



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA  
REDE NORDESTE EM BIOTECNOLOGIA (RENORBIO)**

**MÔNÝKA FERREIRA BORGES ROCHA**

**EFEITO DO MASCARAMENTO MODULADO NA AVALIAÇÃO DOS  
POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS E NOS LIMIARES  
AUDITIVOS COMPORTAMENTAIS**

**MACEIÓ-AL  
2024**

MÔNÝKA FERREIRA BORGES ROCHA

**EFEITO DO MASCARAMENTO MODULADO NA AVALIAÇÃO DOS  
POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS E NOS LIMIARES  
AUDITIVOS COMPORTAMENTAIS**

Tese de Doutorado submetida à avaliação da banca examinadora de defesa do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Biotecnologia.

Área de concentração: Biotecnologia em Saúde.

Linha de pesquisa: Desenvolvimento de agentes profiláticos, terapêuticos e testes diagnósticos.

Orientador: Prof. Dr. Pedro de Lemos Menezes

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Karina Paes Advíncula

MACEIÓ-AL  
2024

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

R672e Rocha, Mônia Ferreira Borges.  
Efeito do mascaramento modulado na avaliação dos potenciais evocados  
auditivos corticais e nos limiares auditivos comportamentais / Mônia Ferreira  
Borges Rocha. – 2024.  
139 f. : il.

Orientador: Pedro de Lemos Menezes.

Co-orientadora: Karina Paes Advíncula.

Tese (Doutorado na Rede Nordeste de Biotecnologia) – Universidade Federal  
de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. RENORBIO. Maceió, 2024.

Bibliografia: f. 101-106.

Apêndices: f. 107-110.

Anexos: f. 111-139.

1. Eletrofisiologia. 2. Potenciais auditivos evocados. 3. Percepção da fala. 4.  
Mascaramento perceptivo. I. Título.

CDU: 602:612.85

MÔNÝKA FERREIRA BORGES ROCHA

**Efeito do mascaramento modulado na avaliação dos potenciais evocados  
auditivos corticais e nos limiares auditivos comportamentais**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO, Ponto Focal Alagoas, Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutora em Biotecnologia, Área de Concentração: Biotecnologia em Saúde.

Aprovada em: 22/11/2024.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente



**PEDRO DE LEMOS MENEZES**

Data: 27/11/2024 15:40:33-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Pedro de Lemos Menezes**

Orientador - Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas - UNCISAL

Documento assinado digitalmente



**KARINA PAES ADVINCULA**

Data: 27/11/2024 14:19:08-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Karina Paes Advíncula**

Co-Orientadora - Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Documento assinado digitalmente



**ADRIANA RIBEIRO TAVARES**

Data: 27/11/2024 08:45:38-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Adriana Ribeiro Tavares**

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – FMRP/USP

Documento assinado digitalmente



**ALEXANDRE URBAN BORBELY**

Data: 26/11/2024 21:08:52-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Alexandre Urban Borbely**

Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Documento assinado digitalmente



**ALYSSON WAGNER FERNANDES DUARTE**

Data: 27/11/2024 08:22:42-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Alysson Wagner Fernandes Duarte**

Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Documento assinado digitalmente



**ANA CLAUDIA FIGUEIREDO FRIZZO**

Data: 27/11/2024 14:13:56-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Ana Claudia Figueiredo Frizzo**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP

Dedico esta tese à Yokoama, minha mãe, amor da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Deus, por tanta graça e amor que me cercam todos os dias.

Aos meus pais, Yokoama e Edvaldo, pelo amor incondicional e sacrifícios feitos para que eu pudesse chegar até aqui.

Ao meu companheiro, Clécio Rocha, por todo o apoio, compreensão e cuidado em toda essa trajetória do doutorado. Obrigada, meu amor.

Às minhas irmãs e melhores amigas, Monalysa e Myllenna, por me apoiarem em todos os meus passos e permanecerem ao meu lado em todos os momentos.

Aos meus familiares e amigos que participaram desta caminhada, perto ou longe, pelo apoio direto e indireto durante toda essa jornada. Vocês fazem parte desta conquista.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro de Lemos Menezes, por suas excelentes contribuições, orientações e apoio para a construção desta pesquisa.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Karina Advíncula, por me encorajar, apoiar e orientar em todos os processos desta pesquisa. Sempre acreditou em mim.

Às Professoras, Dr<sup>a</sup> Ana Cláudia Frizzo e Dr<sup>a</sup> Marília Goulart por suas inestimáveis contribuições e disponibilidade desde a banca de qualificação até a defesa final.

Ao programa RENORBIO/UFAL e a todos os docentes pelos enriquecedores conhecimentos transmitidos que foram indispensáveis para a minha formação.

Ao Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco, por permitir a utilização do laboratório de audiolgia, essencial para a realização desta pesquisa.

À FAPEAL e à CAPES pelo incentivo à pesquisa.

A cada participante desta pesquisa, que se voluntariou e contribuiu para o avanço dos conhecimentos em eletrofisiologia da audição.

*"Educação não transforma o mundo. Educação muda as  
pessoas. Pessoas mudam o mundo."*

(Paulo Freire, 1979)

## APRESENTAÇÃO

O estudo do mascaramento modulado nas respostas auditivas corticais e comportamentais é o tema central desta tese, que integra um dos requisitos para obtenção do título de doutor pelo programa de Doutorado em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO).

O objetivo de estudo desta tese consiste em compreender os processos temporais da audição relacionados a percepção de fala no ruído, além de investigar o fenômeno do BMM e sua relação com processamento temporal, bem como sua influência nos domínios comportamental e eletrofisiológico da audição.

As produções que compõe esta tese foram organizadas em sessões, sendo inicialmente apresentados com uma introdução a respeito da temática central, seguido da descrição dos objetivos (gerais e específicos) e de um referencial teórico contemplando tópicos principais sobre o reconhecimento da falado ruído (1), processamento auditivo temporal (2), mascaramento temporal (3), benefício do mascaramento modulado (BMM) (4), BMM no domínio comportamental (5) e no domínio eletrofisiológico (6).

À vista disso, o Artigo I apresenta o primeiro produto científico da tese, intitulado “*Effect of modulated masking on cortical auditory evoked potential in normal hearing individuals: a systematic review with meta-analysis*”, publicado na revista *International Archives of Otorhinolaryngology*. Este artigo foi produzido com o propósito de fundamentar os experimentos da tese, objetivando investigar o comportamento dos potenciais evocados auditivos corticais diante do mascaramento com e sem modulação na população de normouvintes, por meio de uma revisão sistemática da literatura com metanálise.

O Artigo II corresponde ao primeiro produto original da tese aceito pela revista *CoDAS*, intitulado “Efeito do mascaramento modulado em medidas eletrofisiológicas e comportamentais”. Este artigo foi originado a partir dos resultados obtidos com a utilização das medidas eletrofisiológicas e comportamentais para investigação do BMM em jovens e adultos com audição normal.

Por fim, o Artigo III, mostra o segundo protudo original da tese, intitulado “*Benefit of modulated masking in hearing according to age*”, publicado na revista *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. Este artigo apresenta os resultados finais da pesquisa, considerando a realização de exames eletrofisiológicos e comportamentais para análise do BMM em diferentes

populações etárias, possibilitando observar a capacidade de processamento auditivo temporal relacionado a percepção de fala no ruído em função da idade.

Ao final dos artigos, as considerações finais são apresentadas ratificando a inovação desta tese, no que diz respeito a obtenção de resultados pioneiros quanto ao efeito da modulação do ruído no processamento auditivo temporal, mais especificamente o BMM em medidas eletrofisiológicas e comportamentais da audição em jovens, adultos e idosos brasileiros.

Por fim, as referências bibliográficas utilizadas na construção da tese são disponibilizadas em tópico, seguidas dos apêndices contruídos para realização da pesquisa e dos anexos correspondentes aos comprovantes de aprovação do comitê de ética e pesquisa, registro do protocolo da revisão sistemática, protocolo de avaliação utilizado na pesquisa, comprovantes das publicações e submissão dos artigos, produções científicas secundárias relacionadas à tese e normas das revistas científicas utilizadas para divulgação dos artigos.

## RESUMO

**Introdução:** O estudo do fenômeno *Masking Release* ou Benefício do Mascaramento Modulado nos domínios eletrofisiológico e comportamental tem possibilitado o aprimoramento de pesquisas a respeito das habilidades do processamento auditivo temporal e o estabelecimento de parâmetros de análise do reconhecimento da fala em situações de ruído. Diante disso, esta pesquisa busca, a partir de evidências, abordar a utilização do Potencial Evocado Auditivo Cortical associado a teste comportamental na investigação do fenômeno da modulação do ruído nos processos de percepção auditiva da fala na população brasileira em diferentes faixas etárias.

**Objetivo:** analisar se o ruído modulado evoca melhores respostas nos potenciais evocados auditivos corticais e melhora os limiares comportamentais quando comparado com o ruído estável. **Metodologia:** a tese foi estruturada em três artigos. No Artigo I é apresentado uma revisão sistemática com metanálise, objetivando investigar o comportamento dos potenciais evocados auditivos corticais frente ao mascaramento modulado na população com audição normal. Nos Artigos II e III estão contidos os produtos originais da tese, produzidos a partir de um estudo analítico, do tipo transversal e observacional, realizado no laboratório de Audiologia do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco. A pesquisa foi composta por 60 indivíduos, entre 18 e 75 anos de idade, de ambos os sexos e com audição normal. Os indivíduos foram submetidos ao protocolo de avaliação do Benefício do Mascaramento Modulado por meio de medidas eletrofisiológica e comportamental. A avaliação eletrofisiológica contou com a utilização do exame de Potencial Evocado Auditivo Cortical com estímulo de fala /ba/ apresentado simultaneamente ao ruído de fala (*Speech Shaped Noise*) em três condições: a) estímulo e ruído estável fraco; b) estímulo e ruído estável forte; c) estímulo e ruído modulado. Foram analisadas morfologia, latência e amplitude das ondas corticais P1, N1 e P2, bem como o limiar eletrofisiológico nas condições de ruído estável e ruído modulado. Na avaliação comportamental foi utilizado teste de reconhecimento de sentença na presença de ruído estável e modulado, utilizando as 12 listas (com 20 sentenças cada) do teste HINT-Brasil, a fim de comparar o efeito da modulação do ruído em ambos os domínios. **Resultados:** No artigo I, o resultado da revisão sistemática apontou melhores respostas no comportamento dos potenciais evocados auditivos corticais diante do mascaramento modulado, expressa pela diminuição da latência e aumento da amplitude. Estes resultados indicaram um menor efeito da modulação do ruído no processamento auditivo cortical, evidenciando o fenômeno do Benefício do Mascaramento Modulado. No artigo II, os resultados de 40 indivíduos normouvintes entre de 18 a 50 anos de idade, mostraram uma menor interferência do ruído modulado nas medidas de latência e amplitude dos componentes corticais, gerando uma redução significativa na latência de P1 e aumento da amplitude de P2 em ambos os grupos de participantes (jovens-adultos e adultos). Além disso, foi observado maior magnitude do Benefício do Mascaramento Modulado no grupo de participantes mais jovens. No artigo III, os resultados apontaram melhores respostas dos limiares auditivos (eletrofisiológico e comportamental), comparado ao ruído estável em todos os grupos de idade. Os idosos apresentaram maior limiar em ambos os domínios da audição, comparado aos demais participantes, bem como, menor magnitude do BMM. **Conclusão:** foi possível concluir diante

dos resultados que o ruído modulado influencia diretamente e positivamente nas respostas corticais do Potencial Evocado Auditivo Cortical, gerando uma menor interferência na magnitude da resposta neural e no tempo de processamento neural para o estímulo de fala. Os maiores limiares auditivos (eletrofisiológico e comportamental) e a menor magnitude do Benefício do Mascaramento Modulado observados no grupo de idosos, mesmo diante da modulação do ruído, sugere um desempenho auditivo temporal inferior nesta população, podendo indicar um déficit na capacidade de resolução temporal, associado ao processo de envelhecimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletrofisiologia; Potenciais evocados auditivos; Percepção da fala; Mascaramento perceptivo.

