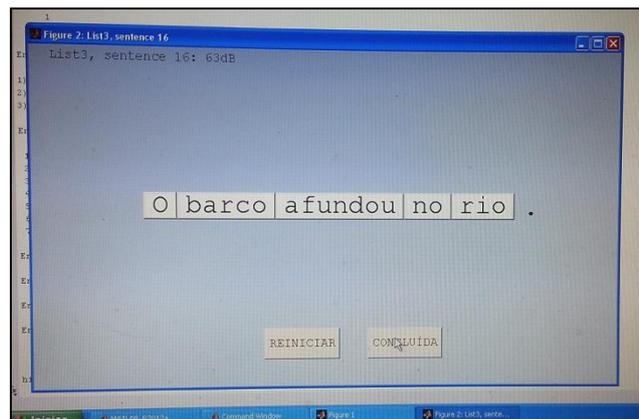
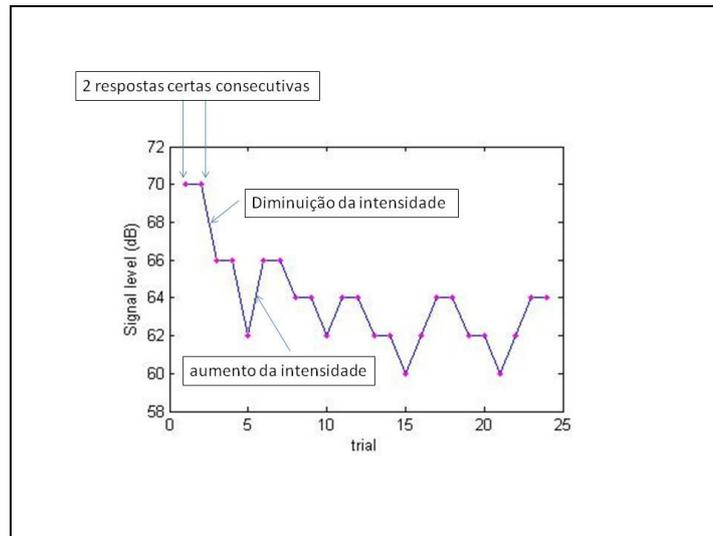


Figura 5. Exemplo da obtenção dos limiares através das reversões.



O BMM foi definido através da comparação entre o limiar de reconhecimento de sentenças em presença de ruído estável (tomado como referência) e o limiar de reconhecimento de sentenças em presença de ruído modulado (para diversas condições de modulação). Cada sentença foi apresentada somente uma única vez para o mesmo participante, a fim de eliminar variáveis relacionadas ao fenômeno de aprendizagem. A ordem de apresentação das diferentes condições de mascaramento, bem como a escolha das listas, ocorreu de forma aleatória. O período de duração do teste foi de aproximadamente 50 minutos, com interrupções ocasionais, sempre que os sujeitos apresentavam cansaço e/ou desconforto. Tal prática procurava evitar que tais fatores não interferissem na atenção do sujeito e, por conseguinte, no desempenho do exame.

3.2 Experimento 2 – Benefício do Mascaramento Modulado BMM (*Masking Release*) na população jovem e idosa

O objetivo do Experimento 2 foi determinar a magnitude do BMM em jovens e idosos brasileiros usando o HINT na versão brasileira.

Participaram deste experimento 10 jovens (média 18,4 anos) e 10 idosos (média de 64,3 anos), todos com audição normal (limiars tonais ≤ 20 dB NA) para frequências de oitava, entre 250 a 2000 Hz e nativos do português brasileiro. Nenhum participante relatou história de doença otológica ou neurológica.

O ruído foi apresentado continuamente sob duas condições: estável e modulado em amplitude. Na condição estável, o ruído foi apresentado em intensidade fixa de 65 dB NPS. Na condição de modulação, o ruído foi modulado por uma onda quadrática entre 65 dB NPS e 30 dB NPS, numa taxa de modulação em 10 Hz (DESLOGE et al., 2010; ADVÍNCULA et al., 2013). Por meio do processador acústico RX6 (*Tucker-Davis Technologies*), o ruído foi modulado por uma onda quadrática, variando em intensidade entre 65 e 30 dB NPS. O ruído estável foi apresentado em 65 dB NPS. O ruído utilizado possuía o envelope de espectro de frequências que se assemelhava ao envelope do espectro de frequências das sentenças utilizadas no teste (*speech-shaped noise*).

Os participantes foram posicionados dentro de uma cabina acústica e orientados a escutarem e repetirem sentenças-alvo na presença do ruído de fundo competitivo, exatamente da forma como escutaram. O examinador, posicionado fora da cabina acústica, monitorou e registrou as respostas por meio do *software* Matlab (Matrix Laboratory®), versão R2012a.

O sinal de fala e o ruído de fundo competitivo foram enviados via plataforma de processamento digital (RX6, Tucker-Davis Technologies®) e apresentados monoauralmente, por meio de fone auditivo Sennheiser HD580, à orelha direita ou à melhor orelha, quando os limiars obtidos entre as orelhas variaram mais que 5 dB. Os dados foram anotados numa folha de registro (APENDICE B) e gravados no próprio programa do MATLAB.

A resposta foi considerada correta quando a sentença foi repetida na íntegra. Qualquer diferença entre a sentença do teste e aquela emitida pelo participante foi computada como erro. Alterações na utilização de artigos, conjugação verbal e inclusão ou omissões de palavras, mesmo que não modificassem o significado original, foram consideradas como equívocos.

O BMM foi definido através da comparação entre o limiar de reconhecimento de sentenças em presença de ruído estável (tomado como referência) e o limiar de reconhecimento de sentenças em presença de ruído modulado (para diversas condições de modulação).

Cada sentença foi apresentada somente uma única vez para o mesmo participante, a fim de eliminar variáveis relacionadas ao fenômeno de aprendizagem. A ordem de apresentação das diferentes condições de mascaramento, bem como a escolha das listas, ocorreu de forma aleatória.

Os dados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas. Foram realizadas análises intra-sujeitos (variáveis – ruído modulado X ruído estável) e inter-sujeitos (variáveis – jovens X idosos) com o objetivo de examinar o efeito da magnitude do BMM entre os grupos.

3.3 Experimento 3 – Teste de Permanência do Mascaramento

O objetivo deste experimento foi determinar o desempenho de jovens e idosos brasileiros no teste de permanência do mascaramento (*Forward Masking*).

Participaram desse experimento 10 jovens (média 18,4 anos) e 10 idosos (média 64,3) ouvintes, todos falantes nativos do português brasileiro e com limiares tonais ≤ 20 dB NA, para frequências de oitava entre 250 a 2000 Hz.

Os participantes foram posicionados dentro de uma cabina acústica, com fones auditivos e em suas mãos uma caixa com avisos luminosos para identificação da resposta auditiva (Figura 6).

Os estímulos foram enviados via plataforma de processamento digital (RX6, Tucker-Davis Technologies®) e apresentados monoauralmente, por meio de fone auditivo Sennheiser HD580, à orelha direita ou à melhor orelha, quando os limiares obtidos entre as orelhas variaram mais que 5 dB. Os dados foram anotados numa folha de registro (APENDICE C) e gravados no programa MATLAB.

Antes de iniciar a pesquisa de permanência do mascaramento, os limiares auditivos de ambos os grupos foram medidos para identificação do ruído alvo, mediante apresentações de ruído estável em forte intensidade (*steady high*) e estável em fraca intensidade (*steady low*), nas intensidades de 65 dB NPS e 30 dB NPS respectivamente. Estes limiares serviram de referência para o experimento.

Para pesquisa da permanência do mascaramento, um ruído mascarante de espectro de fala (*speech shaped noise* – SSN) foi apresentado numa intensidade de 65 dB NPS, durante 400 msec; e então diminuído abruptamente à intensidade de 30 dB NPS, permanecendo nessa intensidade por 400 msec, quando foi novamente aumentado para 65 dB NPS. A apresentação sequencial desse ruído em intensidades que se modificavam, provocava a sensação de 03 ruídos independentes, porém em sequências de breves intervalos de tempo. Nestes intervalos, após **uma** dessas ‘baixas’ de intensidade, apresentava-se outro ruído (também de espectro de fala - *speech shaped noise* – SSN), determinado como ruído alvo. Esse ruído alvo era mais breve (30msec), e foi apresentado em diferentes atrasos (intervalos de tempo) em referência ao ruído mascarante: 4, 16, 64 e 128 msec (Figura 7). Essa apresentação foi aleatória.

O participante foi orientado a ouvir 3 sons em sequência à medida que observava três sinais luminosos relacionados com três botões numa caixa que possuía em mãos. Explicou-se

que um dos sons era diferente dos demais. Solicitou-se que o participante identificasse o som diferente e acionasse o botão referente ao sinal luminoso apresentado concomitantemente ao som que ele identificasse como distinto dos demais (Figura 8).

Dessa forma, determinou-se o limiar auditivo (menor intensidade) de percepção do ruído alvo para cada intervalo de tempo (atraso) investigado (4, 16, 64 e 128 msec). Quanto menor o intervalo de tempo entre o ruído mascarante e o ruído alvo, maior a chance de verificação de um limiar elevado, devido à permanência do mascaramento. Portanto, a expectativa foi de que tanto para jovens e quanto para idosos, os limiares auditivos diminuíssem de acordo com o aumento do atraso na apresentação do ruído alvo. No entanto, acreditava-se existir diferença entre os grupos, pois os idosos parecem ter uma permanência do mascaramento mais acentuada que os jovens (GIFFORD; BACON, 2005).

Os dados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas. Foram realizadas análises intra-sujeitos (variáveis – intervalos de tempo: 4,16,32,64 e 128 msec) e inter-sujeitos (variáveis – jovens X idosos) com o objetivo de examinar o efeito da permanência do mascaramento em ambos os grupos.

Figura 6. Disposição do participante para realização do teste de permanência do mascaramento – *Forward Masking*



Figura 7. Modelo ilustrativo do ruído modulado abruptamente e ruído alvo para o teste de permanência do mascaramento - *Forward Masking*

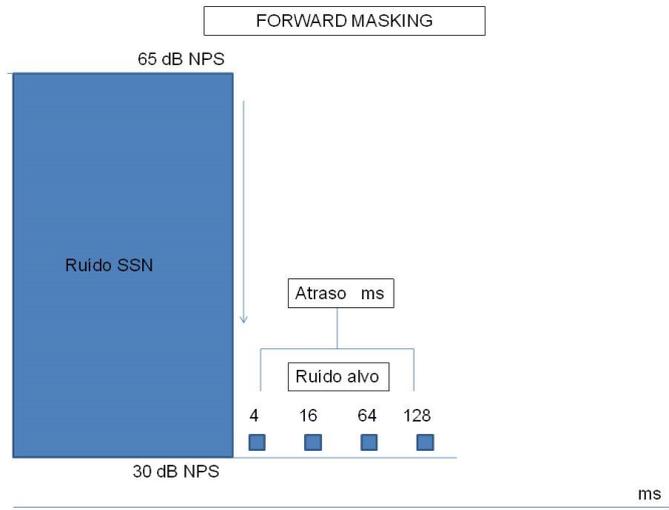
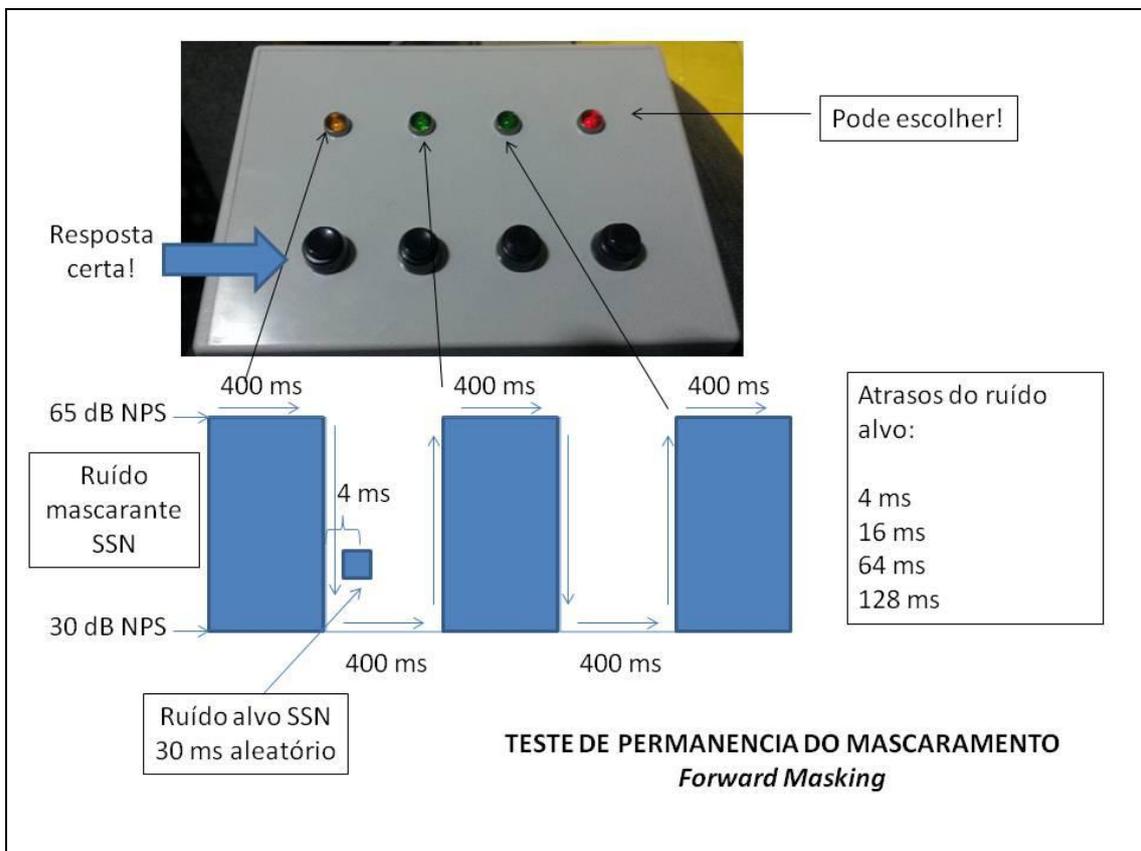


Figura 8. Modelo ilustrativo do Teste de permanência do mascaramento – *Forward Masking*



4 RESULTADOS

Os resultados da pesquisa originaram dois artigos científicos originais:

4.1 Artigo original 1: Effect of modulation rate on masking release for speech publicado no periódico *Audiology - Communication Research (ACR)*, no volume 18, número 4, out./dez. 2013. **(APENDICE B)**

4.2 Artigo original 2: Mascaramento temporal e reconhecimento de fala na audição de senescente nativos do português brasileiro, a ser submetido ao periódico *International Journal of Audiology*.

ARTIGO ORIGINAL 2**Mascaramento temporal e reconhecimento de fala na audição de senescente nativos do português brasileiro****Temporal masking and speech recognition in Brazilian Portuguese native elderly population**

RESUMO

INTRODUÇÃO: Ouvintes com audição normal geralmente relatam reconhecer mais facilmente a fala em ambientes com ruído de fundo modulado, quando comparados a ruídos de fundo constante. Este benefício da modulação do ruído – ou benefício do mascaramento modulado (BMM) (*masking release*) – é mais observado em ouvintes jovens do que em ouvintes idosos, ainda que apresentem audição periférica normal. Essa dificuldade parece estar relacionada a déficit do processamento auditivo temporal. **OBJETIVO:** Avaliar o déficit no processamento auditivo temporal relacionado ao aumento da idade, utilizando testes de fala com o português brasileiro. Para tal, foi examinada a relação entre o reconhecimento da fala em presença de ruído modulado e ruído estável em jovens e idosos. Posteriormente, investigou-se a permanência do ruído mascarante no sistema auditivo após seu desaparecimento acústico (*forward masking*). **METODO:** Participaram desse estudo jovens e idosos nativos do português brasileiro, com idade média de 18,4 e 64,3 anos. Para a mensuração do BMM, foram utilizadas sentenças da versão brasileira do *Hearing in Noise Test* (HINT). Foram determinados limiares de reconhecimento de fala para os dois grupos de participantes (jovens e idosos), em presença de ruído estável e em presença de ruído modulado em amplitude (10Hz). Os ruídos tiveram o mesmo espectro de frequência das sentenças do HINT (*speech shaped noise* - SSN). Para a pesquisa da permanência do mascaramento, foram determinados limiares auditivos após a interrupção do ruído mascarante em intervalos de tempo específicos (4, 16, 64 e 128 milissegundos). O estímulo utilizado para determinação desses limiares também foi um ruído, porém de breve duração (30 mseg). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas. **RESULTADOS:** Na avaliação do BMM, idosos brasileiros possuem maiores limiares auditivos quando o mascaramento é modulado quando comparados aos jovens brasileiros. Esta diferença é significativa ($p=0.003$). No teste de permanência do mascaramento, limiares elevados foram encontrados em ambos os grupos, mostrando a permanência do efeito mascarante. Os limiares decresceram significativamente ($p=0.000$) nos dois grupos, evidenciando um efeito maior da permanência do mascaramento imediatamente após a interrupção do ruído. Uma comparação entre os grupos mostra que os idosos apresentam limiares mais elevados em todos os intervalos pesquisados, porém apenas no intervalo de 128 essa diferença é significativa ($p=0.003$). **CONCLUSÃO:** Idosos brasileiros possuem menor BMM que os jovens brasileiros, e apresentam maior permanência do mascaramento quando comparados com os jovens em intervalo de tempo de tempo mais prolongado (128ms) após a interrupção do ruído. Esses achados reforçam o raciocínio de que déficit do processamento auditivo temporal estão relacionados a dificuldade dos idosos em reconhecer a fala em ambientes ruidosos. Esses resultados consagram o material de fala da versão brasileira do HINT como um material eficaz na pesquisa do processamento auditivo temporal.

Palavras-chave: Idoso. Percepção de fala. Ruído.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Normal hearing listeners usually benefit from modulated competitive noise in speech perception. This benefit is known as masking release and it is greater in young subjects than in the elderly population, both with normal hearing. It seems that the smaller benefit of the older listeners is due to deficits in the temporal auditory processing. **OBJECTIVES:** The purpose of this study was to investigate the effect of aging in the temporal auditory processing using Brazilian Portuguese sentences. For that, the magnitude of masking release was measured in young and old normal hearing listeners, and forward masking was investigated. **METHODS:** Ten young normal hearing subjects (mean age of 18,4) and ten older normal hearing listeners (mean age of 64,3) participated in the study. For measuring the magnitude of masking release, Brazilian Portuguese sentences of the Hearing in Noise Test (HINT) were used. Thresholds were measured in steady noise and modulated noise (at a modulation rate of 10Hz) for both groups. Steady and modulated maskers were speech shaped noises – SSN, with the same spectrum of the HINT sentences. Forward masking was observed by measuring thresholds with a brief noise (30ms) in different gaps after a sudden interruption of the masker. The gaps between the masker and the signal were 4, 16, 64 and 128 milliseconds. Data was submitted to repeated-measures analysis of variance within and between subjects. **RESULTS:** The magnitude of masking release was greater for young listeners ($p=0.003$). Forward masking was observed for both groups, with a significant decrease in thresholds between gaps ($p < 0.001$). Analysis between groups showed significant difference at 128 ms ($p=0.003$). **CONCLUSIONS:** The younger Brazilian listeners of this study had greater magnitude of masking release than the older listeners. Forward masking was greater for the elderly group at the longest tested delay. These results are consistent with the idea that deficits in temporal processing may lead to elderly speech recognition difficulties in noise environments. These results also show the efficiency of the Brazilian Portuguese HINT sentences for auditory temporal processing research.

Keywords: elderly, speech perception, noise.

INTRODUÇÃO

Os processos que envolvem a compreensão da fala em presença de ruído competitivo vêm sendo motivo de estudo há vários anos e ainda é um desafio para vários pesquisadores da audição. Essa habilidade é um dos mais importantes aspectos da audição a ser avaliado, especialmente quando se trata dos distúrbios da comunicação humana, pois algumas situações de escuta requerem que o ouvinte perceba a informação de fala degradada ou distorcida. Isso acontece em diversas situações sociais, quando a fala do interlocutor é mascarada por um ruído de fundo (ruído competitivo ou ruído simultâneo) (CAHART, TILLMAN, GREETIS, 1969). O mascaramento causado pelo ruído faz com que a percepção da fala pelo ouvinte não esteja em condições ideais; por isso, é caracterizada como fala de baixa redundância (GROSE, MAMO, HALL, 2009). Tal situação requer que o ouvinte 'separe' a fala que se deseja ouvir, ou seja, a mensagem alvo, do ruído competitivo.

Um aspecto importante sobre o efeito do mascaramento no reconhecimento da fala é que ouvintes de audição normal conseguem perceber mais pistas acústicas quando o ruído de fundo oscila em intensidade (modulação em amplitude) ou em espectro de frequência (modulação em espectro de frequência) (GNASIA, JOURDES, LORENZI, 2008). Esse fenômeno é determinado na língua inglesa de *masking release*; e pode ser traduzido para o português como *benefício do mascaramento modulado* – BMM.

Estudos mostram melhores índices de reconhecimento de fala em presença de ruído modulado, quando comparado ao ruído estável (FESTEN, PLOMP, 1990; FÜLLGRABE, BERTHOMMIER, LORENZI, 2006; BERNSTEIN *et al* , 2012). Acredita-se que os ouvintes consigam perceber as pistas acústicas da fala que não coincidem com as características acústicas (intensidade ou frequência) do ruído mascarante.

Interessante notar que a população idosa, mesmo possuidora de uma audição periférica normal (limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade), apresenta um menor benefício do mascaramento modulado em amplitude. Parece haver uma menor habilidade de percepção das pistas acústicas da fala que não estão mascaradas por surgirem simultaneamente aos pequenos espaços de tempo onde a intensidade do ruído diminui (GIFFORD, BACON, WILLIAMS, 2007). Surge então, uma pergunta que intriga pesquisadores: Por que ouvintes idosos, mesmo que tenham audição normal, são menos capazes de reconhecer a fala em

ambientes com ruído de fundo intermitentes (modulados) quando comparados a ouvintes jovens?

Uma das hipóteses é que o ruído, mesmo depois de interrompido (nesse caso, depois de diminuída sua intensidade), ainda provoque um efeito mascarante por um período de tempo. Ou seja, os espaços de tempo provocados pela diminuição da intensidade do ruído modulado, que deveriam servir para que o ouvinte percebesse mais pistas acústicas, parecem não causar benefício para o ouvinte idoso no reconhecimento da fala (GIFFORD, BACON, WILLIAMS, 2007). Dessa forma, esse indivíduo capta menos pistas acústicas da fala, dificultando seu reconhecimento. Esse fenômeno é chamado na literatura internacional de *forward masking*, e vai ser traduzido nesse trabalho como ‘permanência do mascaramento’.

Alguns fatores devem ser levados em consideração quando se avalia a habilidade de ouvir em presença de ruído: o material de fala utilizado, a presença ou ausência de ruído competitivo (ARIETA, 2009), e o tipo de ruído utilizado.

Quanto ao material de fala, sílabas e palavras têm sido utilizadas para medir o desempenho auditivo do indivíduo em tarefas de reconhecimento de fala (SANTOS, DANIEL, COSTA, 2009). Entretanto, na avaliação do reconhecimento de fala na presença de ruído, o uso de sentenças é melhor que o uso de palavras, pois as sentenças mais se aproximam das situações reais de comunicação (BRONKHORST, PLOMP, 1990).

Em 2008, foi desenvolvido o *Hearing in Noise Test* (HINT) na versão do português brasileiro (BEVILACQUA *et al.*, 2008). Este teste utiliza sentenças para mensurar a habilidade de reconhecer a fala no silêncio e na presença de ruído. O HINT é um teste de reconhecimento de fala em formato *open-set* utilizado para medir os limiares de reconhecimento de fala de sentença (LRSs) no silêncio e as relações fala-ruído em que os LRSs foram obtidos em condições de ruído, sendo inicialmente criado no inglês americano (NILSSON *et al.*, 1994).

As versões do teste HINT podem ser encontradas em diversas línguas: no inglês americano (NILSSON, SOLI, SULLIVAN, 1994; VERMIGLIO, 2008), no espanhol da América Latina (OTERO *et al.*, 2008), no português brasileiro (BEVILACQUA *et al.*, 2008), no turco (CEKIC, SENNAROGLU, 2008), no espanhol castelhano (HUARTE, 2008), no búlgaro (LOLOV, 2008), no francês (LUTS *et al.*, 2008), no coreano (MOON *et al.*, 2008), no norueguês (MYHRUM, MOEN, 2008), no malaio (QUAR *et al.*, 2008), no japonês (SHIROMA *et al.*, 2008), no francês do Canadá (VAILLANCOURT *et al.*, 2008), no

cantonês (WONG, 2008) e no mandarim (WONG, HUANG, 2008; WONG, LIU, HAN, 2008; WONG *et al.*, 2007). As semelhanças de procedimentos e de materiais de teste fazem das medidas obtidas com o teste HINT comparáveis entre os idiomas (BEVILACQUA *et al.*, 2008).

Uma variedade de fatores relacionada ao estímulo de teste pode influenciar na magnitude do BMM. Um deles é o tipo de material de fala utilizado, tais como: estímulos vogal-consoante-vogal (FULLGRABE *et al.*, 2006; GNANSIA *et al.*, 2008), sílabas sem sentido (DUBNO *et al.*, 2003; BERNSTEIN *et al.*, 2012), palavras monossilábicas (MILLER, LICKLIDER, 1950; STUART, PHILLIPS, 1996), palavras espondaicas (DIRKS, BOWER, 1971), e sentenças (JIN, NELSON, 2006; DESLOGE *et al.*, 2010). Um segundo fator que pode influenciar na magnitude do BMM é a natureza do ruído mascarante. Esses ruídos mascarantes geralmente são ruídos com espectro de fala ou a própria fala competitiva de uma única pessoa ou de várias juntas (FESTE, PLOMP, 1990; GUSTAFSSON, ARLINGER, 1994; OXENHAM, SIMONSON, 2009; FRANCART *et al.*, 2011). No caso de ruídos modulados (nesse caso não se trata de falantes), os padrões de modulação geralmente são modulações no envelope de fala ou modulações em ondas (senoidal ou quadrática). Além disso, ciclos regulares e irregulares foram incorporados a esses padrões de flutuação (STUART, PHILLIPS, 1996; GEORGE *et al.*, 2006). Um terceiro fator relacionado ao estímulo que afeta a magnitude do BMM é a relação fala-ruído (RFR). Vários estudos têm demonstrado que, para os ouvintes com audição normal, o BMM diminui com o aumento da RFR (OXENHAM, SIMONSON, 2009; CHRISTIANSEN, DAU, 2012; SMITS, FESTEN, 2013).

Relacionar o BMM às medidas de permanência do efeito de mascaramento se torna um desafio para se compreender o que ocorre com o desenvolvimento do sistema auditivo ao longo do tempo, e melhorando a compreensão sobre sistema auditivo senescente.

Entretanto, no Brasil, a questão dos efeitos da idade no mascaramento não simultâneo, especialmente a permanência do mascaramento, ainda não foi discutida. Apesar de alguns estudos mostrarem esse efeito prolongado do mascaramento nos idosos de audição normal (GIFFORD *et al.*, 2007), esse achado não é consenso na literatura (DUBNO *et al.*, 2003) e a natureza desse déficit é pouco compreendida. Por si só, este argumento justifica a realização desta pesquisa na língua do português brasileiro.

Desta forma, o objetivo dessa pesquisa foi determinar a magnitude do BMM em jovens e idosos com audição normal nativos do português brasileiro, e investigar a permanência do mascaramento nessa população. Para tal, foram determinados limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e em presença de ruído modulado para os dois grupos, e posteriormente, investigou-se a permanência do mascaramento através da determinação de limiares auditivos mensurados em intervalos de tempo (4, 16, 64 e 128 msec) após a interrupção do ruído mascarante. Acredita-se que quanto menor o intervalo de tempo entre o ruído mascarante e o ruído alvo, mais chance de um limiar elevado, devido à permanência do mascaramento.

A hipótese é que tanto para jovens, quanto para idosos, os limiares auditivos diminuam de acordo com o aumento dos atrasos nos quais são mensurados, ou seja, a hipótese é a existência de permanência de mascaramento em ambos os grupos. No entanto, acredita-se que exista diferença entre os grupos, pois os idosos parecem ter uma permanência do mascaramento mais acentuada que os jovens (GIFFORD; BACON, 2005).

MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos. Para cada um deles participaram 10 jovens (média de 18,4) e 10 idosos (média de 64,3), todos com audição normal (limiares tonais ≤ 20 dB NA) para frequências de oitava, entre 250 a 2000 Hz e nativos do português brasileiro. Nenhum participante relatou história de doença otológica ou neurológica. Todos os sujeitos assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para a participação no estudo.

Experimento 1

O objetivo do Experimento 1 foi determinar a magnitude do BMM em jovens e idosos brasileiros usando o HINT na versão brasileira.

O material de fala utilizado foi o HINT na versão brasileira. O ruído foi apresentado continuamente sob duas condições: estável e modulado em amplitude. Na condição estável, o ruído foi apresentado em intensidade fixa de 65 dB NPS. Na condição de modulação, o ruído foi modulado por uma onda quadrática entre 65 dB NPS e 30 dB NPS, numa taxa de

modulação em 10 Hz (DESLOGE et al., 2010; ADVÍNCULA et al., 2013). Por meio do processador acústico RX6 (*Tucker-Davis Technologies*), o ruído foi modulado por uma onda quadrática, variando em intensidade entre 65 e 30 dB NPS. O ruído estável foi apresentado em 65 dB NPS. O ruído utilizado possuía o envelope de espectro de frequências que se assemelhava ao envelope do espectro de frequências das sentenças utilizadas no teste (*speech-shaped noise*).

Os participantes foram posicionados dentro de uma cabina acústica e orientados a escutarem e repetirem sentenças-alvo na presença do ruído de fundo competitivo, exatamente da forma como escutaram. O examinador, posicionado fora da cabina acústica, monitorou e registrou as respostas por meio do *software* Matlab (Matrix Laboratory®), versão R2012a.

O sinal de fala e o ruído de fundo competitivo foram enviados via plataforma de processamento digital (RX6, Tucker-Davis Technologies®) e apresentados monoauralmente, por meio de fone auditivo Sennheiser HD580, à orelha direita ou à melhor orelha, quando os limiares obtidos entre as orelhas variaram mais que 5 dB.

A resposta foi considerada correta quando a sentença foi repetida na íntegra. Qualquer diferença entre a sentença do teste e aquela emitida pelo participante foi computada como erro. Alterações na utilização de artigos, conjugação verbal e inclusão ou omissões de palavras, mesmo que não modificassem o significado original, foram consideradas como equívocos.

O BMM foi definido através da comparação entre o limiar de reconhecimento de sentenças em presença de ruído estável (tomado como referência) e o limiar de reconhecimento de sentenças em presença de ruído em uma taxa de modulação de 10 Hz.

Cada sentença foi apresentada somente uma única vez para o mesmo participante, a fim de eliminar variáveis relacionadas ao fenômeno de aprendizagem. A ordem de apresentação das diferentes condições de mascaramento, bem como a escolha das listas, ocorreu de forma aleatória.

Os dados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas. Foram realizadas análises intra-sujeitos (variáveis – ruído modulado X ruído estável) e inter-sujeitos (variáveis – jovens X idosos) com o objetivo de examinar o efeito da magnitude do BMM entre os grupos.

Experimento 2 – Teste de Permanência do Mascaramento

O objetivo deste experimento foi determinar o desempenho de jovens e idosos brasileiros no teste de permanência do mascaramento (*Forward Masking*).

Os participantes foram posicionados dentro de uma cabina acústica, com fones auditivos e em suas mãos uma caixa com avisos luminosos para identificação da resposta auditiva (Figura 1).

Os estímulos foram enviados via plataforma de processamento digital (RX6, Tucker-Davis Technologies®) e apresentados monoauralmente, por meio de fone auditivo Sennheiser HD580, à orelha direita ou à melhor orelha, quando os limiões obtidos entre as orelhas variaram mais que 5 dB.