## ABSTRACT

**Introduction:** The study of the Masking Release phenomenon or Benefit of Modulated Masking in the electrophysiological and behavioral domains has enabled the improvement of research regarding temporal auditory processing abilities and the establishment of parameters for analyzing speech recognition in noise situations. In view of this, this research seeks, based on evidence, to support future studies related to the use of Cortical Auditory Evoked Potential associated with behavioral testing in investigating the phenomenon of noise modulation in the processes of auditory speech perception in the Brazilian population in different age groups.

**Objective:** to analyze whether modulated noise evokes better responses in cortical auditory evoked potentials and improves behavioral thresholds when compared to steady noise.

**Methodology:** In order to support the experiments in this thesis, a systematic review with meta-analysis was initially carried out (Article I), aiming to investigate the behavior of cortical auditory evoked potentials in the face of modulated masking in the population with normal hearing. As for the original research of this thesis, it is an analytical, cross-sectional and observational study, carried out in the Audiology laboratory of the Speech Therapy Department of the Federal University of Pernambuco. The total research population was made up of 60 individuals, young, adults and elderly, between 18 and 75 years of age, of both sexes and with normal hearing. Individuals underwent the Modulated Masking Benefit assessment protocol using electrophysiological and behavioral measures. The electrophysiological assessment included the use of the Cortical Auditory Evoked Potential test with speech stimulus /ba/ presented simultaneously with speech noise (Speech Shaped Noise) in three conditions: a) stimulus and weak steady noise; b) stimulus and strong steady noise; c) stimulus and modulated noise. Morphology, latency and amplitude of cortical waves P1, N1 and P2 were analyzed, as well as the electrophysiological threshold in stable noise and modulated noise conditions. In the behavioral assessment, a sentence recognition test was used in the presence of steady and modulated noise, using the 12 lists (with 20 sentences each) of the HINT-Brazil test, in order to compare the effect of noise modulation in both domains.

**Results:** the result of the systematic review (Article I) showed better responses in the behavior of cortical auditory evoked potentials in the face of modulated masking, expressed by a decrease in latency and an increase in amplitude. These results indicated a smaller effect of noise modulation on cortical auditory processing, highlighting the phenomenon of Modulated Masking Benefit. Partial results from 40 normal-hearing individuals between 18 and 50 years of age (Article II) showed less interference from modulated noise in latency and amplitude measurements of cortical components, generating a significant reduction in P1 latency and an increase in P1 amplitude. P2 in both groups of participants (young adults and adults). Furthermore, a greater magnitude of the Modulated Masking Benefit was observed in the younger group of participants. The final results of the research (Article III) showed better auditory threshold responses (electrophysiological and behavioral), compared to stable noise in all age groups. The elderly presented a higher threshold in both hearing domains, compared to the other participants, as well as a lower BMM magnitude.

**Conclusion:** it was possible to conclude from the results that modulated noise directly and positively influences the cortical responses of the Cortical

Auditory Evoked Potential, generating less interference in the magnitude of the neural response and in the neural processing time for the speech stimulus. The higher auditory thresholds (electrophysiological and behavioral) and the lower magnitude of the Modulated Masking Benefit observed in the elderly group, even in the face of noise modulation, suggest a lower temporal auditory performance in this population, and may indicate a deficit in temporal resolution capacity, associated with the aging process.

**KEYWORDS:** Electrophysiology; Auditory evoked potentials; Speech perception; Perceptual masking.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Revisão de Literatura

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Ilustração de backward, forward masking e simultaneous masking.....                                      | 25 |
| Figura 2 - Ilustração da redução dos limiares auditivos com a modulação do mascaramento....                         | 27 |
| Figura 3 - Ilustração do estímulo de fala com mascaramento estável e com mascaramento modulado.....                 | 28 |
| Figura 4 - Ilustração da morfologia das ondas do PEAC de fala com mascaramento estável e mascaramento modulado..... | 32 |

### Artigo I

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 - Flow diagram of the selection of articles.....                 | 56 |
| Figure 2 - Quantitative analysis of N1 and P2 latency measurements.....   | 57 |
| Figure 3 - Quantitative analysis of N1 and P2 amplitude measurements..... | 58 |

### Artigo II

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Ilustração do estímulo de fala diante das três condições de mascaramento.....                                         | 79 |
| Figura 2 - Benefício do mascaramento modulado (BMM) eletrofisiológico e comportamental para os dois grupos de participantes..... | 80 |
| Figura 3 - Grandes médias das ondas do PEAC para as três condições de mascaramento e em cada grupo de participantes.....         | 81 |

### Artigo III

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 - Grand averages of CAEP waves for the three masking conditions in each age group..... | 99 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## LISTA DE TABELAS

### Artigo I

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Table 1 - Quality assessment of studies according to the adapted Newcastle-Ottawa Scale instrument.....                              | 50 |
| Table 2 - Basic descriptions of included studies.....                                                                                | 51 |
| Table 3 - Description of methodological parameters, results and conclusion of included studies.....                                  | 52 |
| Table 4 - Summary of quantitative results of cortical auditory potentials of the included studies (mean and standard deviation)..... | 55 |

### Artigo II

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Comparação das médias de latência dos componentes P1, N1 e P2 entre as diferentes condições de ruído.....     | 76 |
| Tabela 2 - Comparação das médias de amplitude dos componentes P1, N1 e P2 entre as diferentes condições de ruído.....    | 77 |
| Tabela 3 - Descrição do BMM e limiares eletrofisiológico e comportamental diante do de ruído estável ruído modulado..... | 78 |

### Artigo III

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Table 1 - Results of the latencies of the P1, N1 and P2 components between the different noise conditions in each participant group..... | 96 |
| Table 2 - Results of the amplitudes of the P1 components. N1 and P2 between different noise conditions in each participant group.....    | 97 |
| Table 3 - Results of thresholds (electrophysiological and behavioral) and BMM in each participant group.....                             | 98 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|               |                                                                           |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>BMM</b>    | Benefício do Mascaramento Modulado                                        |
| <b>CINEA</b>  | Congresso Internacional de Eletrofisiologia para Audiologia               |
| <b>CNS</b>    | Conselho Nacional de Saúde                                                |
| <b>DeCS</b>   | Descritores em Ciências da Saúde                                          |
| <b>HINT</b>   | <i>Hearing in Noise Test</i>                                              |
| <b>IHS</b>    | <i>Intelligence Hearing Systems</i>                                       |
| <b>LILACS</b> | <i>American and Caribbean Health Sciences</i>                             |
| <b>LRS</b>    | Limiar de Reconhecimento de Sentenças                                     |
| <b>MeSH</b>   | <i>Medical Subject Headings</i>                                           |
| <b>MoCA</b>   | Avaliação Cognitiva Montreal                                              |
| <b>NOS</b>    | <i>Newcastle-Ottawa Scale</i>                                             |
| <b>PAT</b>    | Processamento Auditivo Temporal                                           |
| <b>PAC</b>    | Processamento Auditivo Cortical                                           |
| <b>PEA</b>    | Potenciais Evocados Auditivos                                             |
| <b>PEAC</b>   | Potencial Evocado Auditivo Cortical                                       |
| <b>PEALL</b>  | Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência                           |
| <b>PEAML</b>  | Potenciais Evocados Auditivos de Média Latência                           |
| <b>PEATE</b>  | Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico                        |
| <b>PRISMA</b> | <i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i> |
| <b>SciELO</b> | <i>Scientific Electronic Library Online</i>                               |

|             |                                                    |
|-------------|----------------------------------------------------|
| <b>TDT</b>  | <i>Tucker-Davis Technologies</i>                   |
| <b>TCLE</b> | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido         |
| <b>UFPE</b> | Universidade Federal de Pernambuco                 |
| <b>SNR</b>  | <i>Signal-to-noise ratio</i>                       |
| <b>SAC</b>  | Sistema Auditivo                                   |
| <b>SSN</b>  | <i>Speech Shaped Noise</i>                         |
| <b>SPSS</b> | <i>Statistical Package for the Social Sciences</i> |
| <b>OMS</b>  | Organização Mundial de Saúde                       |
| <b>ms</b>   | Milissegundos                                      |
| <b>dB</b>   | Decibel                                            |
| <b>NPS</b>  | Nível de pressão sonora                            |
| <b>NA</b>   | Nível de audição                                   |
| <b>SPL</b>  | Sound pressure level                               |
| <b>Hz</b>   | Hertz                                              |
| <b>kHz</b>  | Kilohertz                                          |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|                  |                  |
|------------------|------------------|
| %                | Porcentagem      |
| $\leq$           | Menor igual      |
| $\geq$           | Maior igual      |
| $<$              | Menor            |
| ®                | Marca registrada |
| $\pm$            | Desvio Padrão    |
| =                | Igual            |
| $\mu\text{V}$    | Microvolts       |
| $\text{k}\Omega$ | Kiloohms         |

## SUMÁRIO

|            |                                                               |            |
|------------|---------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b>                                             | <b>18</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>Objetivos</b>                                              | <b>20</b>  |
| 1.1.1      | Objetivo geral                                                | 20         |
| 1.1.2      | Objetivos específicos                                         | 20         |
| <b>2</b>   | <b>REVISÃO DE LITERATURA</b>                                  | <b>21</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>Reconhecimento de fala no ruído</b>                        | <b>21</b>  |
| <b>2.2</b> | <b>Processamento auditivo temporal</b>                        | <b>23</b>  |
| <b>2.3</b> | <b>Mascaramento temporal</b>                                  | <b>25</b>  |
| <b>2.4</b> | <b>Benefício do mascaramento modulado</b>                     | <b>27</b>  |
| 2.4.1      | BMM no domínio comportamental                                 | 29         |
| 2.4.2      | BMM no domínio eletrofisiológico                              | 30         |
| <b>3</b>   | <b>JUSTIFICATIVA</b>                                          | <b>34</b>  |
| <b>4</b>   | <b>ARTIGO I</b>                                               | <b>35</b>  |
| <b>5</b>   | <b>ARTIGO II</b>                                              | <b>59</b>  |
| <b>6</b>   | <b>ARTIGO III</b>                                             | <b>82</b>  |
| <b>7</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>                                   | <b>100</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS</b>                                            | <b>101</b> |
|            | <b>APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO</b>                    | <b>107</b> |
|            | <b>APÊNDICE B – ANAMNESE ESTRUTURADA</b>                      | <b>110</b> |
|            | <b>ANEXO A – PARECER DE APROVAÇÃO DO CEP</b>                  | <b>111</b> |
|            | <b>ANEXO B – REGISTRO DE PROTOCOLO DE REVISÃO SISTEMÁTICA</b> | <b>112</b> |
|            | <b>ANEXO C – AVALIAÇÃO COGNITIVA MONTRAL (MoCA)</b>           | <b>117</b> |
|            | <b>ANEXO D – COMPROVANTE DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO I</b>        | <b>118</b> |
|            | <b>ANEXO E – COMPROVANTE DE ACEITE DO ARTIGO II</b>           | <b>119</b> |
|            | <b>ANEXO F – COMPROVANTE DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO III</b>      | <b>120</b> |
|            | <b>ANEXO G – ANAIS DO III CINEA/2023</b>                      | <b>121</b> |
|            | <b>ANEXO H – CERTIFICADOS DE PÔSTERS (III CINEA/2023)</b>     | <b>125</b> |
|            | <b>ANEXO I – ANAIS DO 39º EIA/2024</b>                        | <b>126</b> |
|            | <b>ANEXO J – CERTIFICADOS DE PÔSTER (39º EIA/2024)</b>        | <b>127</b> |
|            | <b>ANEXO K – NORMAS DAS REVISTAS</b>                          | <b>128</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Na comunicação humana, um dos aspectos importantes relacionado à compreensão da fala refere-se às condições de reconhecimento desse sinal, uma vez que, a presença de ruído ambiental, que compete com sinal a ser ouvido e processado, pode degradar o sinal de fala, tornando-o muitas vezes ininteligível, mesmo para indivíduos com audição normal (BECKER et al., 2011; MEHRAEI et al., 2017). No entanto, sabe-se que embora o mascaramento causado pelo ruído de fundo interfira na capacidade de reconhecimento dos sinais de fala, flutuações acústicas geradas nos envelopes de sinais sonoros e ruídos possibilitam a compreensão da mensagem em indivíduos normouvintes (MIDDLEBROOKS, 2017).