Antes de iniciar a pesquisa de permanência do mascaramento, os limiões auditivos de ambos os grupos foram medidos para identificação do ruído alvo, mediante apresentações de ruído estável em forte intensidade (*steady high*) e estável em fraca intensidade (*steady low*), nas intensidades de 65 dB NPS e 30 dB NPS respectivamente. Estes limiões serviram de referência para o experimento.

Para pesquisa da permanência do mascaramento, um ruído mascarante de espectro de fala (*speech shaped noise – SSN*) foi apresentado numa intensidade de 65 dB NPS, durante 400 mseg; e então diminuído abruptamente à intensidade de 30 dB NPS, permanecendo nessa intensidade por 400 mseg, quando foi novamente aumentado para 65 dB NPS. A apresentação sequencial desse ruído em intensidades que se modificavam, provocava a sensação de 03 ruídos independentes, porém em sequências de breves intervalos de tempo. Nestes intervalos, após uma dessas ‘baixas’ de intensidade, apresentava-se outro ruído (também de espectro de fala - *speech shaped noise – SSN*), determinado como ruído alvo. Esse ruído alvo era mais breve (30mseg), e foi apresentado em diferentes atrasos (intervalos de tempo) em referência ao ruído mascarante: 4, 16, 64 e 128 mseg (Figura 7). Essa apresentação foi aleatória.

O participante foi orientado a ouvir 3 sons em sequência à medida que observava três sinais luminosos relacionados com três botões numa caixa que possuía em mãos. Explicou-se que um dos sons era diferente dos demais. Solicitou-se que o participante identificasse o som diferente e acionasse o botão referente ao sinal luminoso apresentado concomitantemente ao som que ele identificasse como distinto dos demais (Figura 3).

Dessa forma, determinou-se o limiar auditivo (menor intensidade) de percepção do ruído alvo para cada intervalo de tempo (atraso) investigado (4, 16, 64 e 128 msec). Quanto menor o intervalo de tempo entre o ruído mascarante e o ruído alvo, maior a chance de verificação de um limiar elevado, devido à permanência do mascaramento. Portanto, a expectativa foi de que tanto para jovens e idosos, os limiares auditivos diminuíssem de acordo com o aumento do atraso na apresentação do ruído alvo. No entanto, acreditava-se existir diferença entre os grupos, pois os idosos parecem ter uma permanência do mascaramento mais acentuada que os jovens (GIFFORD; BACON, 2005).

Os dados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas. Foram realizadas análises intra-sujeitos (variáveis – intervalos de tempo: 4,16,32,64 e 128 msec) e inter-sujeitos (variáveis – jovens X idosos) com o objetivo de examinar o efeito da permanência do mascaramento em ambos os grupos.

Figura 1. Disposição do participante para realização do teste de permanência do mascaramento – *Forward Masking*



Figura 2. Detecção do limiar para um dado sinal é medida em função de sua posição temporal relativa à caída abrupta do ruído mascarante

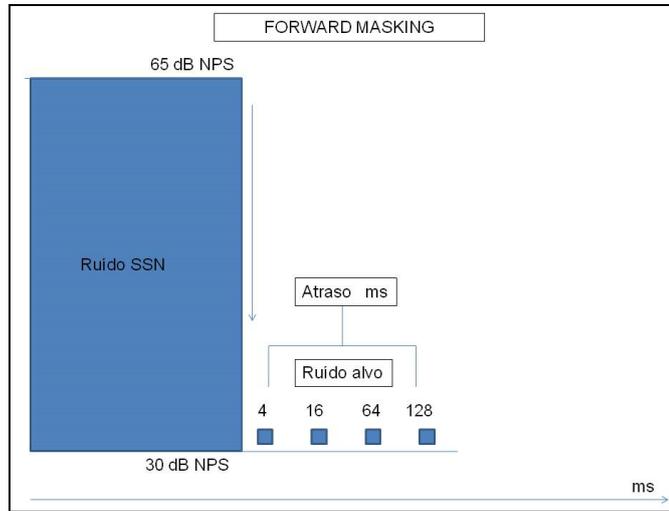
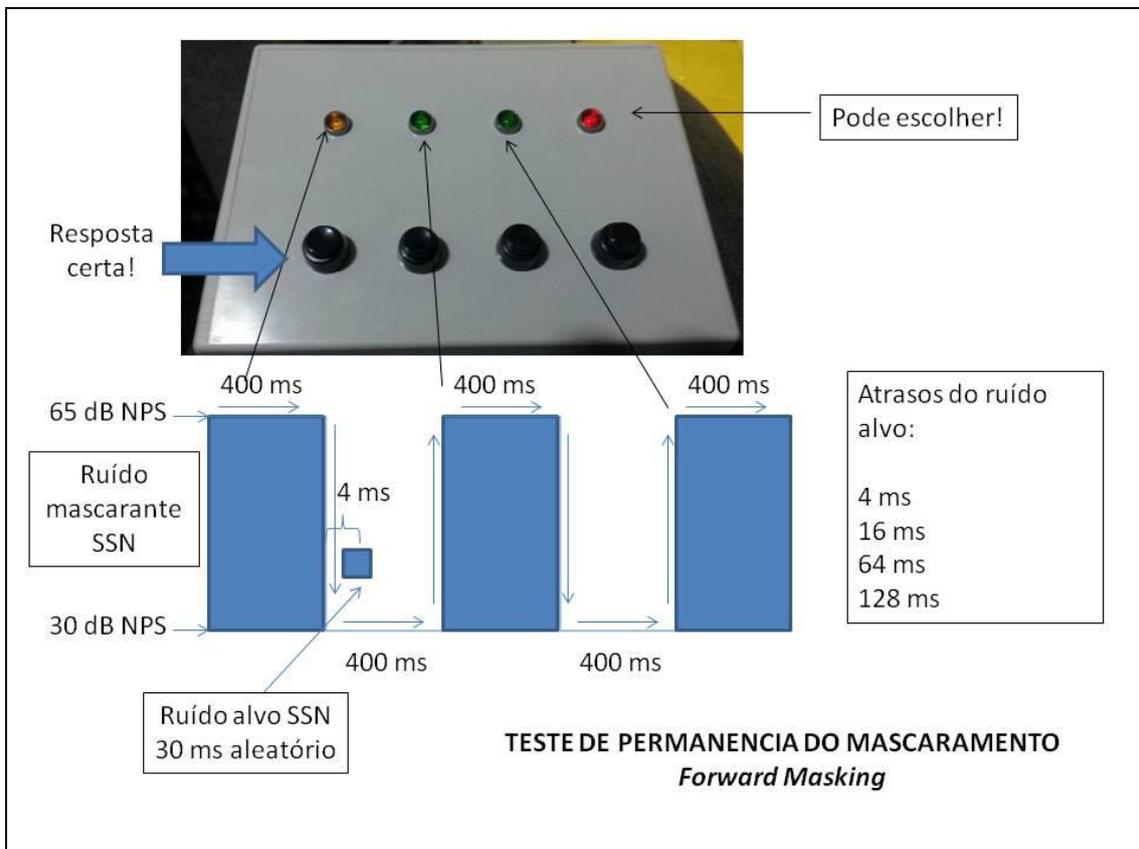


Figura 3. Modelo ilustrativo do Teste de permanência do mascaramento – *Forward Masking*



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma queixa comum entre pessoas idosas é a dificuldade em entender a fala quando estão em ambientes ruidosos. Ao se considerar que grande parte dessa população tem perda auditiva, essa queixa não surpreende. No entanto, o que se torna curioso é que a queixa também é frequente entre idosos cuja audição periférica é normal.

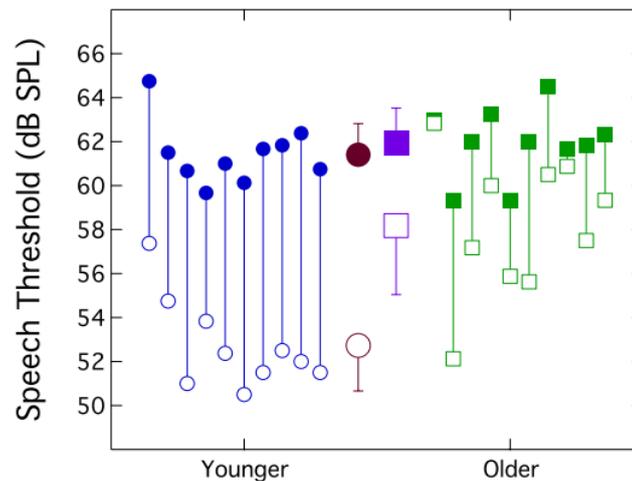
Entre outros aspectos que podem estar relacionados a esse fato, o déficit no processamento auditivo temporal vem sendo apontado como principal responsável em causar tais dificuldades. O efeito da idade no processamento auditivo temporal vem sendo detalhadamente estudado através de inúmeros paradigmas e tarefas de escuta que investigam diversos aspectos do processamento temporal (discriminação de intensidade e frequência, de duração, de ordem, detecção de intervalos de tempo, etc) (HARRIS et al, 2010). A grande maioria desses estudos aponta para um efeito significativo da idade na habilidade de processar sons, e conseqüentemente, compreender a fala. No entanto, o assunto ainda é bastante complexo. Muitas explicações ainda precisam ser elaboradas no que diz respeito à natureza e às causas desses déficits.

Um aspecto interessante que vem sendo discutido entre pesquisadores é o pouco benefício que pessoas idosas têm quando o ruído competitivo oscila em amplitude (benefício do mascaramento modulado - BMM). Sabe-se que esse benefício é significativo para jovens de audição normal, pois percebem pistas acústicas da fala nos momentos de baixa intensidade do ruído modulado. No entanto, isso não parece acontecer com os idosos.

O primeiro experimento desse estudo visou determinar a magnitude do BMM em jovens e idosos com audição normal nativos do português brasileiro. Os resultados desse experimento estão apresentados no Gráfico 1. Os círculos preenchidos menores representam os limiares dos jovens referentes ao reconhecimento de fala em presença de ruído estável, e o círculo preenchido maior representa a média desse grupo. Os limiares dos jovens referentes ao reconhecimento de fala em presença de ruído modulado (taxa de modulação em 10Hz) estão sendo representados pelos círculos vazados menores, e a média do grupo, pelo círculo vazado maior. Seguindo o mesmo raciocínio, os limiares do grupo de idosos são apresentados no lado direito da figura 3. Os quadrados menores e vazados representam limiares individuais dos 10 idosos em presença de ruído estável, e a média do grupo para essa medida é representada pelo quadrado vazado maior. Ainda para esse grupo, os valores de limiares de fala em presença de ruído modulado estão representados pelos quadrados menores preenchidos, e a média do grupo, pelo quadrado maior preenchido.

Uma análise de variância intra-sujeitos mostra diferença significativa entre limiares em presença de ruído estável e limiares em presença de ruído modulado em sujeitos do mesmo grupo ($F[1, 18] = 217.14$; $p < 0.001$). Esse resultado significa presença de BMM em ambos os grupos. A análise de variância inter-sujeitos mostra uma diferença significativa da magnitude do BMM ($F[1,18] = 11.61$; $P = 0.003$), evidenciando o efeito da idade na magnitude do BMM. O grupo de jovens apresentou maior magnitude de BMM quando comparado ao grupo de idosos.

Gráfico 1. Limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado (10Hz) para jovens e idosos.



Esses resultados confirmam a hipótese desse estudo, de que jovens com audição normal conseguem ter maior benefício das modulações do ruído competitivo quando comparados a idosos de audição normal. Esses achados são consistentes com outros estudos que investigaram o BMM em jovens e idosos (GILLFORD et al 2007; DUBNO, 2002,2003).

Gifford, Bacon e Williams (2007) compararam o desempenho de jovens e idosos no reconhecimento da fala em presença de ruído estável e ruído modulado. Ao revisar os achados publicados por Stuart e Phillips (1996) e por Dubno e colaboradores (2002, 2003), Gifford e colaboradores (2007) explicam que os grupos de idosos participantes nesses dois estudos não apresentavam limiares de audibilidade similares ao grupos de jovens, e que isso pode ter contribuído para um pior desempenho dos idosos nas tarefas de reconhecimento de fala. Mesmo que os pesquisadores tenham tentado ‘corrigir’ a diferença na audibilidade entre jovens e idosos, os resultados podem ter sido influenciados por essa diferença entre limiares (GIFFORD et al, 2007; DUBNO et al 2003). Por esse motivo, o estudo de Gilfford e

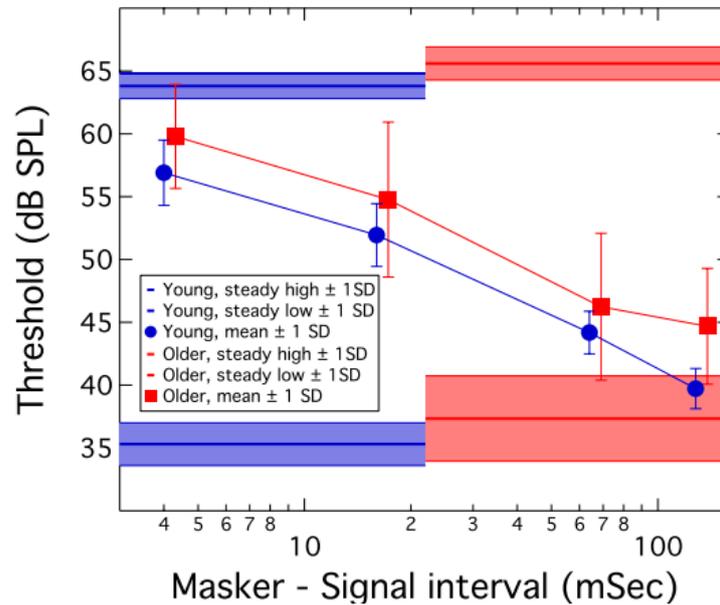
colaboradores em 2007 emparelhou os dois grupos de acordo com seus limiares auditivos, e a diferença entre os limiares não foi maior que 5dB.

Assim como os achados de Dubno et al (2002, 2003), Stuart e Phillips (1996) e os resultados do presente estudo, Gifford e colaboradores encontraram diferença significativa no desempenho no reconhecimento da fala em presença de ruído modulado (com taxa de modulação em 10 Hz) entre idosos e jovens (maior dificuldade para os idosos).

Uma das explicações para a dificuldade de pessoas idosas perceberem pistas acústicas da fala nos momentos de baixa intensidade do ruído é que essa população apresenta maior prolongamento de mascaramento. Em outras palavras, as pistas acústicas seriam mascaradas mesmo após a interrupção do ruído competitivo.

O segundo experimento desse estudo visou investigar o prolongamento de mascaramento em jovens e idosos. O gráfico 2 apresenta limiares auditivos de jovens (círculos azuis) e idosos (quadrados vermelhos) em 04 intervalos de tempo após a interrupção do ruído mascarante (4, 16, 64 e 128 ms). Uma análise de variância intra-sujeitos mostra um efeito significativo entre os intervalos ($F[3,54] = 237.66$; $p < 0.001$) e nenhuma interação entre os grupos ($F[3,54] = 2.20$; $p = 0.098$). Esse resultado indica que os grupos apresentam o mesmo padrão de comportamento, e que os limiares diminuem significativamente na medida em que os intervalos de tempo entre o ruído e o ruído alvo aumentam. Portanto, o efeito do mascaramento é menor nos intervalos maiores.

Gráfico 2. Limiares de jovens e idosos em diferentes intervalos de tempo após a interrupção do ruído



Embora o gráfico mostre maiores limiares para o grupo de idosos em todos os intervalos, a análise comparativa entre grupos foi significativamente diferente apenas no intervalo de 128 milissegundos ($F[1,18] = 12.31$; $p = 0.003$). Esse resultado é indicativo de um maior efeito de permanência do mascaramento (*forward masking*) para o grupo dos idosos no intervalo de 128 milissegundos.