As flutuações do ruído, que podem ocorrer em intensidade ou espectro de frequência, geram uma melhor percepção das pistas acústicas de fala, quando comparado em situações em que o ruído de fundo é estável (DESLOGE et al., 2017). O efeito no reconhecimento de fala causado por tais oscilações no ruído é conhecido como *Masking Release*, e traduzido para o português como Benefício do Mascaramento Modulado – BMM (ADVÍNCULA et al., 2018).

Em outras palavras, o BMM pode ser explicado como o aproveitamento dos momentos de redução dos níveis de mascaramento (mínima intensidade do ruído modulado), proporcionando ao indivíduo ouvinte breves “vislumbres” da informação de fala, e consequentemente uma relação fala-ruído mais favorável, obtendo informações suficientes para realizar a detecção e decodificação do som alvo (BILLINGS et al, 2015).

A magnitude do BMM utilizando material de fala pode ser mensurada a partir da diferença no limiar de reconhecimento de fala entre duas condições de mascaramento, sendo geralmente o ruído estável e ruído modulado, onde o ruído estável é adotado como o valor de referência (KWON et al, 2012).

Em estudos do BMM por meio de testes psicoacústicos, evidenciou-se que o limiar de percepção de fala é tipicamente mais baixo em um mascaramento modulado do que em um mascaramento constante, associando este benefício à capacidade de processamento temporal do indivíduo (DESLOGE et al., 2010; BERNSTEIN et al., 2012; ADVÍNCULA et al., 2013).

Também foi observado em avaliações comportamentais que o BMM quando pesquisado em diferentes faixas etárias, apresentou menor magnitude em idosos, mesmo na presença de audição periférica normal, demonstrando uma menor habilidade de

percepção das pistas acústicas de fala nos pequenos espaços de tempo de flutuação da intensidade do ruído, atribuindo a redução do fenômeno ao processamento auditivo temporal deficiente nesses indivíduos (GIFFORD; BACON; WILLIAMS, 2007; GROSE et al., 2015).

Pesquisas com interesse em realizar testes eletrofisiológicos na investigação do BMM tem observado que tais estudos possuem a capacidade de avaliar a relação do fenômeno com as habilidades de processamento auditivo temporal (ROCHA et al., 2023; MAAMOR; BILLINGS, 2017). A utilização dos Potenciais Evocados Auditivos Corticais (PEAC) tem sido considerada como medida objetiva de avaliação do BMM, fornecendo dados complementares a testes comportamentais e possibilitando também a avaliação do processamento temporal em participantes incapazes de fornecer respostas comportamentais confiáveis (TANNER et al., 2019).

Nesta perspectiva, investigações quanto aos aspectos de processamento auditivo temporal diante de medidas eletrofisiológicas são fundamentais para estudo do BMM, dando importância à relação entre os domínios comportamentais e eletrofisiológicos na avaliação auditiva. À vista disso, o estudo do fenômeno do BMM nos domínios eletrofisiológico e comportamental tem possibilitado o aprimoramento de pesquisas a respeito das habilidades do Processamento Auditivo Temporal, e o estabelecimento de parâmetros de análise do reconhecimento da fala em situações de ruído.

Considerando o PEAC uma medida objetiva que pode ser utilizada para exame do BMM com obtenção de respostas fidedignas especialmente para população idosa, a investigação dessa medida cortical diante do mascaramento em diferentes faixas etárias, permite a obtenção de parâmetros de análise do fenômeno de BMM em função da idade, fornecendo dados relevantes quanto às habilidades de processamento temporal.

Em virtude da inexistência de parâmetros de normalidade para avaliação deste benefício em diferentes faixas etárias e a importância da relação entre os domínios comportamentais e eletrofisiológicos na avaliação auditiva, faz-se necessária a investigação dos aspectos de processamento auditivo temporal diante deste benefício, com medidas eletrofisiológicas paralelo a medidas comportamentais.

Diante disso, esta pesquisa busca, a partir de evidências, fundamentar estudos futuros relacionadas à utilização de métodos eletrofisiológicos e comportamentais na investigação auditiva dos processos relacionados a percepção de fala no ruído na população brasileira de jovens, adultos e idosos.

Para uma melhor compreensão da relevância desta tese, após apresentação dos objetivos, a revisão de literatura a seguir aborda aspectos relacionados aos processos envolvidos no reconhecimento de fala no ruído, habilidades do processamento auditivo temporal, fenômeno do BMM e sua relação com processamento temporal, além da influência deste fenômeno nos domínios comportamental e eletrofisiológico da audição.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Analisar se o ruído modulado evoca melhores respostas nos potenciais evocados auditivos corticais e melhora os limiares comportamentais quando comparado com o ruído estável.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- a) Investigar se as latências e amplitudes das ondas P1, N1 e P2 dos potenciais evocados auditivos corticais são mais precoces e maiores, respectivamente, na presença de ruído modulado, quando comparadas com ruído estável, em jovens, adultos e idosos com audição normal.
- b) Analisar se existem diferenças entre os limiares eletrofisiológicos dos potenciais evocados auditivos corticais na presença de ruído estável e na presença de ruído modulado, para jovens, adultos e idosos com audição normal.
- c) Observar se existem diferenças entre os limiares auditivos comportamentais, na presença de ruído estável e na presença de ruído modulado, em jovens, adultos e idosos com audição normal.
- d) Avaliar se há diferença na magnitude do BMM entre os jovens, adultos e idosos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Reconhecimento de fala no ruído

A audição, um dos principais mecanismos da comunicação, é responsável pela integração dos estímulos sonoros presentes no ambiente, sendo indispensável para o funcionamento deste sentido, a integridade das estruturas e de suas vias periféricas e centrais que compõem o sistema auditivo. Neste sentido, para que o reconhecimento e consequentemente a compreensão de fala aconteça de maneira eficiente, faz-se necessário a integridade da função auditiva (LEITE et al., 2018).

A habilidade de compreensão da fala na comunicação permeia por vários processos organizacionais do cérebro humano, sendo incessantemente estudada por muitos anos, ocupando ainda uma posição desafiadora nas pesquisas da audição. Esta habilidade possibilita o indivíduo comunicar-se de maneira expressiva e receptiva com seus pares, oportunizando sua integração no contexto sociocultural (BUZO; LOPEZ, 2017).

Outro fator importante que está relacionado ao processamento da informação auditiva diz respeito ao aspecto ambiental, onde, situações em que o ruído se torna competitivo a um som ou fala, podem causar alterações significativas nas condições auditivas, tornando-as desfavoráveis e comprometendo este processamento. Em síntese, a presença do ruído ambiental ou competitivo pode interferir e degradar o sinal a ser ouvido e processado, gerando uma informação ininteligível, mesmo para ouvintes com audição normal (MEHRAEI et al., 2017).

O ruído ambiental está presente nas situações mais comuns do cotidiano das pessoas, não necessariamente a ponto de ser prejudicial à audição, porém a ponto de interferir diretamente no processamento e compreensão dos sons e/ou fala, causando prejuízos na comunicação.

Situações em que a presença de ruído no ambiente compete com a mensagem de fala, causando fragmentações e distorções para o ouvinte, produz uma fala conhecida como “fala de baixa redundância”, o que justifica a dificuldade do indivíduo em compreender a mensagem ouvida (GROSE; MAMO; HALL, 2009).

A maneira como o cérebro analisa e interpreta os sons que ouvimos, em situações de ruído ou não, é determinada pelo Processamento Auditivo Central (PAC), que consiste em um conjunto de habilidades e mecanismos que permitem ao indivíduo processar a mensagem ouvida com eficiência (AMARAL; CARVALHO; COLELLA-SANTOS,

2019). Sendo assim, para que a inteligibilidade da fala ocorra de maneira eficiente, é necessário que o reconhecimento das características da mensagem de fala e das características acústicas do ambiente aconteça simultaneamente e de forma integrada.

Estas habilidades e mecanismos que compõem o PAC são responsáveis pela localização sonora, discriminação sonora e reconhecimento auditivo, aspectos temporais da audição envolvendo resolução, mascaramento, integração e sequência temporal, bem como desempenho auditivo com sinais acústicos concorrentes e em situações acústicas desfavoráveis (ALBUQUERQUE; BROCCHI, 2023).

Em situações de escuta competitiva, o PAC permite que o ouvinte foque na mensagem que deseja ouvir, separando-a do ruído de fundo, mesmo que parte da informação tenha sido distorcida; tal condição é mediada pelas habilidades de figura-fundo e fechamento auditivo (NISHIHATA et al., 2012).

A habilidade de figura-fundo permite a seleção de um estímulo auditivo alvo que interessa, na presença de outros estímulos competitivos, ou seja, determina o que é figura (estímulo alvo) e o que é fundo (estímulo competitivo). O fechamento auditivo consiste na capacidade em utilizar a redundância intrínseca (mecanismos do sistema auditivo) e extrínseca (informações do sinal acústico) frente a estímulos auditivos incompletos ou distorcidos, permitindo a compreensão da mensagem completa (CIVITELLA et al., 2020).

A dificuldade em reconhecer a fala em condições de ruído competitivo foi observada em indivíduos jovens com limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade, sendo, esta dificuldade, apresentada de maneira mais frequente com o avanço da idade, como em indivíduos idosos sem a presença de déficits na sensibilidade auditiva (ZHAO; STEPHENS, 2007; DESLOGUE et al., 2010).

Analisar a relação entre os limiares audiométricos e a capacidade de reconhecer os sinais de fala de cada indivíduo é fundamental no processo de avaliação audiológica, considerando as frequentes queixas de dificuldades para reconhecer a fala, principalmente quando expostos em ambientes ruidosos, mesmo em indivíduos considerados audiologicamente normais do ponto de vista quantitativo (BECKER et al., 2011). Desta forma, torna-se necessário refletir sobre de que forma pode-se avaliar este indivíduo a ponto de quantificar essa dificuldade, considerando mecanismos que representem uma situação comunicativa.

## 2.2 Processamento auditivo temporal

Dentre as habilidades que envolvem a localização, discriminação e reconhecimento auditivo, o PAC possui mecanismos de processamento dos aspectos temporais da audição, necessários para o bom desempenho auditivo em condições de sons concorrentes e situações acústicas desfavoráveis (ALBUQUERQUE; BROCCCHI, 2023).