Alguns estudos sobre o prolongamento de mascaramento (GIFFORD, BACON 2005; GIFFORD et al, 2007; DUBNO et al 2002, 2003) sugerem a existência de um efeito prolongado do mascaramento relacionado à idade. Tudo indica que esse efeito não está relacionado a processos coleares, mas sim, a aspectos neurais (GIFFORD, BACON 2005). Gifford e Bacon (2005) investigaram os processos não lineares da cóclea em jovens e idosos de audição normal. Especificamente os grupos foram submetidos a três medidas psicofísicas relacionadas ao funcionamento das células ciliadas externas, ou seja, relacionadas aos processos cocleares não lineares: a) filtro auditivo, b) supressão e c) compressão da membrana basilar. Os resultados de todas as medidas não apresentaram diferença significativa entre os grupos, sugerindo não existir efeito da idade nos processos de não linearidade da cóclea. No entanto, um aumento significativo de permanência de mascaramento (*forward masking*) foi encontrado no grupo de idosos nas três medidas realizadas. Os autores sugerem, então, que a causa do maior efeito de permanência do mascaramento não está relacionada ao

sistema auditivo periférico (especificamente à cóclea), mas sim, a processos centrais da audição.

Dubno e colaboradores (2003) consideram como causa do efeito de permanência do mascaramento o maior tempo de recuperação (após explosão neural causada pelo ruído) das fibras neurais aferentes. Sabe-se que com a idade, fibras auditivas nervosas perdem sua capacidade de se recuperar espontaneamente, ou diminuem a velocidade de recuperação. Esse raciocínio parece explicar o padrão de respostas encontrado nesse estudo. Percebe-se que em intervalos de tempo menores (entre a interrupção do ruído mascarante e a apresentação do sinal), os limiares de ambos os grupos são mais altos. Isso mostra o efeito de permanência do mascaramento em ambos os grupos. Em intervalos de tempo maiores, espera-se que os limiares diminuam consideravelmente. Acredita-se que as fibras neurais se recuperem após um período maior de tempo entre o ruído mascarante interrompido e o sinal, e que assim, os limiares diminuam.

Conforme dito anteriormente, a análise de variância mostra diferença significativa entre os limiares de cada intervalo de tempo para os dois grupos, indicando diminuição significativa dos limiares entre os intervalos. Ou seja, esse resultado mostra uma diminuição do efeito de permanência do mascaramento com o passar do tempo. No entanto, no maior intervalo de tempo (128 ms) os limiares entre os grupos diferem significativamente. Os limiares do grupo de idosos são maiores quando comparado ao grupo de jovens, sugerindo, portanto, uma menor recuperação das fibras neurais no grupo dos idosos.

Outra possível explicação para a menor magnitude do BMM no reconhecimento da fala em idosos com audibilidade normal é o que Gifford e colaboradores (2007) chamam de déficit na *eficiência do processamento auditivo*. Os autores pontuam que um processamento auditivo eficiente envolve mais que questões puramente auditivas, como por exemplo, fatores cognitivos, atenção, memória e aprendizado.

Outros estudos seguem esse raciocínio. Harris e colaboradores (2010) investigaram a relação entre aspectos cognitivos e o déficit no processamento auditivo temporal de pessoas idosas. Os autores usaram uma medida frequentemente utilizada em estudos do processamento temporal: investigaram a habilidade em se detectar intervalos de tempo entre dois sons (*gap detection*). A literatura mostra que pessoas idosas (com limiares auditivos dentro da normalidade) apresentam mais dificuldades quando comparados a jovens na habilidade de identificar intervalos de tempo entre dois sons. Os achados de Harris e colaboradores (2010) corroboram com essa afirmativa, e ainda apontam motivos relacionados à queda no desempenho de idosos em identificar intervalos de tempo. A hipótese dos autores

era de que essa atividade auditiva também está relacionada a aspectos cognitivos e de atenção, e foi confirmada em seus experimentos. Apesar dos autores considerarem que déficits no sistema auditivo central sejam as principais causas da dificuldade de idosos no processamento temporal (e conseqüentemente, no reconhecimento de fala), afirmam fatores cognitivos também contribuem para diminuição na velocidade no processamento de sons com o avanço da idade (HARRIS et al, 2010).

Percebe-se, portanto, que os fatores responsáveis pela dificuldade que o idoso encontra em compreender a fala em ambiente competitivo são de inúmeras fontes. Isso indica que essa linha de investigação ainda tem muito a explorar. No entanto, informações significantes sobre o comportamento auditivo do idoso já são consenso na literatura, e ajudam na compreensão sobre processamento auditivo dessa população.

CONCLUSÕES

O presente estudo investigou o benefício na percepção da fala em presença de ruído modulado em jovens e idosos. Os resultados mostraram que os idosos pouco se beneficiam das oscilações em intensidade do ruído competitivo. Esse resultado torna-se relevante ao considerarmos que na grande maioria das interações sociais o ruído ambiental oscila em amplitude.

A relação entre esse fato e um maior prolongamento de mascaramento comprovada para o maior intervalo de tempo (128ms) testado. Isso nos indica que a dificuldade do idoso em compreender a fala parece ser resultado de déficits no processamento auditivo temporal (velocidade de recuperação de fibras auditivas neurais). Esse fato não exclui a possibilidade de outros fatores centrais (cognição, atenção e memória) estarem relacionados ao processamento auditivo.

O presente estudo apresenta achados pioneiros no que diz respeito ao processamento auditivo temporal de jovens e idosos brasileiros, mais especificamente o benefício do mascaramento modulado – BMM e a permanência do mascaramento após sua interrupção, e consagra o material de fala da versão brasileira do HINT como eficaz na pesquisa do processamento temporal auditivo.

REFERÊNCIAS

ADVINCULA, K.P.; MENEZES, D.C.; PACIFICO, F.A.; GRIZ, SMS. Percepção da fala em presença de ruído competitivo: o efeito da taxa de modulação do ruído mascarante. *Audiol., Commun. Res.* v.18, n.4, p.238-244, 2013.

ARIETA, A.M. Teste de percepção da fala HINT - Brasil, em normo-ouvintes e usuários de aparelhos auditivos - Atenção à saúde auditiva. 2009. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em saúde coletiva. Faculdade de Ciência Médicas da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

BEVILACQUA, M.C.; BANHARA, M.R.; DA COSTA, E.A.; VIGNOLY, A.B.; ALVARENGA, K.F. The Brazilian Portuguese hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, 364-365, 2008.

BERNSTEIN, J.G.; SUMMERS, V.; IYER, N.; BRUNGART, D.S. Set-size procedures for controlling variations in speech-reception performance with a fluctuating masker," *J Acoust Soc Am* 132, 2676-2689, 2012.

CARHART, R.; TILLMAN, T.W. Interaction of competing speech signals with hearing loss. *Archives of Otolaryngology.* v.91, p.273-279, 1970.

CEKIC, S.; SENNAROGLU, G. The Turkish hearing in noise test. *Int J Audiol.* 2008; v.47, n.6, p.366-8, 2008.

CHRISTIANSEN, C.; DAU, T. Relationship between masking release in fluctuating maskers and speech reception thresholds in stationary noise. *J Acoust Soc Am.* v.132, p.1655-1666, 2012.

DIRKS, D.D.; BOWER, D.R. Influence of pulsed masking on spondee words. *J Acoust Soc Am.* v.50, p.1204-1207, 1971.

DESLOGE, J.G.; REED, C.M.; BRAIDA, L.D., PEREZ, Z.D., DELHORNE, L.A. Speech reception by listeners with real and simulated hearing impairment: effects of continuous and interrupted noise. *J Acoust Soc Am.* v.128, p.342-359, 2010.

DUBNO, J.R.; HORWITZ, A.R.; AHLSTROM, J.B. Recovery from prior stimulation: masking of speech by interrupted noise for younger and older adults with normal hearing. *J Acoust Soc Am.* v.113, p.2084-2094, 2003.

FRANCART, T.; VAN WIERINGEN, A.; WOUTERS, J. Comparison of fluctuating maskers for speech recognition tests. *Int J Audiol.* v.50, p.2-13, 2011.

FESTEN, J.M.; PLOMP, R. Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. *Journal of the Acoustical Society of America.* v.88, p.1725-1736, 1990.

FÜLLGRABE, C.; BERTHOMMIER, F.; LORENZI, C. Masking release for consonant features in temporally fluctuating background noise. *Hear Res.* v.211, p.74-84, 2006.

GEORGE, E.L.; FESTEN, J.M.; HOUTGAST, T. Factors affecting masking release for speech in modulated noise for normal-hearing and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am.* v.120, p.2295-2311, 2006.

GIFFORD RH, BACON SP, WILLIAMS EJ. An examination of speech recognition in a modulated background and of forward masking in younger and older listeners. *J Speech Lang Hear Res.* 2007;50(4):857-864.

GNANSIA, D.; JOURDES, V.; LORENZI, C. Effect of masker modulation depth on speech masking release. *Hear Res.* v.239, p.60-68, 2008.

GROSE, J.H.; MAMO, S.K.; HALL, J.W. 3RD. Age effects in temporal envelope processing: speech unmasking and auditory steady state responses. *Ear Hear.* v.30, p.568-575, 2009.

GUSTAFSSON, H.A.; ARLINGER, S.D. Masking of speech by amplitude-modulated noise. *Journal of the Acoustical Society of America.* v.95, n.1, p.518-529, 1994.

HARRIS, R.W.; GOFFI, M.V.S.; PEDALINI, M.E.B.; GYGI, M.A. Reconhecimento de palavras dissilábicas psicometricamente equivalentes no português brasileiro faladas por indivíduos do sexo masculino e do sexo feminino. *Pró Fono.* v.13, n.2, p.249-62, 2001.

HUARTE, A. The Castilian Spanish in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.369-70, 2008.

JIN, S.H.; NELSON, P.B. Speech perception in gated noise: the effects of temporal resolution. *J Acoust Soc Am* 119, 3097-3108, 2006.

LOLOV, S.R., RAYNOV, A.M.; BOTEVA, I.B.; EDREV, G.E. The Bulgarian hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.371-2, 2008.

LUTS, H; BOON, E; WABLE, J; WOUNTERS, J. FIST: a French sentence test for speech intelligibility in noise. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.373-4, 2008.

MILLER, G.A.; LICKLIDER, J.C.R. The intelligibility of interrupted speech. *Journal of the Acoustical Society of America.* v.22, p.167-173, 1950.

MOON, S.K.; KIM, S.H.; MUN, H.A.; JUNG, H.K.; LEE, J.H.; CHOUNG, Y.H.; PARK, K. The Korean hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.375-6, 2008

MYHRUM M; MOEN I. The Norwegian hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.377-8, 2008.

NILSSON, M.J.; SOLI, S.D.; SULLIVAN, J. Development of the hearing in noise test for the measurement of speech reception threshold in quiet and in noise. *J Acoust Soc Am.* v.95, n.2, p.1085-99, 1994.

- OXENHAM, A.J.; SIMONSON, A.M. Masking release for low- and high-pass-filtered speech in the presence of noise and single-talker interference. *J Acoust Soc Am.* v.125, p.457-468, 2009.
- OTERO, C.B.; BRIK, G.; FLORES, L.; ORTIZ, S.; ABDALA, C. The Latin American Spanish Hearing in Noise Test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.362-3, 2008.
- QUAR, T.K., MUKARI, S.Z.; ABDUL WAHAB, N.A.; ABDUL RAZAK, R.A.; OMAR, M.; MAAMOR, N. The malay hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.379-80, 2008.
- SANTOS, S.N.; DANIEL, R.C.; COSTA, N.J. Estudo da equivalência entre as listas de sentenças em português. *Rev. CEFAC.* v.11, n.4, p.673-680, 2009.
- SHIROMA, M.; IWAKI, T.; KUBO, T.; SOLI, S. The Japanese hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, p.381-2, 2008.
- SMITS, C.; FESTEN, J.M. The interpretation of speech reception threshold data in normal-hearing and hearing-impaired listeners: II. Fluctuating noise. *J Acoust Soc Am.* v.133, p.3004-3015, 2013.
- STUART, A.; PHILLIPS, D.P. Word recognition in continuous and interrupted broadband noise by young normal-hearing, older normal-hearing, and presbycusis listeners. *Ear Hear.* v.17, p.478-489, 1996.
- VAILLANCOURT, V.; LAROCHE, C.; MAYER, C.; NALI, M.; ERIKS-BROPHY, A.; GIGUERE, C. The Canadian French hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, p.383-5, 2008.
- VERMIGLIO, A.J. The American English hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.386-7, 2008.
- VERSFELD, N. J.; DAALDER, L.; FESTEN, J. M.; HOUTGAST, T. Method for the selection of sentence materials for efficient measurements of the speech reception threshold. *J. Acoust. Soc. Am.* 107, 1671-1684, 2000.
- WONG, L.L.N. The Cantonese Hearing in Noise Test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.388-390, 2008.
- WONG, L.L.N.; HUANG, V. The Taiwanese Mandarin Hearing in Noise Test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.391-392, 2008.
- WONG, L.L.N.; LIU, S.; HAN, N. The Mainland Mandarin Hearing in Noise Test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.393-5, 2008.
- WONG, L.L.N.; SOLI, S.D.; LIU, S.; HAN, N.; HUANG, M.W. Development of the Mandarin Hearing In Noise Test (MHINT). *Ear and Hearing.* v.28, n.2, p.70S-74S, 2007.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresenta achados pioneiros no que diz respeito ao processamento auditivo temporal de jovens e idosos brasileiros, mais especificamente o benefício do mascaramento modulado – BMM e a permanência do mascaramento após sua interrupção. Com este estudo foi possível:

(1) verificar que a magnitude do BMM para sentenças do HINT na versão do português brasileiro não se diferencia com taxas de modulação em amplitude entre 4 Hz e 32 Hz. No entanto, quando a taxa é elevada a 64 Hz, a magnitude do BMM diminui;

(2) verificar que os idosos ouvintes possuem significante menor magnitude de BMM quando comparado aos jovens ouvintes, consagrando o material de fala do HINT brasileiro como eficiente para avaliação do mascaramento temporal.

(3) verificar a existência da permanência do mascaramento em jovens e idosos ouvintes, através de limiares auditivos determinados em 4, 16, 32, 64 e 128 msec após a interrupção do ruído mascarante.

(3) verificar **maior efeito de** permanência do mascaramento em idosos ouvintes, quando comparados a jovens, em limiares auditivos determinados a 128 msec após a interrupção do ruído mascarante.

Os achados descritos acima fortalecem o raciocínio de que a dificuldade de idosos compreenderem a fala em ambientes ruidosos deve estar relacionada a déficits no processamento temporal da audição.

REFERÊNCIAS

- ADVINCULA, K.P.; MENEZES, D.C.; PACIFICO, F.A.; GRIZ, SMS. Percepção da fala em presença de ruído competitivo: o efeito da taxa de modulação do ruído mascarante. *Audiol., Commun. Res.* v.18, n.4, p.238-244, 2013.
- ARIETA, A.M. Teste de percepção da fala HINT - Brasil, em normo-ouvintes e usuários de aparelhos auditivos - Atenção à saúde auditiva. 2009. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em saúde coletiva. Faculdade de Ciência Médicas da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- BERNSTEIN JG, SUMMERS V, IYER N, BRUNGART DS. Set-size procedures for controlling variations in speech-reception performance with a fluctuating masker. *J Acoust Soc Am* 132, 2676-2689; 2012.
- BEVILACQUA, M.C.; BANHARA, M.R.; DA COSTA, E.A.; VIGNOLY, A.B.; ALVARENGA, K.F. The Brazilian Portuguese hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, 364-365, 2008.
- BRONKHORST, A.W.; PLOMP, R.A. Clinical test for the assessment of binaural speech perception in noise. *Audiology.* v.29, p.275- 85, 1990.
- BUSS, E.; GROSE, J; HALL III, J. Features of envelope coherence critical for comodulation masking release. *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 126, p. 2455-2466. 2009.
- CAHART R, TILLMAN T, GREETIS E. Perceptual masking in multiple sound background. *The Journal of the Acoustic Society of America.* Vol 45, N.3, p. 694-703, 1969.
- CAPORALI, S.A.; ARIETA, A.M. Reconhecimento de fala no ruído: estudo comparativo entre grupos com e sem queixa de percepção de fala. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia.* v.9, n.3, 2004.
- CEKIC, S.; SENNAROGLU, G. The Turkish hearing in noise test. *Int J Audiol.* 2008; v.47, n.6, p.366-8, 2008.
- CHRISTIANSEN, C.; DAU, T. Relationship between masking release in fluctuating maskers and speech reception thresholds in stationary noise. *J Acoust Soc Am.* v.132, p.1655-1666, 2012.
- COSTA, E.A. Audiometria tonal e testes de reconhecimento de fala: Estudo comparativo para aplicação em audiologia ocupacional. *Acta AWHO.* v.11, n.3, p.137-42, 1992.