Os aspectos temporais de decodificação do sinal sonoro possuem uma função importante no processo de compreensão da fala, uma vez que a maioria das informações transportadas pela fala está contida em suas variações ao longo do tempo. Este processamento de estímulo sonoro ao longo do tempo é denominado como Processamento Auditivo Temporal (PAT) (GUIMARÃES et al., 2015).

O PAT consiste em um dos mecanismos de processamento auditivo fundamental para a compreensão da fala em ambientes silenciosos e em ambientes ruidosos e/ou reverberantes, uma vez que estímulos de fala e outros sons ambientais variam em tempo e características sonoras. Este processamento refere-se à percepção das características temporais de um som ou de suas alterações dentro de um intervalo de tempo (SAMELLI; SCHOCHAT; 2008).

Assim, o PAT permite que o indivíduo processe alterações no sinal acústico dentro de um intervalo temporal, como quando a fala ocorre em situações de ruído, e esta condição altera ou modifica a percepção do sinal de fala.

Estudos apontam uma relação importante entre o envelhecimento e o PAT, uma vez que a população idosa tem apresentado queixas de dificuldades na compreensão da fala, no entanto, sem relação com o grau de perda auditiva, o que tem influenciado o aumento de pesquisas na investigação dos processos temporais e de envelhecimento (AZZOLINI; FERREIRA, 2010; PEIXE et al., 2019).

Há quatro aspectos fundamentais que compõem o PAT, referente à análise das informações temporais do sinal acústico, a saber: ordenação ou sequencialização temporal; resolução ou discriminação temporal; integração ou somação temporal e mascaramento temporal (SHINN; MUSIEK, 2003).

A habilidade de ordenação temporal concerne ao processamento de múltiplos sinais acústicos na sua ordem de ocorrência; a resolução temporal refere-se à identificação de curtos períodos temporais em que o indivíduo pode discriminar dois sinais acústicos; a integração temporal consiste no acréscimo de informações ao longo do tempo a fim de ampliar a detecção e discriminação do sinal acústico; por fim, o mascaramento temporal

consiste na mudança do limiar sonoro de um som alvo na presença de outro som ou ruído, gerando redução na sensibilidade do som inicial (AZZOLINI; FERREIRA, 2010; SAMELLI; SCHOCHAT, 2008; SMITH; TRAINOR; SHORE, 2006).

Sendo assim, as habilidades relacionadas ao processamento auditivo ao longo do tempo são indispensáveis para o funcionamento dos mecanismos específicos de temporalidade dos sons, ritmo e prosódia, permitindo ao ouvinte interpretar eventos acústicos mínimos necessários à percepção da fala e da música.

O crescimento de pesquisas na área do processamento temporal tem sido atual na audiologia, especificamente na correlação das habilidades deste processamento com a linguagem e os processos de aprendizagem. Tendo em vista um estudo recente e inovador, muitos protocolos que estimam tais habilidades encontram-se em fases iniciais e ainda não correspondem à realidade da prática clínica dos processos que avaliam o processamento auditivo (TERTO; LEMOS, 2011).

As habilidades de ordenação temporal e resolução temporal têm sido extensivamente investigadas devido à sua importância na percepção da fala e discriminação temporal de mudanças rápidas nos sons/fala (GOIS et al., 2015; MARTINS et al., 2017). Tais habilidades exercem funções essenciais na percepção da fala contínua e de suas partes isoladas, no aprendizado e na compreensão da linguagem, logo se constituem em pré-requisito para habilidades linguísticas, bem como na aquisição da leitura e escrita (MUNIZ et al., 2007).

No Brasil, pesquisas clínicas com objetivo na investigação e avaliação das habilidades de ordenação e resolução temporal tem sido realizadas a fim de compreender os processos que subjazem à comunicação humana (FILIPPINI; SCHOCHAT, 2014; MARTINS et al., 2017). No entanto, faz-se necessário destacar que a habilidade de mascaramento temporal consiste em um mecanismo importante no contexto da percepção auditiva, onde tais alterações relacionadas a esta habilidade podem gerar dificuldade na compreensão e expressão da linguagem.

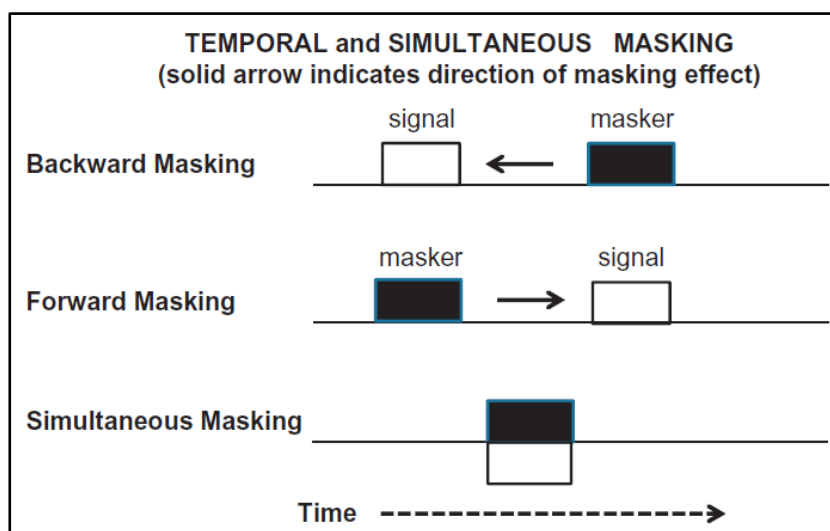
Com isso, destaca-se a importância de mais pesquisas com objetivo de estudar a habilidade de mascaramento temporal, tendo em vista sua participação não apenas nos aspectos da audição, mas também relacionados aos aspectos da linguagem. Para entender especificamente o mascaramento temporal faz-se necessário perceber sua participação no mascaramento auditivo.

## 2.3 Mascaramento temporal

O mascaramento temporal, entendido como qualquer mudança de limiar de um som alvo provocada pela presença de outro som (som mascarante), pode ser ocasionado de maneiras diferentes, gerando uma redução na sensibilidade do som inicial a depender da temporalidade em que o som mascarante se apresenta, podendo ser simultâneo (*simultaneous masking*) ou não simultâneo (*nonsimultaneous masking*) ao som alvo (MACDONALD, 2011).

Quando o mascaramento é do tipo simultâneo, o estímulo sonoro ou ruído torna inaudível outros sons que estão presentes no mesmo tempo, enquanto, no mascaramento não simultâneo, o estímulo sonoro súbito torna inaudível outros sons que estão presentes imediatamente antes ou após o estímulo (MOORE, 2004; GELFAND, 2010). No mascaramento não simultâneo, a depender da configuração temporal do sinal alvo, a literatura classifica-o em dois tipos: o *Backward masking* (mascaramento anterior) - quando o sinal alvo ocorre antes do sinal mascarador, e o *Forward masking* (pós-mascaramento) - quando o sinal alvo ocorre após o sinal mascarador (MUSIEK; CHERMAK, 2015). Na figura 1 ilustra-se os três tipos de mascaramento temporal.

**Figura 1. Ilustração de *backward*, *forward masking* e *simultaneous masking*.**



Fonte: Musiek & Chermak, 2015.

Apesar dos mecanismos envolvidos no mascaramento temporal ainda estarem em investigação, os pesquisadores apontam que a depender da classificação do mascaramento,

os processos responsáveis apresentam-se de maneira diferente. Como por exemplo, no mascaramento simultâneo, o reconhecimento do som alvo depende da capacidade do ouvinte de perceber e segregar a ou as frequências alvo em meio à ou às frequências do estímulo mascarador, sendo definido por uma boa resolução espectral (FILIPPINI; SCHOCHAT, 2014). Para o mascaramento não simultâneo, as respostas obtidas sofrem influência de outras habilidades cognitivas, como memória e atenção, além de apresentar variações inter e intra sujeito (MUSIEK; CHERMAK, 2015).

Pesquisas a respeito do mascaramento temporal relatam alguns princípios que influenciam na sua manifestação, um deles refere-se a forma de apresentação dos estímulos, onde a monoaural torna-o mais efetivo. Outro aspecto importante a considerar no mascaramento temporal está relacionado à similaridade entre os estímulos, onde quanto maior a semelhança do som alvo e o ruído em relação à frequência, maior efeito terá o mascaramento (ELLIOTT, 1967).

A intensidade do ruído mascarador, também influencia na ocorrência do mascaramento temporal simultâneo, onde maiores intensidades de ruído causam, necessariamente, maior efeito de mascaramento (RISHIQ; HARKRIDER; HEDRICK, 2012).

Apesar do mascaramento causado pelo ruído de fundo, estudos apontam que indivíduos com audição normal são capazes de reconhecer sinais de fala na presença de sons competitivos mediante flutuações acústicas do ruído em intensidade ou em espectro de frequência (DESLOGE et al., 2017). Desta maneira, entende-se que tais flutuações temporais no ruído possibilitam a geração de sinais disponíveis do estímulo alvo, provocando melhora no reconhecimento do sinal de fala, mesmo diante do mascaramento (MIDDLEBROOKS, 2017).

No entanto, esta capacidade de captar vislumbres audíveis da fala/som alvo durante as flutuações do ruído mascarante pode ser ausente ou reduzida em indivíduos com déficits auditivos, uma vez que a alteração auditiva dificulta a audibilidade do sinal presente durante o ruído de fundo (DESLOGE et al., 2017). Em outras palavras, esta melhora no reconhecimento do sinal diante de um ruído modulado pode ser interpretada como um aproveitamento dos momentos de redução dos níveis de mascaramento dentro do envelope temporal do sinal alvo e ruído, e com isso, proporciona ao ouvinte breves sinais da informação de fala/som (BILLINGS et al., 2015). Este fenômeno que beneficia o reconhecimento de fala diante modificações acústicas no ruído é conhecido como *Masking Release*, ou Benefício do Mascaramento Modulado – BMM (ADVÍNCULA et al., 2018).

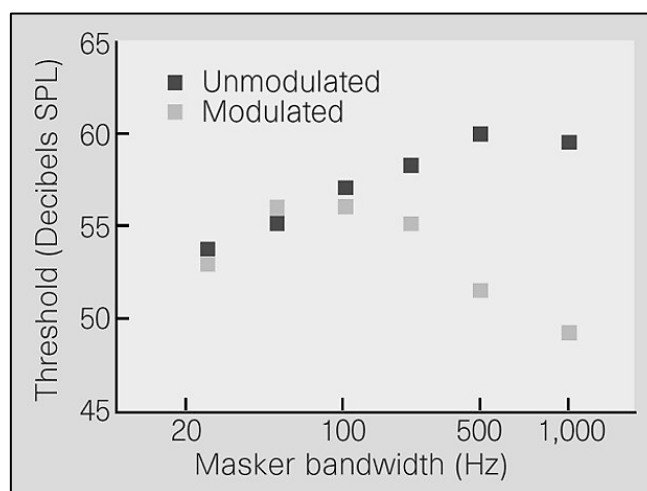
## 2.4 Benefício do mascaramento modulado

O fenômeno de Benefício do Mascaramento Modulado (BMM), como utilizado na literatura brasileira, está relacionado à habilidade do processamento temporal do indivíduo em identificar sinais audíveis de um som alvo diante das oscilações/modulações de um ruído de fundo simultâneo. A presença deste fenômeno pode indicar a capacidade de audibilidade de um sinal sonoro frente ao mascaramento (TANNER et al., 2019).

O BMM é considerado na literatura como uma melhora substancial observada no desempenho do reconhecimento do sinal de fala na presença de um ruído modulado quando comparado ao desempenho do reconhecimento de fala diante de um ruído estável apresentado na mesma relação sinal-ruído (ADVÍNCULA et al., 2013; GROSE et al., 2015).