COSTA, E.A. Desenvolvimento de Teste de Reconhecimento da Fala, com ruído, em português do Brasil, para aplicação em audiologia ocupacional. [Tese de Doutorado]. Campinas: Faculdade de Ciências Médicas/Unicamp, 1998.

COSTA, E.A. Estudo da correlação entre audiometria tonal e o reconhecimento de monossílabos mascarados por fala competitiva nas perdas auditivas induzidas pelo ruído. Acta Awho. 1995.

COSTA, M.J. Lista de sentenças em Português: apresentação e estratégias de aplicação na audiologia. Santa Maria: Pallotti, 1998.

COSTA, M.J.; IORIO, M.C.M.; MANGABEIRA-ALBERNAZ, P.L.; CABRAL JUNIOR, E.F.; MAGNI, A.B. Desenvolvimento de um ruído com espectro de fala. Acta Awho. v.17, n.2, p.84-89, 1998.

DESLOGE, J.G.; REED, C.M.; BRAIDA, L.D., PEREZ, Z.D., DELHORNE, L.A. Speech reception by listeners with real and simulated hearing impairment: effects of continuous and interrupted noise. J Acoust Soc Am. v.128, p.342-359, 2010.

DIRKS, D.D.; BOWER, D.R. Influence of pulsed masking on spondee words. J Acoust Soc Am. v.50, p.1204-1207, 1971.

DUBNO, J.R.; HORWITZ, A.R.; AHLSTROM, J.B. Recovery from prior stimulation: masking of speech by interrupted noise for younger and older adults with normal hearing. J Acoust Soc Am. v.113, p.2084-2094, 2003.

DUNCAN, K.R.; AARTS, N.L. A comparison of the HINT and Quick SIN Tests. Journal of Speech-Language Pathology and Audiology. v.30, n.2, 2006.

FESTEN JM, PLOMP R. Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing," Journal of the Acoustical Society of America 88, 1725-1736, 1990.

FRANCART, T.; VAN WIERINGEN, A.; WOUTERS, J. Comparison of fluctuating maskers for speech recognition tests. Int J Audiol. v.50, p.2-13, 2011.

FREITAS C; LOPES L, COSTAa M. Confiabilidade dos limiars de reconhecimento de sentenças no silêncio e no ruído. Revista Brasileira de Otorrinolaringologia. V.71, n.5, 624-30, set./out. 2005.

FÜLLGRABE, C.; BERTHOMMIER, F.; LORENZI, C. Masking release for consonant features in temporally fluctuating background noise. Hear Res. v.211, p.74-84, 2006.

GEORGE, E.L.; FESTEN, J.M.; HOUTGAST, T. Factors affecting masking release for speech in modulated noise for normal-hearing and hearing-impaired listeners. J Acoust Soc Am. v.120, p.2295-2311, 2006.

GIFFORD R, BACON S, WILLIAMS E. An examination of speech recognition in a modulated background and of forward masking in younger and older listeners. J Speech Lang Hear Res. 50(4):857-864. 2007

GIFFORD, R.; BACON, S.; Psychophysical estimates of nonlinear cochlear processing in young and older listeners. *J. Acoust. Soc. Am*, 118 (6), 2005

GNASIA D, JOURDES V, LORENZI C. Effect of masker modulation depth on speech masking release. *Hear. Res.* 239(1-2):60-68, 2008.

GORDON-SALANT, S. Age-related differences in speech recognition performance as a function of test format and paradigm. *Ear and Hearing.* v.8, p.277-282, 1987.

GORDON-SALANT, S.; FITZGIBBONS, P.J. Sources of age-related recognition difficulty for time-compressed speech. *J Speech Lang Hear Res.* v.44, p.709-719, 2001.

GROSE J, MAMO S. Processing of temporal fine structure as a function of age. *Ear and Hearing.* Vol 31. P. 755-760; 2010.

GROSE, J.H.; MAMO, S.K.; HALL, J.W. 3RD. Age effects in temporal envelope processing: speech unmasking and auditory steady state responses. *Ear Hear.* v.30, p.568-575, 2009.

GUSTAFSSON, H.A.; ARLINGER, S.D. Masking of speech by amplitude-modulated noise. *Journal of the Acoustical Society of America.* v.95, n.1, p.518-529, 1994.

HAGERMAN, B. Sentences for testing speech intelligibility in noise. *Scand. Audiol.* v.11, p.79-87, 1982.

HALL III, J; et al. Effects of age and hearing impairment on the ability to benefit from temporal and spectral modulation. *Ear and Hearing.* Vol 33; p.340-348; 2012.

HENRIQUES M, MIRANDA E, COSTA M. Limiares de reconhecimento de sentenças no ruído, em campo livre: valores de referência para adultos normo-ouvintes. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*; 74(2):188-92. 2008.

HUMES LE, CHRISTOPHER L. Speech identification difficulties in hearing-impaired elderly persons: the contribution of auditory processing deficits. *Journal of Speech Hearing and Language Research.* 34(3):686-93, 1991.

HUARTE, A. The Castilian Spanish in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.369-70, 2008.

JIN, S.H.; NELSON, P.B. Speech perception in gated noise: the effects of temporal resolution. *J Acoust Soc Am* 119, 3097-3108, 2006.

KALIKOW, D.N.; STEVENS, K.N.; ELLIOT, L.L. Development of a test of speech intelligibility in noise using sentence materials with controlled word predictability. *J Acoust Soc Am.* v.61, n.5, p.1337-51, 1977.

KWON BJ, PERRY TP, WILHELM CL, HEALY EW. Sentence recognition in noise promoting or suppressing masking release by normal-hearing and cochlear-implant listeners. *J. Acoust. Soc. Am.* 131(4):3111-9, 2012.

LOLOV, S.R., RAYNOV, A.M.; BOTEVA, I.B.; EDREV, G.E. The Bulgarian hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.371-2, 2008.

LUTS, H; BOON, E; WABLE, J; WOUNTERS, J. FIST: a French sentence test for speech intelligibility in noise. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.373-4, 2008.

MANTELATTO, S.A.C. Percepção da Inteligibilidade de fala por Sujeitos Jovens com audição normal frente à ruídos competitivos [Dissertação de Mestrado]. Ribeirão Preto: FFCLRP/USP, 1998.

MANTELATTO, S.A.C.; DA SILVA, J.A. Efeitos de diferentes tipos de ruído na Inteligibilidade de Fala. *Arq Bras Psicol.* 52:35-48, 2000b.

MANTELATTO, S.A.C.; DA SILVA, J.A. Inteligibilidade de fala e ruído: Um estudo com sentenças do dia-a-dia. *Pró- Fono.* v.12, p.48-55, 2000.

MILOT, S; BUSS, E; HALL III, J. Spectral Integration and Bandwidth Effects on Speech Recognition in School-Aged Children and Adults. *Ear and Hearing.* Vol 31; n. 1; p.56-62; 2010.

MILLER, G.A.; LICKLIDER, J.C.R. The intelligibility of interrupted speech. *Journal of the Acoustical Society of America.* v.22, p.167-173, 1950.

MOON, S.K.; KIM, S.H.; MUN, H.A.; JUNG, H.K.; LEE, J.H.; CHOUNG, Y.H.; PARK, K. The Korean hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.375-6, 2008

MYHRUM M; MOEN I. The Norwegian hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.377-8, 2008.

NILSSON, M.J.; SOLI, S.D.; SULLIVAN, J. Development of the hearing in noise test for the measurement of speech reception threshold in quiet and in noise. *J Acoust Soc Am.* v.95, n.2, p.1085-99, 1994.

OTERO, C.B.; BRIK, G.; FLORES, L.; ORTIZ, S.; ABDALA, C. The Latin American Spanish Hearing in Noise Test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.362-3, 2008.

OXENHAM, A.J.; SIMONSON, A.M. Masking release for low- and high-pass-filtered speech in the presence of noise and single-talker interference. *J Acoust Soc Am.* v.125, p.457-468, 2009.

PASCOLINI D; SMITH A. Hearing Impairment in 2008: a compilation of available epidemiological studies. *International Journal of Audiology.* Vol 48. p.473-485; 2009.

PEREIRA, L.D. Audiometria verbal: teste de discriminação vocal com ruído. [Tese de Doutorado]. São Paulo: Escola Paulista de Medicina, 1993.

PLOMP, R.; MIMPEN, A.M. Speech-reception threshold for sentences as a function of age and noise level. *J Acoust Soc Am.* v.66, n.5, p.1333-42, 1979.

QUAR, T., MUKARI, S.; ABDUL WAHAB, N.; ABDUL RAZAK, R.; OMAR, M.; MAAMOR, N. The malay hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.379-80, 2008.

SANTOS, S.; DANIEL, R.; COSTA, N. Estudo da equivalência entre as listas de sentenças em português. *Rev. CEFAC.* v.11, n.4, p.673-680, 2009.

SCHNEIDER B.; PICHORA-FULLER M.K.; DANEMAN M. Effects of Senescent Changes in Audition and Cognition on Spoken Language Comprehension. *In: S. Gordan-Salant, R.D. Frisina; A.N. Popper; R.R. Fay (eds.) The Aging Auditory System: Springer.* 2010.

SCHOCHAT E. Percepção de fala: Presbiacusia e perda auditiva induzida pelo ruído. [Tese de Doutorado]. São Paulo: FFLCH/USP, 1994.

SHIROMA, M.; IWAKI, T.; KUBO, T.; SOLI, S. The Japanese hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, p.381-2, 2008.

SMITS, C.; FESTEN, J. The interpretation of speech reception threshold data in normal-hearing and hearing-impaired listeners: II. Fluctuating noise. *J Acoust Soc Am.* v.133, p.3004-3015, 2013.

SMOORENBURG, G. Speech reception in quiet and in noisy conditions by individuals with noise - induced hearing loss in relation to their tone audiogram. *J Acoust Soc Am.* v.91, n.1, p.421-37, 1992.

SOMMERS MS, GEHR SE. Two-tone auditory suppression in younger and older normal-hearing adults and its relationship to speech perception in noise. *Hear Res* 264: 56–62, 2010.

SOLI, S.D.; WONG, L.L. Assessment of speech intelligibility in noise with the Hearing in Noise Test. *Int J Audiol.* v.47, p.356-361, 2008.

STUART, A.; PHILLIPS, D.P. Word recognition in continuous and interrupted broadband noise by young normal-hearing, older normal-hearing, and presbycusis listeners. *Ear Hear.* v.17, p.478-489, 1996.

TAKAHASHI G.A.; BACON S.P. Modulation detection, modulation masking, and speech understanding in noise in the elderly. *J Speech Hear Res*, 35, 1410-1421. 1992.

VAILLANCOURT, V.; LAROCHE, C.; MAYER, C.; NALI, M.; ERIKS-BROPHY, A.; GIGUERE, C. The Canadian French hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, p.383-5, 2008.

VERMIGLIO, A.J. The American English hearing in noise test. *Int J Audiol.* v.47, n.386-7, 2008.

VERSFELD, N. J.; DAALDER, L.; FESTEN, J. M.; HOUTGAST, T. Method for the selection of sentence materials for efficient measurements of the speech reception threshold. *J. Acoust. Soc. Am.* 107, 1671-1684, 2000.

WONG, L. The Cantonese Hearing in Noise Test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.388-390, 2008.

WONG, L.; HUANG, V. The Taiwanese Mandarin Hearing in Noise Test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.391-392, 2008.

WONG, L.; LIU, S.; HAN, N. The Mainland Mandarin Hearing in Noise Test. *Int J Audiol.* v.47, n.6, p.393-5, 2008.

WONG, L; SOLI, S.D.; LIU, S.; HAN, N.; HUANG, M.W. Development of the Mandarin Hearing In Noise Test (MHINT). *Ear and Hearing.* v.28, n.2, p.70S-74S, 2007.

ZWICKER E, SCHORN K. Temporal resolution in hard-of-hearing patients. *Audiology*, 21: 474-492. 1982.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

PESQUISA: Mascaramento Temporal e Reconhecimento de Fala no Sistema Auditivo Senescente

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Denise Costa Menezes

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Pernambuco

Esse termo de consentimento pode conter palavras que você não entenda. Peça ao pesquisador que explique as palavras ou informações não compreendidas completamente.

Introdução Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa *Mascaramento temporal e reconhecimento de fala no sistema auditivo senescente*. Se decidir participar, é importante que leia estas informações sobre o estudo e o seu papel nesta pesquisa. A qualquer momento, você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com esta instituição. No caso de você decidir não participar mais deste estudo, deverá comunicar ao profissional e/ou o pesquisador que o esteja atendendo. É preciso entender a natureza e os riscos da sua participação para dar o seu consentimento livre e esclarecido.

Objetivo Esta pesquisa tem como objetivo avaliar o quanto o aumento da idade interfere na audição, especialmente em locais ruidosos (barulhentos).

Procedimentos da Pesquisa Sua participação consta em ser submetido a alguns exames de audição, incluindo exames audiológicos subjetivos (quando você vai respondendo aos estímulos que está ouvindo) e exames audiológicos objetivos (quando você não precisa responder aos estímulos que está ouvindo). Os exames serão realizados em ambiente acusticamente tratado, no Laboratório de Audiologia da UFPE e serão marcados de acordo com a disponibilidade do participante. Cada exame durará cerca de trinta minutos e será realizado por fonoaudiólogos responsáveis pela pesquisa.

Riscos e desconfortos Durante os testes, você poderá ter desconforto pelo tempo que gastará, ou poderá também sentir algum tipo de constrangimento ou cansaço. Caso isso aconteça, avise ao entrevistador que irá imediatamente interromper o procedimento.

Benefícios Após os testes você receberá o seu exame auditivo e orientações sobre sua audição. Caso algum problema seja identificado na sua audição, você será encaminhado para profissionais que irão te ajudar.

Custos / Reembolso Você não terá nenhum gasto e não será cobrada pela sua participação no estudo. Além disso, não receberá nenhum pagamento pela sua participação.

Caráter confidencial dos registros As informações obtidas a partir deste estudo serão rigorosamente confidenciais. Os resultados serão divulgados publicamente, entretanto, sua identidade e de quem mais esteja envolvido jamais serão reveladas. Todo o material de coleta ficará sob a responsabilidade do pesquisador responsável.

Para obter informações adicionais Você assinará duas vias deste termo, sendo que uma via ficará sob responsabilidade da pesquisadora e outra lhe será entregue. Em cada via deste termo, consta o telefone da pesquisadora. Você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Declaração de consentimento Li, ou alguém leu para mim, as informações deste documento antes de assinar esse termo de consentimento. Declaro que tive tempo suficiente para entender as informações acima. Declaro também que toda linguagem utilizada na descrição desse estudo de pesquisa foi satisfatoriamente explicada e que recebi resposta para todas as minhas dúvidas. Confirmando também que recebi uma das vias deste termo de consentimento. Compreendo que sou livre para me retirar do estudo em qualquer momento sem perda de benefícios ou qualquer outra penalidade.

Dou o meu consentimento de livre e espontânea vontade e sem reservas para participar desse estudo.

Assinatura do Participante

Local e data

Nome do Participante em Letra de Forma

Atesto que expliquei cuidadosamente a natureza e o objetivo deste estudo, os possíveis riscos e benefícios da participação no mesmo, junto ao participante e/ou seu representante autorizado. Tenho bastante clareza que o participante e/ou seu representante recebeu todas as informações necessárias, que foram fornecidas em uma linguagem adequada e compreensível e que ela compreendeu essa explicação.