Também é apontado que tais modulações na amplitude do ruído geram reduções nos níveis de intensidade do ruído de fundo, o que diminui a relação sinal-ruído, originando o fenômeno (BERNSTEIN; GRANT, 2009). Desta maneira, essa redução da intensidade do mascaramento permite que o indivíduo ouça o sinal de fala quando a relação fala/ruído é aumentada, fornecendo ao ouvinte breves porções do sinal de fala, sendo suficientes para decodificar a informação. Presume-se que o BMM favorece que o indivíduo perceba as pistas acústicas da fala que não coincidem com as características do ruído mascarante (BUSS; GROSE; HALL, 2009). A figura 2 demonstra a diferença dos limiares auditivos com e sem a presença da modulação.

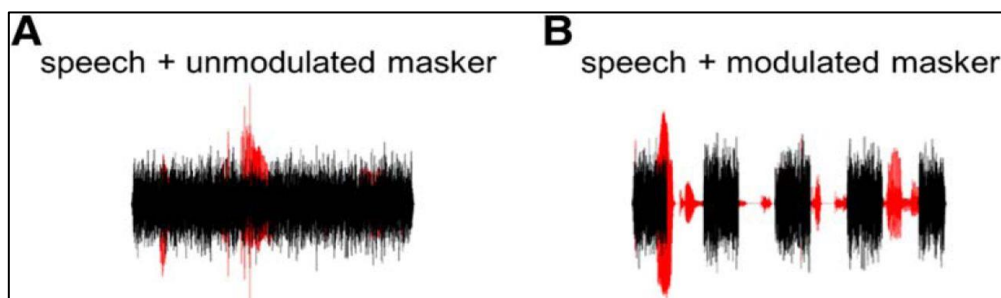
**Figura 2 - Ilustração da redução dos limiares auditivos com a modulação do mascaramento.**



Fonte: Schnupp; Nelken; King (2011).

A capacidade de se beneficiar da modulação do ruído depende, em parte, da fidelidade com que o envelope temporal do ruído mascarante é codificado pelo sistema auditivo, fornecendo uma medida importante do processamento temporal. O sistema auditivo do indivíduo acompanha temporalmente o envelope do ruído, nos momentos em que a modulação é menos favorável e nos momentos em que é mais favorável (GROSE et al., 2009). Em resumo, as modulações no ruído mascarante geram modificações no envelope temporal acústico, gerando espaços de tempo que possibilitam a compreensão da mensagem alvo apesar da condição competitiva (MIDDLEBROOKS, 2017), como ilustrado na figura 3.

**Figura 3 - Ilustração do estímulo de fala com mascaramento estável (A) e com mascaramento modulado (B).**



Fonte: Millman et al. (2017, p.7731).

A magnitude do BMM, ou seja, o tamanho de seu efeito, geralmente é mensurada a partir da diferença no limiar de reconhecimento de fala entre o mascaramento modulado e o mascaramento estável, e este efeito pode ser influenciado por várias características do ruído modulado, bem como, intensidade, taxa de modulação, razão cíclica e profundidade da modulação do ruído (KWON et al., 2012).

A taxa de modulação do ruído, relacionada às variações no reconhecimento de fala, é apontada como importante no estudo deste fenômeno, uma vez que taxas de modulações mais baixas apresentam um efeito de maior magnitude (DESLOGE et al., 2010). As menores taxas de modulação do ruído mascarante caracterizam-se por conter maior espaço de tempo com menor amplitude do ruído modulado (modulações mínimas), possibilitando mais tempo para percepção do sinal/fala. Em uma alta taxa de modulação, as interrupções no ruído não são benéficas, uma vez que os efeitos de mascaramento e desempenho temporal são semelhantes quando o ruído é contínuo/estável (BUSS; GROSE; HALL,

2009).

A vantagem da audição observada em um mascaramento modulado para a percepção da fala também pode modificar mediante o sinal de fala testado, uma vez que a utilização deste sinal pode variar de um simples fonema a sentenças completas. Desta forma, apesar da disponibilidade de fragmentos de fala diante do mascaramento depender dos efeitos de mascaramento temporal, o êxito na união dos fragmentos de fala extraídos do ruído é importante para a reconstrução um sinal de fala inteligível (COOKE, 2006).

É importante considerar que alguns estudos apontam sobre fatores como a perda auditiva e o processo de envelhecimento que podem influenciar no desempenho do BMM, uma vez que indivíduos com diminuição na audibilidade podem apresentar redução/ausência na capacidade de perceber os sinais disponíveis durante as quedas na intensidade de modulação do ruído (GOOSSENS et al., 2017; DESLOGE et al., 2017). Em indivíduos idosos, foi observado uma redução deste fenômeno mesmo na presença de audição periférica normal, apontando para diminuição na habilidade de processamento temporal (GIFFORD; BACON; WILLIAMS, 2007; GROSE et al., 2009).

#### 2.4.1 BMM no domínio comportamental

O estudo do BMM foi iniciado no contexto da percepção da fala por meio da utilização de testes auditivos comportamentais psicoacústicos, sendo constatado nestas pesquisas que o limiar de reconhecimento de fala é tipicamente mais baixo em um mascaramento modulado, quando comparado ao mascaramento constante (DESLOGE et al., 2010; BERNSTEIN et al., 2012; ADVÍNCULA et al., 2013, 2018).

Em uma pesquisa, com o objetivo de determinar a magnitude do fenômeno, uma melhora de 15 a 25 dB foi observada no limiar de reconhecimento de fala com a utilização do mascaramento modulado à uma taxa de modulação entre 8 e 20 Hz, associando o benefício à capacidade de processamento temporal do ouvinte (GEORGE; FESTEN; HOUTGAST, 2006).

Em um experimento psicoacústico do BMM para obtenção de limiares auditivos de detecção de um sinal alvo para mascaramento modulado em amplitude e mascaramento sem modulação, foi descrito que o ruído modulado se comportou de forma consideravelmente menos eficaz para mascarar o som alvo, quando comparado ao mascarador não modulado, resultando em um BMM com média de 15 dB, com desvio padrão de 3dB entre os jovens e adultos normouvintes (STEPHAN et al., 2010).

A magnitude do BMM em estudos psicoacústicos também é descrita em função da idade, considerando o envelhecimento no processamento auditivo temporal. Pesquisas apontam que jovens com audição normal apresentam maior benefício da modulação do mascaramento em testes de reconhecimento de fala, quando comparado a idosos com audição normal (GIFFORD; BACON; WILLIAMS, 2007; ADVÍNCULA et al., 2018).

Uma das principais limitações dos testes de avaliação da habilidade de reconhecimento de fala, consiste no fato dos testes não serem realizados em condições de comunicação próximas às encontradas no cotidiano, envolvendo a percepção da fala em presença de ruído (SBOMPATO et al., 2015). Nesta perspectiva, a escolha de testes apropriados na investigação dessas habilidades de reconhecimento de fala e o envolvimento de diferentes tipos de ruído tem facilitado a investigação e a ampliação do conhecimento a respeito de fenômenos relacionados ao processamento auditivo temporal, como o BMM.

O *Hearing in Noise Test* (HINT), conhecido como um teste que utiliza sentenças de fala para mensurar a habilidade de reconhecer a fala no silêncio e em condições de ruído, foi utilizado em sua versão brasileira (BEVILACQUA et al., 2008) na investigação do BMM no domínio comportamental, obtendo um resultado satisfatório na relação entre o fenômeno e os efeitos da idade (ADVÍNCULA et al., 2018). Este teste foi inicialmente criado no inglês americano (NILSSON; SOLI; SULLIVAN, 1994), sendo utilizado para medir os limiares de reconhecimento de fala em condições de ruído em ouvintes com audição normal para obtenção de parâmetros de normatização, e posteriormente foi adaptado para que se possibilitasse a criação de novas versões do teste.

Considerando o avanço nas pesquisas realizadas para avaliação do BMM no domínio comportamental, o interesse em estudos para o desenvolvimento de testes eletrofisiológicos tem aumento na área de interesse da eletrofisiologia da audição.

#### 2.4.2 BMM no domínio eletrofisiológico

A utilização de testes eletrofisiológicos para avaliação do PAT tem sido considerada complementar à avaliação comportamental. No entanto, essas medidas não são consideradas apenas informativas a respeito dos mecanismos subjacentes da audição, sendo então estimadas com potencial e relevância clínica para avaliar habilidades do processamento temporal da audição em participantes incapazes de fornecer respostas comportamentais confiáveis (TANNER et al., 2019).

Os potenciais evocados auditivos têm sido utilizados na pesquisa de fenômenos do processamento temporal, como na investigação do BMM, sendo o PEAC uma das medidas empregadas para avaliação da habilidade de reconhecimento de fala em diferentes condições de ruído, à nível cortical (MAAMOR; BILLINGS, 2017; TANNER et al., 2019; ROCHA et al., 2023).

Os potenciais evocados auditivos podem ser classificados quanto à sua latência. Os de curta latência são captados até 10 ms, sendo o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) um dos mais conhecidos, mapeando sinapses da via auditiva desde nervo coclear até o colículo inferior em nível do mesencéfalo (PEIXE et al., 2018).

O Potencial Evocado Auditivo de Média Latência (PEAML), captado entre 10 e 60 ms, pode ser um método diagnóstico útil para a investigação do funcionamento da via auditiva e na estimação da sensibilidade auditiva para detecção de perdas auditivas cocleares em adultos (FRIZZO et al., 2007).

O Potencial Evocado auditivo de Longa Latência (PEALL), também conhecido como PEAC, é captado entre 80 e 600 ms e possibilitam a avaliação das respostas da via auditiva até o córtex cerebral (MELO et al., 2016). O registro destes potenciais corticais em resposta a estímulos apresentados em diferentes tipos de ruído competitivo indica um efeito diferencial do tipo de mascaramento em suas respostas, e por este motivo, o PEAC pode ser considerado relevante no estudo do benefício da modulação do ruído (BENETT et al., 2012).

Apesar do ruído de fundo geralmente reduzir a amplitude e aumentar a latência das respostas corticais evocadas pelo som de fala, o tipo de mascaramento tem uma influência significativa nessas respostas (NIEMCZAK; VANDER; WERFF, 2019). Estudos apontam que as modulações no ruído provocam um aumento na amplitude do estímulo alvo e consequentemente geram diminuição da latência e aumento da magnitude das respostas do sistema auditivo, tendo em vista que as duas últimas medidas variam inversamente e diretamente com a amplitude do estímulo alvo, respectivamente (DRENNAN; LALOR, 2019; MAAMOR; BILLINGS, 2017).

Em um estudo com o objetivo de comparar as respostas do PEAC com estímulo de fala /ba/ diante do ruído mascarante estável e modulado e em diferentes tipos de relação sinal-ruído (-3, 3 e 9 dB), foi constatado uma diminuição sistemática na amplitude e aumento na latência na condição de ruído contínuo (MAAMOR; BILLINGS, 2017). Com a utilização de estímulo de tom puro para evocação do complexo cortical P1-N1-P2 nas condições de ruído constante e ruído modulado, foi observado potenciais corticais mais

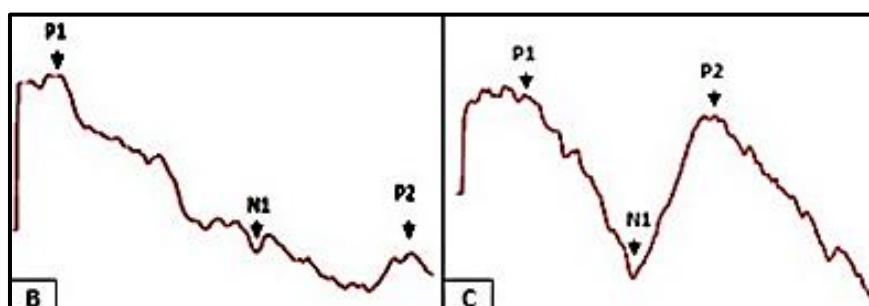
robustos com a modulação do ruído, indicando um menor mascaramento do sinal sonoro nessa condição (ANDROULIDAKIS, JONES; 2006).

É importante considerar que no registro e análise do PEAC podem ser utilizados diferentes tipos de estímulos, como estímulos tonais e estímulos de fala; no entanto, a literatura mostra que o uso de estímulos de fala possibilita a análise dos processos subjacentes à codificação e decodificação neural para sinais complexos, podendo auxiliar na avaliação do processamento auditivo da fala (ALVARENGA et al., 2013; OPPITZ et al., 2015; SILVA et al., 2017).

De acordo com Tanner e colaboradores (2019), a diferença dos limiares eletrofisiológico de fala nas condições de ruído com e sem mascaramento obtida em seu estudo (13,5 dB) representa, além da medida de BMM, a habilidade de resolução temporal da audição, estando relacionada à integridade do processamento temporal.

Além do estudo do comportamento das medidas de latência e amplitude do PEAC diante do benefício da modulação do ruído, a morfologia das ondas dos potenciais corticais também é considerada como componente importante na avaliação do fenômeno (ANDROULIDAKIS, JONES; 2006), sendo observado em indivíduos jovens normouvintes, uma pior morfologia das ondas P1, N1 e P2 no registro eletrofisiológico diante da condição de ruído estável, comparado ao ruído modulado (ROCHA et al., 2023). A figura 4 ilustra um prejuízo na morfologia das ondas corticais diante da condição de mascaramento estável.

**Figura 4 - Ilustração da morfologia das ondas do PEAC de fala com mascaramento estável (B) e mascaramento modulado (C).**



Fonte: Rocha et al. (2023) adaptado.

A respeito do comportamento das latências dos componentes corticais do PEAC, a literatura aponta que sua diminuição diante do mascaramento modulado é determinada pelo fato de os sinais acústicos coincidirem com a descida do ruído modulado, onde o nível de ruído instantâneo é considerado baixo, gerando um menor tempo na resposta auditiva cortical (ANDROULIDAKIS, JONES; 2006).

No que se refere as amplitudes do PEAC, alguns estudos referem que as maiores amplitudes diante do ruído mascarador modulado, é resultado de uma melhor magnitude da atividade cortical no processamento de estímulos verbais diante desse tipo de ruído, quando comparado ao ruído constante (EPP; YASIN; VERHEY, 2013; MAAMOR; BILLINGS, 2017; TANNER ET AL., 2019).

Entender o fenômeno do BMM no sistema auditivo central e no comportamento das medidas de potenciais eletrofisiológicos corticais paralelo a medidas comportamentais com estímulo de fala em indivíduos normouvintes, permite inferir sobre o impacto deste benefício no processamento temporal e ainda contribuir para a compreensão da habilidade em perceber a fala em ambientes ruidosos. No entanto, ainda não se conhece o comportamento destes potenciais corticais mediante o fenômeno de BMM em função da idade, em estudos brasileiros.

Desta forma, esta pesquisa compreende um estudo inédito na área da eletrofisiologia da audição no Brasil, podendo ser utilizada na fundamentação de pesquisas futuras diante dessa temática e permitir o aprimoramento dos testes de diagnóstico e planejamento terapêutico que facilitem a compreensão da fala no ruído. Os resultados obtidos nesta pesquisa também podem ajudar a esclarecer mais detalhes sobre o processo de envelhecimento no sistema auditivo central, podendo gerar novos conhecimentos e novas práticas futuras para aprimoramento das condições de escuta dos idosos em situações sociais ruidosas.

### 3 JUSTIFICATIVA

A utilização de medidas eletrofisiológicas com Potenciais Evocados Auditivos Corticais permite avaliar de maneira objetiva as habilidades de processamento temporal diante do fenômeno de *Masking Release* ou Benefício do Mascaramento Modulado. Considerando a inexistência de parâmetros de normalidade para avaliação deste benefício em algumas faixas etárias e a importância da relação entre os domínios comportamentais e eletrofisiológicos na avaliação auditiva, faz-se necessária a investigação dos aspectos de processamento auditivo temporal diante deste benefício, com medidas eletrofisiológicas comparadas a medidas comportamentais de avaliação. À vista disso, surge a seguinte pergunta que norteou este trabalho: é possível avaliar clinicamente o benefício do mascaramento modulado nos potenciais evocados auditivos corticais com estímulo de fala em indivíduos normouvintes jovens, adultos e idosos?

Diante disso, a presente pesquisa propõe analisar o efeito do mascaramento estável e modulado no PEAC com estímulo de fala, mediante avaliação eletrofisiológica do BMM para jovens, adultos e idosos, diante da importância de investigação deste benefício no processamento auditivo temporal em função da idade. A pesquisa permitirá a obtenção de marcadores biológicos para habilidades do processamento auditivo, facilitando a compreensão dos processos envolvidos no reconhecimento da fala em situações de ruído.

Esta pesquisa torna-se relevante diante da importância de medidas objetivas de avaliação do BMM em diferentes faixas etárias, considerando a inexistência de parâmetros de normalidade em estudos nacionais. Espera-se obter resultados significativos do comportamento das medidas de potenciais eletrofisiológicos corticais com estímulo de fala em indivíduos normouvintes diante do mascaramento modulado, o que possibilitará o estabelecimento de parâmetros de análise do reconhecimento da fala no ruído por meio de medidas objetivas. Além disso, o desenvolvimento de um novo teste representa um avanço tecnológico importante, pois contribuirá para precisão diagnóstica na avaliação auditiva, resultando em diagnóstico diferencial das dificuldades de compreensão de fala.

Uma revisão sistemática da literatura foi realizada com objetivo de investigar o comportamento dos potenciais evocados auditivos corticais diante do mascaramento com e sem modulação em indivíduos normouvintes, disponíveis na literatura nacional e internacional, identificando também seus procedimentos metodológicos.

## 4 ARTIGO I

Artigo publicado na revista International Archives of Otorhinolaryngology  
(Qualis B1 / Fator de impacto: 1.0)

### **Effect of modulated masking on cortical auditory evoked potential in normal hearing individuals: a systematic review with meta-analysis.**

Efeito do mascaramento modulado no potencial evocado auditivo cortical em indivíduos com audição normal: uma revisão sistemática com meta-análise.

Rocha, M. F. B.; Advíncula, K. P.; da Silva, J. D.; Menezes, P. L.

## ABSTRACT

**Introduction:** The study of electrophysiological auditory measures with diferente types of masking makes it possible to understand temporal processing skills and the processes involved in speech recognition in noise situations. The use of modulated masking in cortical measures of hearing enables the obtainment of analysis parameters of the masking release and its impact on neural auditory processing. **Objective:** To investigate the behavior of cortical auditory evoked potentials (CAEPs) with modulated masking in the normal hearing population. **Data synthesis:** A total of 2,159 articles were identified in the initial search; of these, 12 were selected for full reading. After excluding studies that did not meet the eligibility criteria, six articles were included in the present systematic review. The results show that the type of masking has an influence on cortical auditory behavior, indicating a different effect on neural posture regarding CAEP responses. Modulated noise as masking in the CAEP record generated statistically higher and earlier responses compared with non-modulated/steady noise, evidenced by the results obtained in the meta-analysis with subgroup analysis. These responses may indicate an influence of the type of noise in the neural auditory coding. **Conclusion:** Better responses were observed in modulated masking in terms of the behavior of CAEPs. Decreased latency and increased

amplitude of cortical measurements with the use of modulated noise indicate a lower masking effect of this noise in cortical auditory processing, evidencing the masking release phenomenon.

**Keywords:** Electrophysiology; Auditory evoked potentials; Noise; Speech perception; Perceptual masking; Hearing.

## INTRODUCTION

Speech signal recognition is an important aspect related to the understanding of speech, and one of the conditions that can be unfavorable to this decoding process is the presence of competitive noise, which can degrade speech or make it difficult to process.<sup>1</sup> The presence of noise or sound, either before, during or after an initial stimulus, can generate a reduction in the perception sensitivity of such stimulus, causing a change in its sound threshold; such an event is known as “temporal masking.”<sup>2</sup> Although masking caused by background noise can interfere with the sensitivity of recognition of the target sound, acoustic fluctuations of these noises enable the understanding of sound/speech to occur.<sup>3</sup>

Background noise fluctuations, both in intensity and frequency, cause favorable changes in the perception of speech/sound acoustic cues in the presence of masking, when compared with situations in which the background noise does not fluctuate, that is, it occurs steadily.<sup>4</sup> Some studies investigated the effect of such noise oscillations on speech recognition using behavioral methodologies and called it the masking release phenomenon<sup>5</sup> or benefit of modulated masking (BMM), which has been translated into Brazilian Portuguese as *benefício da modulação do mascaramento*.

Although signal-to-noise perception has been studied extensively using behavioral methodologies,<sup>3,4,6</sup> the neural encoding of these signals in humans still needs further investigation. Considering that electrophysiological measures, such as cortical auditory evoked potentials (CAEPs) may present different responses when acquired by stimuli presented in different types of background noise, indicating a differential effect of the type of masking on the responses,<sup>7</sup> the investigation of the temporal characteristics of noise, such as modulation, acquired relevance in electrophysiology.

Studies on the performance of electrophysiological tests of temporal processing have shown important clinical relevance. Such methodologies are not only complementary, but have the potential to assess temporal processing skills in participants who are unable to provide reliable behavioral responses.<sup>8,9</sup> Investigations on CAEPs make it possible to evaluate the entire auditory system, from the brainstem to the auditory cortex, and CAEPs can be obtained through different types of stimuli.<sup>10</sup> Moreover, studies on the auditory cortical wave complex (P1-N1-P2) provide important information on the neural processes responsible for speech perception, maturation of the auditory system, as well as the quality of auditory information processing.<sup>11</sup>

Considering CAEPs an important measure to obtain objective auditory responses, the investigation of its application with modulated masking enables the assessment of analysis parameters of the masking release phenomenon in individuals with normal hearing, providing relevant findings regarding the impact of this phenomenon on temporal processing and related skills. In addition, such investigation aims to provide understanding of speech perception disorders in noise.<sup>9</sup>

Considering the importance of studying cortical auditory measures with modulated maskers for a better understanding of the processes involved in speech recognition in noisy environments, in addition to the temporal processing skills involved in this aspect, the present review is considered relevant. The goal of the current study was to investigate the behavior of CAEPs with masking with and without modulation in the normal-hearing population, through a systematic review of the literature.

## **Review of the Literature**

The present systematic review was registered and published on the International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) platform under registration number CRD42022315931, and all stages of development of the current study followed the methodological recommendations of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) statement.<sup>12</sup>

## **Research Strategy**

The question that guided the conduction of the present research was: Is there a difference in the behavior of CAEPs with masking with or without modulation in the normalhearing population?

The Population, Phenomenon of Interest, Context (PICO) strategy,<sup>12</sup> used to structure the question, was defined as follows: population (P): young people, adults, and elderly individuals, normal-hearing people; phenomenon of interest (I): performance of the CAEP with modulated masking; and context (Co): response of CAEP measures to modulated masking.