Nome e Assinatura do Pesquisador

Local e data

Pesquisadora responsável: DENISE MENEZES– Telefone (81) 92999567- 21268927

Comitê de Ética em Pesquisa da UFPE: Avenida da Engenharia, s/n - 1º andar, CEP: 50740-600,

Cidade Universitária, Recife - PE, Brasil. Telefone/Fax do CEP: (81) 2126-8588.

e-mail do CEP: cepccs@ufpe.br

Nome e Assinatura da Testemunha

APENDICE B –ARTIGO ORIGINAL 1

Artigo Original

Percepção da fala em presença de ruído competitivo: o efeito da taxa de modulação do ruído mascarante

Effect of modulation rate on masking release for speech

Karina Paes Advíncula¹, Denise Costa Menezes², Fernando Augusto Pacífico³, Silvana Maria Sobral Griz²

RESUMO

Objetivo: Este estudo investigou o efeito das diferentes taxas de modulações do mascaramento na magnitude do *masking release*. **Métodos:** Quinze indivíduos jovens, com audição normal, foram submetidos ao teste de reconhecimento de sentença na presença de ruído, utilizando as listas de sentenças do HINT-Brasil. Foram obtidos limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e ruído modulado, em diferentes taxas de modulação (4, 8, 16, 32 e 64 Hz). A magnitude do *masking release* foi obtida para cada modulação e foi realizada a análise comparativa dos resultados. **Resultados:** Os achados demonstraram melhores limiares de reconhecimento de sentenças quando o ruído mascarante foi modulado em 4, 8, 16 e 32 Hz e piores limiares quando o ruído mascarante estava estável e em 64 Hz. No que diz respeito à análise da relação sinal/ruído, foram observados, no presente estudo, maiores valores para as tarefas que envolvem reconhecimento de sentenças com ruído estável, seguidos das tarefas que envolvem reconhecimento de sentenças com ruído modulado em 64 Hz, e menores valores para as tarefas que envolvem reconhecimento de sentenças com ruído modulado em 32, 16, 8 e 4 Hz, respectivamente. **Conclusão:** A magnitude do *masking release* para sentenças não se diferencia com taxas de modulação em amplitude entre 4 e 32 Hz. No entanto, quando a taxa de modulação é elevada a 64 Hz, a magnitude do *masking release* diminui.

Descritores: Audição; Mascaramento perceptivo; Percepção da fala; Testes de discriminação da fala; Ruído

ABSTRACT

Purpose: To investigate the effect of modulation rate on masking release for speech. **Methods:** Fifteen normal hearing subjects participated in the study. They were tested on speech perception in noise using the sentences of the HINT-Brazil. Speech recognition thresholds were obtained in the presence of steady masking and amplitude modulated masking at rates of 4, 8, 16, 32 and 64 Hz. The magnitude of masking release was obtained for each modulation rate, and results were compared. **Results:** Data showed significantly lower speech thresholds when the masking noise was amplitude modulated at rates of 4, 8, 16 and 32 Hz, when compared to thresholds obtained in steady noise or noise modulated at 64 Hz. Speech-to-masker ratios (SMR) were higher in steady masking noise, followed by modulated noise at 64 Hz, and lower for modulated rates of 32, 16, 8 and 4 Hz, respectively. **Conclusion:** The magnitude of masking release for speech does not seem to differ significantly among modulation rates of 4 to 32 Hz. However, for a modulation rate of 64 Hz the magnitude of masking release is significantly reduced.

Keywords: Hearing; Perceptual masking; Speech perception; Speech discrimination tests; Noise

Trabalho realizado na Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Recife (PE), Brasil.

(1) Programa de Pós-Graduação (Doutorado) em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Recife (PE), Brasil.

(2) Departamento de Fonoaudiologia, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Recife (PE), Brasil.

(3) Programa de Pós-Graduação (Mestrado) em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Recife (PE), Brasil.

Conflito de interesses: Não

Contribuição dos autores: KPA pesquisadora principal, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, levantamento da literatura, coleta e análise dos dados, redação do artigo, submissão e trâmites do artigo; DCM orientadora, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, análise dos dados, correção da redação do artigo, aprovação da versão final; FAP pesquisador colaborador, levantamento da literatura, coleta e análise dos dados, redação e revisão do artigo final; SMSG coorientadora, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, análise dos dados, correção da redação do artigo, aprovação da versão final.

Endereço para correspondência: Karina Paes Advíncula. R. Amaro Coutinho, 531/701, Encruzilhada, Recife (PE), Brasil, CEP: 52041-110.

E-mail: kpadvincula@hotmail.com

Recebido em: 3/1/2013; Aceito em: 26/8/2013

INTRODUÇÃO

A habilidade em compreender a fala pode ser considerada um dos mais importantes aspectos a ser avaliado, quando se trata dos distúrbios da comunicação humana. As várias situações de escuta diária requerem que o ouvinte perceba a informação de fala que, muitas vezes, encontra-se mascarada por um ruído de fundo - ruído competitivo simultâneo^(1,2). Esse ruído competitivo se origina em diferentes fontes em um ambiente social e o ouvinte deve 'separar' a fala alvo dessa mensagem competitiva^(3,4). Ouvir a fala na presença de ruído competitivo é uma atividade que tem sido motivo de estudo há vários anos^(5,6). Como exemplo, pode-se citar o *Articulation Index* (AI), um teste utilizado em estudos de telefonia, baseado em uma série de experimentos com ruídos mascarantes. Esse teste é capaz de prever índices de inteligibilidade da fala através da análise do espectro da fala e do mascaramento^(7,8).

Por décadas, estudos têm comparado a habilidade de percepção da fala alvo em presença de ruído de fundo com diferentes características físicas⁽¹⁻¹²⁾. Quando uma modificação acústica realizada no ruído (geralmente uma modulação em amplitude ao longo do tempo, ou uma modulação em espectro de frequência) provoca melhor reconhecimento da fala alvo, diz-se que aconteceu o *masking release*. Esse é o termo da língua inglesa que define a melhora no desempenho de reconhecimento da fala em presença de ruído mascarante, quando este foi acusticamente modificado. Uma sugestão de tradução que propomos para esse termo é: *benefício causado pela modificação do ruído mascarante*. No entanto, no presente estudo, e para fins didáticos, utilizamos o termo na língua inglesa.

Estudos têm demonstrado que o desempenho no reconhecimento da fala alvo, para ouvintes com audição normal, é melhor quando o ruído oscila em amplitude ao longo do tempo (*amplitude modulated* - AM), ou em espectro de frequência (*frequency modulated* - FM), ou seja, a percepção da fala é otimizada quando o ruído é modulado, comparando-se ao ruído estável^(12,13). No caso da modulação em amplitude ao longo do tempo, o *masking release* acontece devido à redução dos níveis de intensidade do mascaramento no momento da modulação (modulações mínimas), melhorando, assim, a relação sinal/ruído^(13,14). Essa situação permite que o ouvinte perceba melhor o sinal alvo, exatamente no momento da modulação mínima, quando o ruído mascarante está com sua intensidade mais fraca, ou seja, o ouvinte percebe breves segmentos da fala no momento em que a modulação ocorre e obtém mais informações para reconhecer o que está sendo dito.

A magnitude do *masking release* depende de algumas características físicas do ruído mascarante, como por exemplo, a sua taxa de modulação^(10,13-18). Um estudo⁽¹⁸⁾ encontrou variação na melhora do reconhecimento da fala entre 15 e 25 dB para taxas de modulações entre 8 e 20 Hz. Tipicamente, tem sido observada maior magnitude do *masking release* para taxas de modulações mais baixas⁽¹⁹⁾, tais como modulações entre

8 Hz e 25 Hz (especialmente em 10 Hz)^(13,14,20). Isso porque frequências de modulações mais baixas produzem maiores espaços temporais de menor amplitude. Dessa forma, facilitam a percepção da fala⁽²¹⁾.

A magnitude do *masking release* é tipicamente observada em uma ou outra das seguintes situações: a) melhora, em valores percentuais, do reconhecimento da fala em uma determinada relação sinal/ruído (RSR), em presença de ruído modulado (quando comparado com ruído estável); b) diminuição do valor da RSR em situação de ruído competitivo modulado (quando comparado com ruído estável), em um determinado percentual de acerto no reconhecimento da fala⁽²²⁾. A mensuração do *masking release* para fala é obtida por meio da utilização de material linguístico (listas de palavras e/ou sentenças) de testes de fala, em presença de ruído mascarante. Dentre esses testes, encontra-se o *Hearing in Noise Test* (HINT)⁽²³⁾, que investiga aspectos temporais da audição, mais especificamente, o mascaramento temporal⁽²⁴⁾.

O HINT é um teste que faz uso de sentenças para medir o limiar de reconhecimento de fala em presença de ruído mascarante. É composto por 25 listas (dez sentenças cada) foneticamente balanceadas e apresentadas em presença concomitante de ruído, para obtenção dos limiares de reconhecimento de fala. Em 2008, um grupo de pesquisadores⁽²⁵⁾ realizou um procedimento similar, utilizando listas foneticamente balanceadas em português, e padronizou o HINT-Brasil.

O HINT-Brasil é composto por 12 listas de 20 sentenças no Português brasileiro e pode ser considerado um instrumento adequado para o estudo da habilidade de reconhecer a fala em presença de ruído competitivo. No entanto, o ruído apresentado no teste encontra-se estável, ou seja, constante em intensidade (amplitude), ao longo do tempo. Através de um processador acústico (ex. *RX6 Turker Davis Technology*), é possível modificar as características desse ruído, tornando-o modulado em amplitude, em diferentes taxas de modulações. Dessa forma, pode-se fazer uso das sentenças do HINT-Brasil para investigação de limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e em presença de ruído modulado, em diferentes taxas de modulações.

Com o uso das sentenças do HINT-Brasil, o presente estudo investigou o efeito das diferentes taxas de modulações do mascaramento na magnitude do *masking release*, através da pesquisa do limiar de reconhecimento de sentenças em uma população de adultos com audição normal.

MÉTODOS

Trata-se de estudo de caráter quantitativo, transversal e observacional, realizado no Laboratório de Pesquisa do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), durante o período de julho a agosto de 2012. Este estudo faz parte da pesquisa intitulada *Temporal masking and speech recognition in the aging auditory system*:

US-BRAZIL, financiada pelo *National Institute of Health* (NIH), em parceria com a Universidade da Carolina do Norte, aprovada por Comitê de Ética americano, *Institutional Review Board* (IRB), sob o número 11-1113 e pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco CEP/CCS-UFPE, sob o número 233/2012.

A amostra foi composta por 15 participantes, recrutados por conveniência, sendo nove do gênero feminino e seis do gênero masculino. A faixa etária dos participantes variou entre 17 e 35 anos (média idade de 21 anos). Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O estudo teve como critérios de inclusão: ausência de queixa, histórico ou diagnóstico de alterações otológica, neurológica e/ou psiquiátrica; meatoscopia sem alterações; audição normal na orelha testada - limiares auditivos tonais de até 20 dB NA nas frequências de oitavas de 250 Hz a 8000 Hz, incluindo as frequências interoitavas de 3000 Hz e 6000 Hz⁽²⁶⁾.

Os participantes foram submetidos ao teste de reconhecimento de sentença na presença de ruído, utilizando as 12 listas do HINT-Brasil, cada uma contendo 20 sentenças, gravadas por um locutor nativo do gênero masculino. As sentenças foram originalmente gravadas no *House Research Institute* (HRI), USA⁽²⁵⁾.

Por meio do processador acústico RX6 (*Tucker-Davis Technologies*), o ruído foi modulado por uma onda quadrática, variando em intensidade entre 65 e 30 dB NPS, nas diferentes taxas de modulação (4, 8, 16, 32 e 64 Hz). O ruído estável foi apresentado a 65 dB NPS. O ruído utilizado possui o envelope de espectro de frequências que se assemelha ao envelope do espectro de frequências das sentenças utilizadas no teste (*speech-shaped noise*).

Os participantes foram posicionados dentro de uma cabina acústica e orientados a escutar e repetir as sentenças alvo, na presença do ruído de fundo competitivo, exatamente da forma como escutaram. O examinador, posicionado fora da cabina acústica, monitorou e registrou as respostas por meio do *software* Matlab (*Matrix Laboratory*®), versão R2012a.

O sinal de fala e o ruído de fundo competitivo foram enviados via plataforma de processamento digital (RX6, *Tucker-Davis Technologies*®) e apresentados monoauralmente, por meio de fone auditivo Sennheiser HD580, à orelha direita ou à melhor orelha, quando os limiares obtidos entre as orelhas variaram mais que 5 dB.

A resposta foi considerada correta quando a sentença foi repetida na íntegra. Qualquer diferença entre a sentença do teste e a sentença emitida pelo participante, foi computada como erro. Por exemplo, alterações na utilização de artigos, conjugação verbal e inclusão ou omissões de palavras, mesmo que não modificassem o significado original, foram consideradas como erros.

Cada participante foi submetido a duas, das seis condições de mascaramento (ruído em 0 Hz, 4 Hz, 8 Hz, 16 Hz, 32 Hz e

64 Hz). Há que se destacar que a modulação em 0 Hz corresponde ao ruído estável.

Foram formados três grupos, com cinco participantes cada, a saber: G1, para a condição 0 e 4 Hz; G2, para a condição 8 e 16 Hz e G3, para a condição 32 e 64 Hz. O limiar de reconhecimento de sentença de cada participante foi obtido por meio da média de quatro medições e o resultado para cada condição de teste, pela média dos limiares dos cinco participantes.

O *masking release* foi definido através da comparação entre o limiar de reconhecimento de sentenças em presença de ruído estável (tomado como referência) e o limiar de reconhecimento de sentenças em presença de ruído modulado (para as diversas condições de modulação).

O limiar de reconhecimento de sentenças foi determinado por procedimento adaptativo que converge para o ponto 71% da função psicométrica. Em um procedimento adaptativo, a intensidade em que um estímulo é apresentado depende de como o sujeito respondeu aos estímulos anteriores⁽²⁷⁻²⁹⁾.

Para a pesquisa do limiar, a intensidade inicial utilizada foi sempre superior ao limiar de reconhecimento esperado, sendo de 60 dB NPS para todas as taxas de modulação e 70 dB NPS na condição do ruído estável. Adotou-se o método descendente-ascendente transformado (*two down - one up*)⁽²⁸⁾. Nesse método, para cada duas respostas corretas consecutivas, diminui-se a intensidade do sinal em intervalos pré-estabelecidos e, a cada resposta incorreta, o nível da apresentação da sentença seguinte é aumentado. No presente estudo, foi utilizado o intervalo de 2 dB entre as apresentações.

O limiar de reconhecimento das sentenças foi obtido após seis reversões de resposta. Considera-se reversão a mudança no padrão de respostas apresentadas pelo indivíduo. Em outras palavras, um curso descendente começa com uma resposta positiva até que haja uma resposta negativa (reversão) e um curso ascendente começa com uma resposta negativa e termina com uma positiva (reversão).

Cada sentença foi apresentada somente uma única vez para o mesmo participante, a fim de eliminar variáveis relacionadas ao fenômeno de aprendizagem. A ordem de apresentação das diferentes condições de mascaramento, bem como a escolha das listas, ocorreu de forma aleatória.

O período de duração do teste foi de aproximadamente 50 minutos, sendo interrompido algumas vezes, quando os sujeitos referiram cansaço e/ou desconforto, para que tais fatores não interferissem em sua atenção e, por conseguinte, no desempenho do exame.

A análise estatística foi realizada no *software* SPSS, com o objetivo de examinar o efeito das diferentes modulações do mascaramento na magnitude do *masking release* em uma população de adultos com audição normal. A significância desses dados foi avaliada por meio da análise de variância, utilizando-se o modelo linear geral de efeitos mistos, onde a frequência de modulação foi designada como o efeito fixo e os participantes foram designados como o efeito aleatório, contando

com medições repetidas entre participantes e entre pares de condição. Foi utilizado o teste F, com nível de significância de 95%, para verificar o efeito da frequência de modulação. A comparação Pairwise entre as frequências de modulação foi ajustada para comparações múltiplas, através da comparação das médias dos limiares de cada taxa de modulação.

RESULTADOS

As médias dos limiares de reconhecimento de sentenças nas diferentes condições de mascaramento estão apresentados na Figura 1.

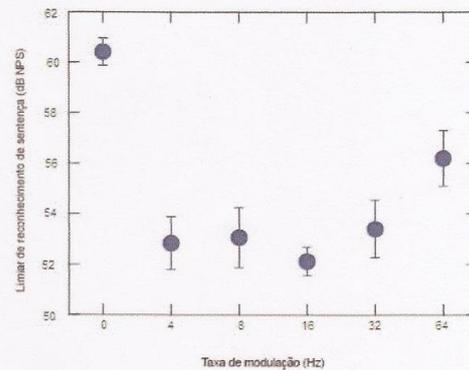


Figura 1. Média dos limiares de reconhecimento de sentença em função da frequência de modulação do ruído

Os limiares de reconhecimento de sentenças foram descritos em função da taxa da modulação do ruído, denominando-se 0 Hz o ruído estável. Observou-se que os limiares de reconhecimento de sentenças em presença de ruído estável (0 Hz) apresentaram valores maiores ($M=60,42$ dB NPS). Com relação aos limiares de reconhecimento de sentenças em presença de ruído modulado, foram obtidas as médias $M=52,84$ dB NPS, $M=53,06$ dB NPS, $M=52,12$ dB NPS e $M=53,40$ dB NPS para a modulação de 4 Hz, 8 Hz, 16 Hz e 32 Hz, respectivamente. Para a modulação em 64 Hz, foram observados valores de limiares maiores do que os das demais modulações ($M=56,20$ dB NPS). No entanto, menores, quando comparados aos valores obtidos em presença de ruído estável (Tabela 1).

Na análise da comparação das médias dos limiares de reconhecimento de sentenças obtidos em presença de ruído modulado, por frequência de modulação, verificamos que o efeito da frequência de modulação foi significativo ($F(5,6.5) = 207,4$; $p < 0,01$) (Tabela 2).

A comparação Pairwise entre as frequências de modulação, ajustada para comparações múltiplas, resultou no seguinte padrão ($p < 0,05$): todos os limiares obtidos em presença de ruído modulado (entre 4 Hz e 64 Hz) foram melhores do que

Tabela 1. Limiares de reconhecimento de sentenças em presença de ruído modulado em diferentes taxas

Taxa de modulação do ruído	Média (dB NPS)	DP	Valor mínimo	Valor máximo
0 Hz	60,42	0,242	59,749	61,091
4 Hz	52,84	0,464	51,551	54,129
8 Hz	53,06	0,534	51,576	54,544
16 Hz	52,12	0,254	51,415	52,825
32 Hz	53,40	0,509	51,987	54,813
64 Hz	56,20	0,492	54,834	57,566

Legenda: DP = desvio-padrão

Tabela 2. Comparação entre os limiares médios de reconhecimento de sentenças obtidos em presença de ruído com diferentes taxas de modulação

Taxa de modulação (Hz)	Taxa de modulação (Hz)	Diferença média	DP	Significância**
0	4	7,58*	0,398	0,000
	8	7,36*	0,587	0,000
	16	8,30*	0,350	0,000
	32	7,02*	0,563	0,000
	64	4,22*	0,548	0,000
4	0	-7,58*	0,398	0,000
	8	-0,22	0,708	0,764
	16	0,72	0,529	0,221
	32	-0,56	0,689	0,440
8	0	-7,36*	0,587	0,000
	4	0,22	0,708	0,764
	16	0,94	0,649	0,221
	32	-0,34	0,738	0,657
16	0	-8,30*	0,350	0,000
	4	-0,72	0,529	0,221
	8	-0,94	0,649	0,221
	32	-1,28	0,569	0,066
32	0	-4,08*	0,554	0,000
	4	-7,02*	0,563	0,000
	8	0,56	0,689	0,440
	16	0,34	0,738	0,657
64	0	1,28	0,569	0,066
	4	-2,80*	0,742	0,020
	8	-4,22*	0,548	0,000
	16	3,36*	0,676	0,001
64	8	3,14*	0,726	0,003
	16	4,08*	0,554	0,000
	32	2,80*	0,742	0,020

* Valores significativos ($p < 0,05$) – Teste F

** ajustado para comparações múltiplas

Legenda: DP = desvio-padrão

os limiares obtidos em presença do ruído estável; os limiares obtidos em presença de ruído modulado entre 4 Hz e 32 Hz não diferiram entre si; os limiares obtidos em presença de ruído modulado em 64 Hz diferiram dos limiares obtidos com uso das demais modulações.

Na análise dos resultados dos limiares de reconhecimento de sentenças em presença de ruído estável e modulado, expressos em função da relação sinal/ruído (RSR) e magnitude do *masking release*, observou-se menor RSR para o ruído estável (0 Hz) e para o ruído modulado, em 64 Hz. Para os ruídos modulados em 4 Hz, 8 Hz, 16 Hz e 32 Hz, a RSR foi maior, porém não houve diferença entre eles (Tabela 3).

Com relação aos resultados do *masking release*, constatamos maiores valores para os ruídos com modulação entre 4 Hz e 32 Hz e menores valores para modulação de 64 Hz. Esse padrão indica a presença do *masking release* em todas as modulações testadas, com magnitude reduzida, entretanto, quando foi utilizada a modulação de 64 Hz, em comparação com as modulações entre 4 Hz e 32 Hz (Tabela 3).

Tabela 3. Valores da relação sinal/ruído (RSR) e do *masking release* em diferentes taxas de modulação do ruído mascarante

Taxa de modulação do ruído (Hz)	RSR (dB)	<i>Masking release</i> (dB)
0	- 4,58	--
4	- 12,16	7,58
8	- 11,95	7,37
16	- 12,88	8,20
32	- 11,60	7,02
64	-8,8	4,22

DISCUSSÃO

Sabe-se que a diferença no desempenho do reconhecimento da fala em presença de ruído varia de acordo com a natureza do ruído mascarante^(2,9,13,14). No que se refere à modulação do ruído, esta pode ser de espectro de frequência ou de amplitude em função do tempo^(12,14,21,24).

Nos ruídos com modulação de espectro de frequência, o que ocorre é que o espectro da fala do ruído oscila e, em alguns momentos, diverge do espectro de frequência da fala alvo. Embora alguns segmentos da fala alvo possam ser completamente mascarados pelo ruído modulado em frequência, outros não são. Os segmentos não mascarados são mais facilmente percebidos pelo ouvinte e ajudam a melhorar o desempenho no reconhecimento da fala alvo. Existe, portanto, a diminuição no valor da relação sinal/ruído, ou seja, o limiar de reconhecimento da fala em presença de ruído modulado diminui, quando comparado ao limiar de reconhecimento da fala em presença de ruído estável⁽²⁴⁾.

Quando a modulação é na amplitude do ruído ao longo do tempo, a intensidade do ruído é que oscila, permitindo que o

ouvinte perceba mais informações da fala alvo nos momentos de intensidades mais baixas. Mais uma vez, o limiar de reconhecimento da fala diminui, quando comparado ao limiar determinado em presença de ruído estável. Como mencionado anteriormente, essa melhora no desempenho do reconhecimento da fala em presença de ruídos modificados, em sua natureza, é chamada de *masking release*, na língua inglesa^(10,13-21,23).

A modulação do ruído pode ainda divergir em relação a seu "formato". Pesquisas vêm utilizando modulação sinusoidal e modulação quadrática. Estudos mostram que, nos casos em que a modulação é sinusoidal, há menos aproveitamento da diminuição do nível da amplitude do ruído, fazendo com que o ouvinte perceba menos pistas acústicas da fala alvo. Nos casos em que a modulação é quadrática, o ouvinte consegue perceber maior quantidade de pistas de fala e apresentar melhor desempenho no reconhecimento da fala^(12-14,21,24).

Neste estudo, foi utilizado o ruído modulado em amplitude e de formato quadrático (*squared-shaped noise*). Os resultados aqui encontrados, quando comparados aos resultados de um estudo que utilizou ruído modulado sinusoidalmente em 10 Hz⁽²⁾, mostraram maior magnitude do *masking release* para o ruído quadrático. O estudo de Hall e colaboradores mostra a magnitude do *masking release* em torno de 5 dB e a magnitude aqui encontrada foi em torno de 7/8 dB.

Um estudo⁽¹⁾ demonstrou benefícios de 4 a 8 dB para tarefas de reconhecimento de sentenças, em ouvintes com audição normal. Em outro estudo⁽²²⁾, observou-se melhora no reconhecimento de sentenças para ouvintes normais, com limiares que variaram de 6 a 10 dB. Dois estudos, em 2006^(17,18), relataram magnitudes do *masking release* entre 15 e 25 dB. É importante salientar que a magnitude do benefício do mascaramento modificado é também indicada pelo aumento da relação sinal/ruído⁽²²⁾ (Tabela 3).

Neste estudo, ao se investigar o efeito da taxa de modulação na magnitude do *masking release*, observou-se maior magnitude para modulações entre 4 Hz e 32 Hz, demonstrando tendência ao melhor desempenho de reconhecimento de sentenças em presença de ruídos mascarantes com menores taxas de modulação. Esses resultados são consistentes aos descritos na literatura, desde os primeiros estudos na área⁽³⁰⁾ até estudos mais recentes⁽¹³⁾.

Uma explicação para esses achados é que ruídos com alta taxa de modulação se assemelham, em características perceptuais, a ruídos estáveis, pois o tempo em que o ouvinte pode se beneficiar da menor intensidade do ruído é curto, dificultando a percepção das pistas acústicas de fala⁽²⁰⁾. Seguindo esse raciocínio, quanto maior for a taxa de modulação, menos pistas acústicas são percebidas pelo ouvinte, pois os intervalos de tempo em intensidade mínima são menores. Consequentemente, a magnitude do *masking release* diminui.

Um estudo desenvolvido em 1950, já apresentou melhor desempenho no reconhecimento da fala em presença de ruído mascarante com taxa baixa de modulação – 10 Hz⁽³⁰⁾. Os autores

observaram que os limiares de reconhecimento de fala são semelhantes para ruído mascarante estável e ruídos mascarantes com alta taxa de modulação. Os resultados do presente estudo concordam com o padrão descrito no estudo mencionado anteriormente⁽³⁰⁾, ou seja, para o ruído mascarante estável e para o ruído mascarante com modulação de 64 Hz, observou-se que os limiares de reconhecimento de fala foram maiores do que ruídos com outras modulações.

Os resultados obtidos com uso de ruído com modulação de 4 Hz, 8 Hz, 16 Hz e 32 Hz, não tiveram diferença significativa entre si e mostraram-se semelhantes ao que se tem observado quando se utiliza a modulação de 10 Hz^(2,8,13,19). No que diz respeito à análise da relação sinal/ruído (Tabela 3), constatou-se que a RSR pode ser utilizada para se observar e comparar a magnitude do *masking release*.

CONCLUSÃO

Os achados do estudo são pioneiros no que diz respeito ao reconhecimento de sentenças do HINT-Brasil em presença de ruído com diferentes modulações de amplitude. Com este estudo foi possível concluir que a magnitude do *masking release* para sentenças não se diferencia com taxas de modulação em amplitude entre 4 Hz e 32 Hz. No entanto, quando a taxa é elevada a 64 Hz, a magnitude do *masking release* diminui.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o auxílio do Professor Dr. John H. Grose, da Universidade da Carolina do Norte em Chapel Hill. Essa pesquisa foi financiada por parte do fomento concedido pelo Instituto Nacional de Saúde nos Estados Unidos (*U.S. National Institutes of Health - R03-DC012278*) ao Dr. John H. Grose.

REFERÊNCIAS

1. Festen JM, Plomp R. Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. *J Acoust Soc Am*. 1990;88(4):1725-36.
2. Hall JW, Buss E, Grose JH, Roush PA. Effects of age and hearing impairment on the ability to benefit from temporal and spectral modulation. *Ear Hear*. 2012;33(3):340-8.
3. Brungart DS. Informational and energetic masking effects in the perception of two simultaneous talkers. *J Acoust Soc Am*. 2001;109(3):1101-9.
4. Brungart DS, Simpson BD, Scott KR, Ericson MA. Informational and energetic masking effects in the perception of multiple simultaneous talkers. *J Acoust Soc Am*. 2001;110(5):2527-38.
5. Freyman RL, Balakrishnan U, Helfer KS. Effect of number of masking talkers and auditory priming on informational masking in speech recognition. *J Acoust Soc Am*. 2004;115(5):2246-56.
6. Jacob RTS, Monteiro NFG, Molina SV, Bevilacqua MC, Lauris JRP, Moret ALM. Percepção da fala em crianças em situação de ruído. *Arq Int Otorrinolaringol*. 2011;15(2):163-7.
7. Bernstein JG, Grant KW. Auditory and auditory-visual intelligibility of speech in fluctuating maskers for normal-hearing and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am*. 2009;125(5):3358-72.
8. Buss E, Hall JW3rd, Grose JH. Spectral integration of synchronous and asynchronous cues to consonant identification. *J Acoust Soc Am*. 2004;115(5):2278-85.
9. Gustafsson HA, Arlinger SD. Masking of speech by amplitude-modulated noise. *J Acoust Soc Am*. 1994;95(1):518-29.
10. Nelson PB, Jin SH, Carney AE, Nelson DA. Understanding speech in modulated interference: cochlear implant users and normal hearing listeners. *J Acoust Soc Am*. 2003;113(2):961-8.
11. Anderson ES, Nelson DA, Kreft H, Nelson PB, Oxenham AJ. Comparing spatial tuning curves, spectral ripple resolution, and speech perception in cochlear implant users. *J Acoust Soc Am*. 2011;130(1):364-75.
12. Buss E, Whittle LN, Grose JH, Hall JW3rd. Masking release for words in amplitude-modulated noise as a function of modulation rate and task. *J Acoust Soc Am*. 2009;126(1):269-80.
13. Buss E, He S, Grose JH, Hall JW3rd. The monoaural temporal window based on masking period pattern data in school-aged children and adults. *J Acoust Soc Am*. 2013;133(3):1586-97.
14. Füllgrabe C, Berthommier F, Lorenzi C. Masking release for consonant features in temporally fluctuating background noise. *Hear Res*. 2006;211(1-2):74-84.
15. Stuart A, Phillips DP. Word recognition in continuous and interrupted broadband noise by young normal-hearing, older normal-hearing, and presbycusis listeners. *Ear Hear*. 1996;17(6):478-89.
16. Summers V, Molis MR. Speech recognition in fluctuating and continuous maskers: effects of hearing loss and presentation level. *J Speech Lang Hear Res*. 2004;47(2):245-56.
17. Rhebergen KS, Versfeld NJ, Dreschler WA. Extended speech intelligibility index for the prediction of the speech reception threshold in fluctuating noise. *J Acoust Soc Am*. 2006;120(6):3988-97.
18. George EL, Festen JM, Houtgast T. Factors affecting masking release for speech in modulated noise for normal-hearing and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am*. 2006;120(4):2295-311.
19. Desloge JG, Reed CM, Braida LD, Perez ZD, Delhomme LA. Speech reception by listeners with real and simulated hearing impairment: effects of continuous and interrupted noise. *J Acoust Soc Am*. 2010;128(1):342-59.
20. Lorenzi C, Husson M, Ardoint M, Debruelle X. Speech masking release in listeners with flat hearing loss: effects of masker fluctuation rate on identification scores and phonetic feature reception. *Int J Audiol*. 2006;45(9):487-95.
21. Sheff S, Yost WA. Discrimination of start phase with sinusoidal envelope modulation. *J Acoustic Soc Am*. 2007;121(2):84-9.
22. Kwon BJ, Perry TT, Wilhelm CL, Healy, EW. Sentence recognition in noise promoting or suppressing masking release by normal-hearing and cochlear-implant listeners. *J Acoust Soc Am*. 2012;131(4):3111-9.