A search was performed in the Medical Subject Headings (MeSH) and Health Sciences Descriptors (Descritores em Ciências da Saúde, DeCS, in Portuguese) systems to define the descriptors to be used in the bibliographic survey; such descriptors were crossed using the Boolean operators “AND” and “OR.” After selecting the descriptors, the following search strategy was developed: (*Young Adult OR Young Adults OR Adult OR Adults OR Middle-Aged OR Middle Age OR Aged OR Elderly*) AND (*Noise OR Noises OR Perceptual Masking OR Perceptual Maskings OR Masking Release OR Modulated Maskers OR Modulated Noise*) AND (*Evoked Potentials, Auditory OR Long-Latency Auditory Evoked Potentials OR LLAEP OR CAEP OR P1-N1-P2 Complex OR Cortical Auditory Evoked Potentials OR Event-Related Potentials, P300*).

Between July and August 2022, a bibliographic survey was conducted, with a new search in May 2023 to update the review research. The search was performed in the following databases: Web of Science, Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE) via PubMed, Cochrane Library, Latin American and Caribbean Health Sciences Literature (LILACS), Scientific Electronic Library Online (SciELO), and Embase, also including the following gray literature databases: OpenGrey, DissOnline, OAlster and Google Scholar. During the bibliographic survey, restrictions regarding language and date of publication of the study were not applied.

### **Selection Criteria**

Regarding the eligibility criteria of the studies, the review included original observational articles that performed CAEP in normal-hearing individuals, using modulated and unmodulated masking for auditory stimulation, in the young, adult, or elderly population. Case reports, letters to the editor, book chapters, animal studies, conference abstracts, and duplicate articles, as well as studies conducted with individuals presenting history of neurological and/or psychiatric diseases, cognitive deficits, and any type of hearing disorder or complaint, were excluded.

## **Selection of Studies**

The search and selection of studies were performed blindly by two independent reviewers with experience in hearing electrophysiology. The first stage of study selection consisted in reading the title and abstract, in digital format, of all identified articles. Those that met the inclusion criteria were selected for the next stage. In the second stage, after excluding duplicate studies, the full text of the selected articles was read, with the identification of those that met the objective of the review. Discrepancies regarding the selection of studies were discussed between the reviewers at the end of each step, aiming to reach a consensus and, in the absence of agreement, a third evaluator was consulted.

## **Data Extraction**

To synthesize the information from the included studies, a previously prepared Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, United States) spreadsheet was used by the reviewers, who independently extracted the following data: article title, authors' names, year of publication, country, type and objective of the study, sample size, age group of the sample, auditory/cognitive assessment, CAEP performance parameters, results of latency, amplitude and electrophysiological threshold measurements of cortical components, main conclusions provided by the studies, and limitations. A third reviewer checked the extracted data to assess accuracy. All disagreements and discrepancies were resolved by discussion among the reviewers.

## **Quality Assessment**

The quality of the studies included in the review was analyzed using the Newcastle-Ottawa Scale (NOS) assessment instrument adapted for cross-sectional studies,<sup>13</sup> and two reviewers independently assessed the articles based on the following items: 1) representativeness of the sample; 2) sample size; 3) response rate; 4) determination of exposure (risk factor); 5) adequacy of research design and study analysis (control for confounding factors); 6) evaluation of results; and 7) appropriate statistical analysis. Then, scores were assigned based on three main components: selection (0 to 5 points); comparability (0 to 1 point); and results (0 to 3 points), and the maximum score was limited to 9 points/asterisks (\*), representing high methodological quality. The discrepancies found in the analysis of the quality of the studies were resolved by consensus between the reviewers, and in case of persistent disagreement, the assessment was performed by a third

reviewer. No studies were excluded from the present review based on the assessed risk of bias.

### **Statistical Analysis of Quantitative Data**

The results of each study were expressed as mean and standard deviation (SD) variables. For the continuous variables, the weighted mean difference was used to test the general effect. The randomized effect model was chosen, using the inverse variance method (this measure of variability is directly related to the sample size, that is, the larger the size, the smaller the estimated variability and, consequently, the greater the weight of the study in estimating the metaanalytical measure) and 2-tailed 95% confidence intervals (95% CIs).

Higgins statistics ( $I^2$ ) was used to assess the homogeneity across studies; low heterogeneity was established if  $I^2 < 50\%$ , and moderate and/or high heterogeneity, if  $I^2 \geq 50\%$ . Data were entered into an Excel spreadsheet, and statistical analyses were performed with the Revman 5.4 free software, using the meta package.

### **REVIEW RESULTS**

A total of 2,159 studies were identified in the initial database search. After the identification stage, excluding duplicates, and screening the articles, 12 studies remained and were submitted to full-text analysis. After full-text reading, 6 studies were excluded due to the use of noise as the main and only stimulus (1), absence of cortical auditory results (2), study population with hearing disorders (2), and lack of information regarding the type of noise (1). In the end, six studies met all eligibility criteria and were included in the present review. All stages of identification and selection of studies are detailed in ► Fig. 1.

In the quality assessment through the adapted NOS, the scores of the studies ranged from 5 to 7 points, and we identified that out of the six studies analyzed, five<sup>14–18</sup> had high methodological quality and one study<sup>19</sup> was identified as having moderate quality. All evaluated studies had low scores in the sample selection component, for they did not describe the sampling strategy neither did they justify the sample size. The evaluation of the “risk factor” in the selection component was the criterion with the greatest variability among studies, being scored by the description of exposure to the factor, that is, by the report of how exposure to types of noise was determined among participants. The study<sup>19</sup> evaluated as having moderate methodological quality was not scored on this selection

criterion, which determined the final score. The evaluated studies obtained better and equal scores in the comparability and results components, in which they showed adequacy in the comparison between groups, determined by a factor (type of noise) and by the description of the evaluation of results and data analysis in a clear and appropriate way.

It is important to reinforce that regardless of the final judgment contained in the table, studies present, by nature, a high risk of bias due to non-randomization during the selection of their research subjects (► Table 1).

After the full-text reading, a detailed analysis of each article was performed, considering the baseline characteristics, the main objectives, the methodological aspects, the main results, and the conclusion. The studies included were conducted between 2006 and 2023, in Germany,<sup>14</sup> the United Kingdom,<sup>19</sup> China,<sup>15</sup> the United States,<sup>16,17</sup> and Brazil.<sup>18</sup> Regarding the number of study participants, a minimum of 10 and a maximum of 30 individuals of both sexes were found, except for one study,<sup>14</sup> which did not specify the sex of the participants. The studies were conducted with young and adult participants, aged 19 to 55 years, and only one study<sup>16</sup> included elderly subjects.

As for the auditory profile of the participants, five<sup>14–18</sup> out of the six studies reported on the audiological assessment, with the use of pure tone audiometric thresholds. A variation in the evaluation parameters used could be observed: two studies<sup>15,17</sup> included the thresholds of frequencies from 250 Hz to 8,000 Hz, while two other studies<sup>14,16</sup> considered frequencies up to 4,000 Hz. In addition, the threshold for the frequencies surveyed also varied, being considered normal when  $< 25$  dB SPL,<sup>15,16</sup>  $\leq 20$  dB SPL,<sup>17</sup>  $< 20$  dB SPL,<sup>18</sup> and  $\leq 15$  dB SPL.<sup>14</sup>

Regarding the objective of the studies included, all of them aimed to investigate the effect of different maskers, including the modulated type, on the representation of CAEP; however, two studies<sup>17,18</sup> focused on obtaining the threshold electrophysiological analysis under different masking conditions. ► Table 2 shows the summary of baseline information for each study.

The cortical components investigated in the studies consisted of the P1-N1-P2 complex,<sup>16–18</sup> as well as a separate analysis of the amplitude and latency of the N1 and P2 components.<sup>14,15,19</sup>

Except for the two studies<sup>16,18</sup> which used monaural presentation of signals to the right ear, all of the other studies used both ears for the acquisition of cortical responses, through insert phones. In addition, half of the studies<sup>14,17,19</sup> mentioned the use of silver chloride (Ag/AgCl) electrodes to record potentials.

In the condition of use of modulated masking in cortical auditory responses, the use of amplitude-modulated noise with different modulation rates was observed for each study. The increasing modulation rates used were of 6.25 Hz,<sup>17</sup> 17.5 Hz,<sup>19</sup> 25 Hz,<sup>17,18</sup> between 50 Hz and 150 Hz,<sup>15</sup> 400 Hz,<sup>16</sup> and 700 Hz.<sup>14</sup> The modulated noise intensity in each study ranged from 30 dB SPL to 80 dB SPL. Two studies<sup>17,18</sup> oscillated the intensity of the presentation of modulated noise between 30 dB SPL and 65 dB SPL. ► Table 3 shows the description of the methodological parameters used in each study.

Based on the results presented by the studies included in the review, we observed that three articles<sup>16,18,19</sup> described quantitative results regarding latency and amplitude measurements of the cortical components analyzed, and the other studies<sup>14,15,17</sup> reported the results of cortical responses graphically and statistically.

► Table 4 describes a quantitative synthesis of the data extracted from the studies. Considering the heterogeneity of the analysis conditions of the cortical components used in the studies, this quantitative synthesis of the data was necessary for the development of the meta-analysis.

The results obtained with the meta-analysis of quantitative data are shown in ► Figs. 2 and 3, which express the quantitative analysis of latency measures and amplitude of cortical components N1 and P2. It was not possible to analyze the P1 component due to insufficient quantitative data in the selected studies. In total, 4 studies<sup>15,16,18,19</sup> were included in the metaanalysis, comprising 66 participants who underwent the CAEP assessment with and without modulated masking.

Based on the meta-analysis of the data, high heterogeneity ( $I^2$  92%) was observed in the included studies<sup>15,16,18,19</sup> for the cortical components (N1 and P2) and measures (latency and amplitude). In the analysis of the latency (► Fig. 2) and amplitude (► Fig. 3) measures of the N1 and P2 components, the forest plot graphs indicated that the effect of the meta-analysis was not statistically significant ( $p > 0.05$ ) among the masking groups analyzed for both the cortical components, interpreted by the diamond figure that touches and crosses the vertical line of nullity in all graphs of the meta-analysis. Therefore, it was not possible to determine the favorability among the masking conditions studied for the latency and amplitude measurements of the cortical components analyzed. The low number of studies that made up the meta-analysis made the use of heterogeneity exploratory techniques unfeasible due to the limitations in determining significant estimates of the results.

## DISCUSSION

The evaluation of cortical auditory measures with the use of modulated maskers is necessary for a better understanding of the processes involved in speech recognition in noise situations, as well as of the temporal processing skills involved in this aspect. Therefore, the current review aimed to investigate the behavior of CAEPs with masking with and without modulation, in the normal-hearing population, through a systematic review of the literature.

The study of the effect of noise on electrophysiological hearing responses enables us to understand the processes involved in speech recognition in situations of competitive noise and the performance of individuals' temporal processing skills. Considering that the Central Auditory System (CAS), specifically the cortex, plays an important role in signal-to-noise coding,<sup>20</sup> and that this condition is also affected by factors related to the spectrotemporal properties of these signals,<sup>7</sup> the analysis of the behavior of the CAS in different conditions of competitive noise, through the CAEP measures, results in indispensable information on the variations of performance among normal-hearing individuals.

Modulated noise, in turn, used competitively by behavioral auditory measures, has been shown to generate better results in terms of the perception of speech signals and sounds<sup>21–24</sup> when compared with steady noise, or without modulation. However, in the electrophysiological domain, the investigation of the effects of this noise is still limited, which justifies the number of studies included in the present review.