23. Nilsson M, Soli SD, Sullivan, JA. Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *J Acoust Soc Am.* 1994;95(2):1085-99.
24. Grose JH, Mamo SK, Hall JW3rd. Age effects in temporal envelope processing: speech unmasking and auditory steady state responses. *Ear Hear.* 2009;30(5):568-75.
25. Bevilacqua MC, Banbara MR, Da Costa EA, Vignoly AB, Alvarenga KF. The Brazilian Portuguese hearing in noise test. *Int J Audiol.* 2008;47(6):364-5.
26. American National Institute (ANSI). (2004). American National Standard Specification for Audiometers. ANSI S3.6-2004. New York: ANSI, 2004.
27. Wetherill GB, Levitt H. Sequential estimation of points a psychometric function. *Br J Math Stat Psychol.* 1965;18:1-10.
28. Levitt H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. *J Acoust Soc Am.* 1971;49(2):467-77.
29. Bode DL, Carhart R. Measurements of articulation functions using adaptive test procedures. *IEE Trans Audiol Electroacoustic.* 1973;21:196-201.
30. Miller GA, Licklider JCR. The intelligibility of interrupted speech. *J Acoust Soc Am.* 1950;22(2):167-73.

ANEXO A – Certificado da Apresentação Oral em Congresso



21º CONGRESSO BRASILEIRO
2º IBERO-AMERICANO
FONOAUDIOLOGIA
CICLO DE VIDA
 22-25.09.2013 • ENOTEL RESORT & SPA
 PORTO DE GALINHAS - PE

CERTIFICADO

Certificamos que o trabalho **EFFECT OF MODULATION RATE ON MASKING RELEASE FOR SPEECH** de autoria de **Advíncula, K.P.; Menezes, D.C.; Pacifico, F.A.; Griz, S.M.S.**, foi apresentado na forma de Apresentação Oral no **21º Congresso Brasileiro e 2º Ibero-Americano de Fonoaudiologia**, realizado de 22 de setembro a 25 de setembro de 2013, no ENOTEL Resort - Porto de Galinhas-PE.

Porto de Galinhas, 25 de Setembro de 2013.


 Dr. José Márcio de Fátima
PRESIDENTE DO EVENTO


 Dr. Marilda Carolina Junil
DIRETORA GERAL


 Dr. Hélio Justino
DIRETOR GERAL

REALIZAÇÃO


PATROCÍNIO GERAL


PATROCÍNIO PRATA


APOIO





ANEXO B – Aprovação do Comitê de Ética Brasileiro



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
Comitê de Ética em Pesquisa

Av. da Engenharia, s/n – 1º andar – Sala 4 – Cidade Universitária
50.670-901 Recife – PE, Tel/fax: 81. 2126.8588 – cepces@ufpe.br

Ofício nº. 277/2012 - CEP/CCS/UFPE

Recife, 24 de maio de 2012

À

Dra. Denise Costa Menezes

Departamento de Fonoaudiologia/CCS/UFPE

Registro CONEP: 16.750

Registro do SISNEP FR – 457996

CAAE – 0401.0.172.000–11

Registro CEP/CCS/UFPE Nº 415/11

Título: “**Mascaramento temporal e reconhecimento de fala no sistema auditivo senescente**”.

Pesquisador Responsável: Denise Costa Menezes

Senhor (a) Pesquisador (a):

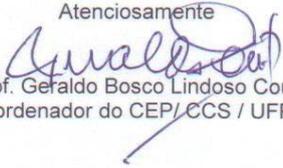
Informamos que a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 196/96, analisou o protocolo em epígrafe e emitiu o seguinte parecer: **PROTOCOLO APROVADO - PARECER Nº 233/2012**. Dessa forma, este Comitê **libera** o protocolo para início da coleta de dados em **16 de maio de 2012**.

Ressaltamos que a aprovação definitiva do projeto será dada após a entrega do **relatório final**, conforme as seguintes orientações:

- a) Projetos com, no máximo, 06 (seis) meses para conclusão: o pesquisador deverá enviar apenas **um relatório final**;
- b) Projetos com períodos maiores de 06 (seis) meses: o pesquisador deverá enviar **relatórios semestrais**.

Dessa forma, o ofício de aprovação somente será entregue após a análise do relatório final.

Atenciosamente


Prof. Geraldo Bosco Lindoso Couto
Coordenador do CEP/CCS / UFPE

ANEXO C – Aprovação do Comitê de Ética Americano



THE UNIVERSITY
of NORTH CAROLINA
at CHAPEL HILL

OFFICE OF HUMAN RESEARCH ETHICS
Medical School Building 52
Mason Farm Road
CB #7097
Chapel Hill, NC 27599-7097
(919) 966-3113
Web site: ohre.unc.edu
<https://my.research.unc.edu> for IRB status
Federalwide Assurance (FWA) #4801

To: John Grose
Otolaryngology (Ent)
CB: 7070

From: Biomedical IRB

Approval Date: 6/13/2011
Expiration Date of Approval: 6/11/2012

RE: Notice of IRB Approval by Expedited Review (under 45 CFR 46.110)
Submission Type: Initial
Expedited Category: 4.Noninvasive clinical data
Study #: 11-1113

Study Title: Temporal Masking and Speech Recognition in the Aging Auditory System: US-Brazil
Sponsors: National Institutes of Health (NIH)

This submission has been approved by the above IRB for the period indicated. It has been determined that the risk involved in this research is no more than minimal.

Study Description:

Purpose: This study seeks to investigate age-related changes in speech perception abilities in complex backgrounds, with a particular interest in temporal processing abilities. Participants: Normal hearing listeners, ages 18 - 85 years of age, will undergo testing in a sound proof booth using headphones. Procedures (methods): There are three tasks associated with this research study: 1) press a button when a target stimulus is heard; 2) repeat sentences aloud as they are heard; 3) listen passively while auditory evoked potentials are recorded from the scalp.

Regulatory and other findings:

Social security numbers (SSN) may be collected for this study for tax identification purposes. The subject is required to disclose his/her SSN in order to receive the incentive payment(s).

Investigator's Responsibilities:

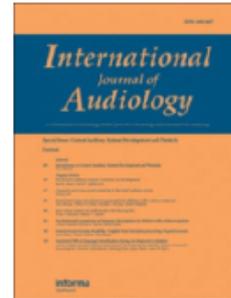
Federal regulations require that all research be reviewed at least annually. It is the Principal Investigator's responsibility to submit for renewal and obtain approval before the expiration date. You may not continue any research activity beyond the expiration date without IRB approval. Failure to receive approval for continuation before the expiration date will result in automatic termination of the approval for this study on the expiration date.

IF YOU SUBMITTED ON PAPER, enclosed are stamped copies of approved consent documents and other recruitment materials (when applicable). You must copy the stamped consent forms for

ANEXO D – Normas do Periódico Internacional *Journal of Audiology*

International Journal of Audiology Instructions for Authors

The *International Journal of Audiology* invites (in English only) as follows: **Original Articles** embracing all aspects of hearing, hearing loss, and related disorders. In addition, **Clinical Notes** and **Technical Reports** presenting preliminary results from pilot studies, descriptions of new technology, or case studies are welcomed. **Discussion Papers** with editorial comments following the paper as well as **Letters to the Editor** are also encouraged. It is assumed that the submitted material will provide significant contributions/advances in scientific and clinical knowledge.



Submitted manuscripts are subject to editorial review and are received with the explicit understanding that they are not under simultaneous consideration by any other publication. Submission of a manuscript to the *International Journal of Audiology* is taken as evidence that no portion of the text or figures has been copyrighted, published, or submitted for publication elsewhere unless information regarding previous publication is explicitly cited and permission obtained. A copy of such permission must accompany the submitted manuscript.

Reports concerning studies involving human or animal test subjects should include a statement regarding approval of an ethical committee. Authors should identify any concerns about possible conflicts of interest concerning the study being reported.

Authors are expected to have consulted statistical expertise as required in order to apply suitable statistical methods in assessing results of studies reported.

Manuscript Preparation

MS Word or Word Perfect should be used for the text. MS Word or MS PowerPoint, EPS, or JPG should be used for figures, and MS Excel for tables. PDF files will not be accepted for the main document. The review process will make use of electronic transmission of manuscripts to reviewers.

Manuscripts should be typed double-spaced with 2.5-cm (1-inch) margins on only one side of each A4 (or 8½ × 11 inch) page. Headings, including up to three levels of subheadings, should be used to designate the major sections of the article. Pages should be numbered consecutively in the upper right-hand corner. The surname of the first author should appear on the upper left-hand corner, followed by a brief running title. *Authors are encouraged to propose up to five names and email addresses of possible referees for their paper.*

Either British or American English may be used, but the version chosen must be consistent throughout the manuscript.

Title Page. The first page of each manuscript should include the following: title of the article; names of all authors in full without academic degrees; institutional affiliations of each author (superscript letters should be used to link authors to affiliations); a short list of key words reflecting the content; a list of acronyms and abbreviations with their meanings spelled out; and the full postal address as well as the E-mail address of the corresponding author.

Abstract. An abstract of **NO MORE THAN** 200 words should precede each article, including review articles, using the following headings: **Objective, Design, Study Sample, Results, Conclusions.**

Text. The text of the manuscript should be double spaced and left justified, with the first line of each paragraph flush with the margin. Paragraphs should be separated by one double line space.

Acknowledgements and Declaration of Interest. If the article was presented at a professional meeting, include the full title, date, and location of the meeting. Acknowledgments, grant numbers, and supporting agencies should also be listed. This information should be included in a separate section at the end of the text, before the references. Please see below for more information.

Tables. Tables should be numbered consecutively using arabic numerals and typed on separate pages. Each table should have a brief but sufficiently detailed explanatory title. All tables must be cited in the text in numerical order.

Figures. All figures should be numbered consecutively in the order in which they appear in the manuscript. Legends should be prepared on a separate page following the main text and tables, and explain each figure in detail. If color figures are submitted they will appear in the online version at no charge to the authors. Color charges for the print version will be borne by the authors. Original artwork should be in the form of high-quality electronic format. Any identifiable photographs of patients must be accompanied by a release form signed by the patient. All figures must be cited in the text in numerical order.

Figure files should be kept as separate files, in TIF, EPS, PDF or JPG format. Providing these formats will guarantee that the quality of the graphics is good throughout the publishing process, if provided with sufficient resolution. Photographic illustrations should be rendered with at least 300 DPI; please use CMYK colour conversion if possible. Graphs made with Office software such as Microsoft Excel, can be provided in their original format to facilitate conversion into printable format with preserved quality. Any other line graphs/illustrations should preferably be provided in EPS format with a resolution of at least 600 DPI to prevent ragged lines when printed.

References. The maximum number of references is 40. The reference system shall essentially follow the Harvard style but with some exceptions, the main one being the use of abbreviated journal names according to MEDLINE (see <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>). Authors are encouraged to look at a current version of the journal for examples.

References must be cited in the text using name(s) of author(s) and year of publication. Examples: Anderson (1995); (Anderson & Jones, 1998). When a work has three or more authors, cite only the first author followed by et al and the year. The list of references should be in alphabetical order and written double-spaced on a separate page at the end of the main text.

References to journals should include (in this order): all authors' names with initials for up to five authors or, for six or more, the first five authors followed by: et al; year of publication; article title; journal name in italics, abbreviated according to Index Medicus; volume number; and inclusive page numbers. An example is given below:

Litovsky, R.Y., Johnstone, P.M., Godar, S.P. 2006. Benefits of bilateral cochlear implants and/or hearing aids in children. *Int J Audiol*, 45, 3-11.

References to books should include (in this order): authors' names as above; year of publication; chapter title; editors' names with initials (as applicable); book title and

edition; city; publisher; year of publication; and inclusive page numbers. Examples are given below.

Valente, M. & Valente, L.M. (2008). Earhooks, tubing, earmolds, and shells. Valente, Hosford-Dunn, Roeser (eds.) *Audiology Treatment: Second Edition*. New York: Thieme, pp. 36 - 71.

Luxon, LM. & Prasher, D. (eds.) 2007. *Noise and it's effects*. Chichester, England: John Wiley & Sons.

The corresponding author is responsible for ensuring that the references are complete and correct. When a revised manuscript is returned, authors shall certify that all references cited in the text are included and quoted correctly in the list of references. Manuscripts submitted to another publication, but not yet accepted, should be cited in the text as unpublished data (in parentheses) and not included in the reference list. References to manuscripts accepted but not yet published are discouraged, but when they are required should be included in the reference list, followed by "in press".

References should be left justified, with one line space between consecutive references.

Abbreviations. Abbreviations, such as Hz, kHz, etc should be consistent throughout the text of the manuscript. Exceptions can be made for tables and figures if necessary.

Supplementary Materials. Supplementary materials submitted with the manuscript, such as appendices, copies of questionnaires and test materials, or sound files of stimuli used in the study can be posted on the IJA website at www.informahealthcare.com/ija if the paper is accepted for publication. Any supplemental materials should be submitted as separate files. Please make sure to insert proper references to any material posted online, as this will be the responsibility of the author. Please include the following information where appropriate "supplementary figure/table/material available in the online version of the journal. Please find this material with the direct link to the article at: [http://www.informaworld.com/\(DOI number\)](http://www.informaworld.com/(DOI number)).

Manuscript Types: Descriptions and Typical Sizes. While the size of submissions will vary, the typical paper is 8-10 printed pages. Based on this, the following are guidelines for submissions:

- a. **Original papers**—present novel and unique data, new findings or creative concepts on important audiology issues (4500-5000 words with 3-5 figures/tables).
- b. **Discussion papers**—present topics that are controversial or challenging. Reviewer comments follow the published paper and author responses to the review comments follow the reviewer comments (6000-6500 words with 3-5 figures/tables).
- c. **Clinical Notes**—present unique or exceptional clinical cases with important/significant findings in audiology (2500-3000 words with 2-4 figures/tables).
- d. **Technical Reports**—present clinically relevant technical information about new hardware or processing strategies (2500-3000 words with 2-4 figures).
- d. **Letters to the editor**—responses to previously published papers, or comments on important topics/issues (1200 words).

It is important that authors make all efforts to keep their submissions succinct and prepare their work with the minimal size submission. Please note that authors will be charged an excessive page charge of \$200 USD for each printed page in excess of 8 - 9 pages. Authors who are unable to pay these charges, can contact the Editor-in-Chief to request an exemption.

Page proofs: 4 - 8 weeks after a manuscript has been accepted, page proofs are sent by the publisher to the corresponding author and should be returned with the least possible delay (usually within 48 hours of receipt).

Authors' responsibility. The *International Journal of Audiology* is not responsible for the statements made or the views put forward in the various papers, nor does it endorse any of the products or materials herein advertised.

Acknowledgments and Declaration of Interest sections

Acknowledgments and Declaration of interest sections are different, and each has a specific purpose. The Acknowledgments section details special thanks, personal assistance, and dedications. Contributions from individuals who do not qualify for authorship should also be acknowledged here. Declarations of interest, however, refer to statements of financial support and/or statements of potential conflict of interest. Within this section also belongs disclosure of scientific writing assistance (use of an agency or agency/ freelance writer), grant support and numbers, and statements of employment, if applicable.

Acknowledgments section

Any acknowledgments authors wish to make should be included in a separate headed section at the end of the manuscript preceding any appendices, and before the references section. Please do not incorporate acknowledgments into notes or biographical notes.

Declaration of Interest section

All declarations of interest must be outlined under the subheading "Declaration of interest". If authors have no declarations of interest to report, this must be explicitly stated. The suggested, but not mandatory, wording in such an instance is: *The authors report no declarations of interest*. When submitting a paper via ScholarOne Manuscripts, the "Declaration of interest" field is compulsory (authors must either state the disclosures or report that there are none). If this section is left empty authors will not be able to progress with the submission.

Please note: for NIH/Wellcome-funded papers, the grant number(s) must be included in the Declaration of Interest statement.

Click here to view our full [Declaration of Interest Policy](#).

Submitting a Manuscript

The International Journal of Audiology reserves the right to retain any manuscripts submitted and cannot assume responsibility for loss of manuscripts. Therefore, authors should retain a complete copy of the manuscript, including figures and tables.

All manuscripts should be submitted electronically through <http://mc.manuscriptcentral.com/tija>. The review process will make use of electronic transmission of manuscripts to reviewers.

Please contact the Editor-in-Chief for all author queries:

Ross J. Roeser, Editor-in-Chief

UTD/Callier Center for Communication Disorders 1966 Inwood Road,

Dallas, TX 75235 USA Tel: + 1 214 905 3001 Fax: +1 214 905 3022

E-mail: editor-ija@utdallas.edu