The current review showed that to observe the CAEP behavior in modulated noise, the studies used comparisons with other conditions of unmodulated noise, such as steady broadband noise,<sup>14,19</sup> steady speech spectrum noise,<sup>15–18</sup> and informational noise, also called babbling of two<sup>15</sup> and four speakers.<sup>16</sup> In addition to comparing the different types of noise in cortical auditory responses, two of the studies<sup>14,16</sup> used different types of signal-to-noise ratio (SNR) in a random way, to observe the effect of this change in cortical responses.

Based on the methodological parameters used to acquire the CAEP, four of the studies used speech stimuli, which were the syllables /ba/<sup>16–18</sup> and /bi/,<sup>15</sup> as the main stimulus, and the syllables /di/<sup>15</sup> and /da/ as a deviant stimulus.<sup>16</sup> The other studies used pure tones to evoke cortical responses, with a fixed intensity of 61 dB SPL<sup>19</sup> and 70 dB SPL.<sup>14</sup> Variation in stimulus intensity was also observed among studies that used speech

signals, with intensities of 40 dB SPL,<sup>17</sup> 60 dB SPL<sup>15</sup> and 65 dB SPL.<sup>16,18</sup> The speech stimulus duration among the studies ranged from 80 ms to 474 ms; pure tone stimuli ranged from 200 ms to 300 ms.

It seems relevant to emphasize that in the CAEP recording and analysis, different types of stimuli can be used, such as tonal stimulus and speech stimulus; however, the literature shows that the use of speech stimuli makes it possible to analyze the processes underlying neural encoding and decoding for complex signals,<sup>25–27</sup> which may help in the assessment of speech auditory processing.

Regarding the use of filtering of captured cortical electrical responses, no standardization was observed for this acquisition parameter; however, three of the studies included used filters up to 200 Hz,<sup>14,15,19</sup> 2 articles<sup>16,17</sup> used the filter of up to 100 Hz, and only 1 study used a 30-Hz filter.<sup>18</sup>

The different parameters used for CAEP acquisition reported in the current review show some challenges that are still present in the choice of protocols to capture cortical auditory responses and their relationship with normality markers that can be applied in a standardized way in the clinical context.

As for the CAEP record, the study by Androulidakis and Jones<sup>19</sup> (2006) described that the N1 and P2 components were statistically larger (in terms of their morphology) and earlier in the modulated noise condition compared with the non-modulated/steady noise condition. In addition, an increase in these responses for the P1-N1-P2 complex was pointed in the latency results in the condition of continuous/steady noise when compared with situations of modulated and informational noise.<sup>16</sup> Rocha et al.<sup>18</sup> (2022) also identified an increase in the latency values for the P1 and N1 components in the steady masking condition when compared with modulated masking.

These results support the idea that cortical auditory potentials indicate a differential effect of the type of masking on their responses when recorded in different competitive noises.<sup>7</sup> In view of this, considering that background noise commonly reduces the amplitude responses and increases the latency evoked by a sound,<sup>28</sup> we concluded that the type of masking has a significant influence on these responses.

Moreover, regarding the behavior of the latencies of the cortical components, their decrease observed in modulated masking was determined by the fact that the acoustic signals coincide with the rise or fall of the modulated noise, in which the instantaneous noise level is considered low, generating a shorter time in the cortical auditory response.<sup>19</sup> This concept corroborates the findings in the literature that claim that despite the masking

caused by background noise, fluctuations in modulated noise generate a better perception of acoustic speech cues in individuals with normal hearing due to a more favorable “speech-to-noise” ratio.<sup>3,4</sup>

With regard to the amplitude of cortical responses, the studies<sup>14,16–19</sup> showed that greater amplitudes were obtained with the use of modulated masking noise, considering a better magnitude of cortical activity in the processing of verbal stimuli in this type of noise, when compared with steady noise. This result can be explained based on findings that show that modulations in noise intensity cause a decrease in the signal-to-noise ratio and consequently generate an increase in the amplitude of the evoked response<sup>24</sup>.

Some studies have also reported that responses from cortical components, specifically N1 and P2, may be consistent with psychoacoustic findings regarding the effect of noise modulation on auditory discrimination, evidencing masking release,<sup>14,19</sup> and that this phenomenon (masking release) should not be associated with attentional processes.<sup>15</sup>

Regarding the electrophysiological threshold investigated in different masking situations (steady and modulated), 2 studies reported that this threshold was lower in modulated noise, with a difference of approximately 13.5 dB<sup>17</sup> and 11.7 dB<sup>18</sup> lower when compared with steady noise; this value was considered the quantitative expression of the masking release.<sup>17</sup>

The correspondence between the CAEP electrophysiological measures and the behavioral estimates pointed out in the studies resulted in the authors’<sup>17,18</sup> suggestions that objective tests based on electrophysiological methods could be used to reliably assess aspects of temporal processing capacity.

Regarding aspects related to the use of modulated noise as masking in the acquisition of more audible signal, regardless of the noise level; and that when compared with steady noise, both have similar spectral energy. However, the temporal envelope variations in the modulation determine the difference in the morphology of neural responses.<sup>16</sup>

As for the evaluation of the methodological quality of the articles, although five studies<sup>14–18</sup> were considered of high quality, it is important to highlight that all of them presented selection bias, not mentioning information about the sample of research subjects, confident for the increased risk of bias.

The cross-sectional observational design of the studies included in the present review has a body of evidence with a high rate of bias, which emphasizes the need for more research on the topic of this review, with more careful methodologies to improve the

quality of the studies. However, it is worth mentioning that many important data would be discarded if the selection criteria for studies, in systematic reviews, were necessarily studies with high level of evidence, since in the field of audiology, there are few more robust studies, with greater control of bias, such as controlled and randomized clinical trials.

In the meta-analysis, it was not possible to measure the effect of the performance of the masking conditions analyzed, since the results demonstrated high heterogeneity among the included studies. This high rate of disparity found in the meta-analysis can be explained by the variability in the methodological parameters obtained in each research, in addition to the low number of studies included in the review, being important points of high influence in the meta-analysis. It is important to highlight that the number of studies included in the present review, added to their lack of methodological information and quantitative results, can be pointed out as a limitation of the current systematic review, reinforcing the importance of carrying out higherquality studies regarding the effect of modulation of noise in cortical auditory potentials.

## **FINAL COMMENTS**

**Final Comments** The results of the present review show that the type of masking has an influence on cortical auditory behavior, indicating a different effect on neural posture regarding CAEP responses. Modulated noise as masking in the CAEP record generated statistically higher and earlier responses compared with non-modulated/steady noise, evidenced by the results obtained in the meta-analysis with subgroup analysis. The behavior of CAEP with better responses in modulated masking, indicating a smaller effect of the masking in cortical auditory processing, evidences the phenomenon of masking release. Due to the variation in the methodological parameters used to evoke the CAEP observed the included studies, it is not possible to generalize the findings of the present review.

## **Funding**

The authors declare that the present work was supported by Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brazil), under funding code 001.

## REFERENCES

- [1] Mehraei G, Gallardo AP, Shinn-Cunningham BG, Dau T. Auditory brainstem response latency in forward masking, a marker of sensory deficits in listeners with normal hearing thresholds. *Hear Res.* 2017; 346:34-44. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2017.01.016>
- [2] Shinn JB, Musiek FE. Temporal processing: the basics. *Hear J.* 2003;56(7):52.
- [3] Middlebrooks JC. Masking release by combined spatial and masker-fluctuation effects in the open sound field. *J Acoust Soc Am.* 2017; 142(6):3362-3375. <https://doi.org/10.1121/1.5014053>
- [4] Desloge JG, Reed CM, Braida LD, et al. Masking release for hearing-impaired listeners: The effect of increased audibility through reduction of amplitude variability. *J Acoust Soc Am.* 2017; 141(6):4452-4465. <https://doi.org/10.1121/1.4985186>
- [5] Grose JH, Menezes DC, Porter HL, Perez ZD, D'Aquila LA. Masking period patterns and forward masking for speech-shaped noise: age-related effects. *Ear Hear.* 2016; 37(1):48-54. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000200>
- [6] Madeiro LB, de Andrade KCL, Marinho LAP, et al. Cognitive and auditory aspects: the effect of aging on the decline of speech recognition. *Distúrb Comun.* 2021; 33(4):695-704. <https://doi.org/10.23925/2176-2724.2021v33i4p695-704>
- [7] Bennett KO, Billings CJ, Molis MR, Leek MR. Neural encoding and perception of speech signals in informational masking. *Ear Hear.* 2012; 33(2):231-238. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31823173fd>
- [8] Schoof T, Rosen S. The Role of Age-Related Declines in Subcortical Auditory Processing in Speech Perception in Noise. *J Assoc Res Otolaryngol.* 2016; 17(5):441–460. <https://doi.org/10.1007/s10162-016-0564-x>
- [9] Rocha MFB. Masking in cortical auditory evoked potentials with speech stimulation. [dissertation]. Recife: Federal University of Pernambuco, Masters in Human Communication Health; 2020
- [10] Costa I, D'Agostini AR, Sousa JA, de Souza APR, Biaggio EPV. Cortical auditory evoked potentials in 2-year-old subjects. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2020; 24(3):282-287. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1700585>
- [11] Oliveira LS, Didoné DD, Durante AS. Automated cortical auditory evoked potentials threshold estimation in neonates. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2019; 85(2):206-212. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2018.01.001>
- [12] Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *PLoS Med.* 2021; 18(3): e1003583. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003583>

- [13] Modesti PA, Reboldi G, Cappuccio FP, et al. Panethnic differences in blood pressure in europe: a systematic review and meta-analysis. PLoS one 2016; 11(1):e0147601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147601>
- [14] Epp B, Yasin I, Verhey J. Objective measures of binaural masking level differences and comodulation masking release based on late auditory evoked potentials. Hear Res. 2013; 306. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2013.08.013>
- [15] Zhang C, Lu L, Wu X, Li L. Attentional modulation of the early cortical representation of speech signals in informational or energetic masking. Brain Lang. 2013; 135:85-95. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2014.06.002>
- [16] Maamor N, Billings CJ. Cortical signal-in-noise coding varies by noise type, signal-to-noise ratio, age, and hearing status. Neurosci Lett. 2017; 636:258-264. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2016.11.020>
- [17] Tanner AM, Spitzer ER, Hyzy JP, Grose JH. Masking release for speech in modulated maskers: electrophysiological and behavioral measures. Ear Hear. 2019; 40(4):1009-1015. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000683>
- [18] Rocha MFB, Menezes DC, Duarte DSB, et al. Masking release in cortical auditory evoked potentials with speech stimulus. CoDAS. 2023; 35(1):e20200334. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212020334en>
- [19] Androulidakis AG, Jones SJ. Detection of signals in modulated and unmodulated noise observed using auditory evoked potentials. Clin neurophysiol. 2006; 117(8):1783-1793. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.04.011>
- [20] Billings CJ, Bennett KO, Molis MR, Leek MR. Cortical encoding of signals in noise: effects of stimulus type and recording paradigm. Ear Hear. 2011; 32(1):53-60. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181ec5c46>
- [21] Desloge JG, Reed CM, Braida LD, Perez ZD, Delhorne LA. Speech reception by listeners with real and simulated hearing impairment: effects of continuous and interrupted noise. J Acoust Soc Am. 2010; 128:342-359. <https://doi.org/10.1121/1.3436522>
- [22] 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. 2012; 132(4):2676-2689. <https://doi.org/10.1121/1.4746019>
- [23] Advíncula KP, Menezes DC, Pacífico FA, Griz SMS. Effect of modulation rate on masking release for speech. Audiol Commun Res. 2013; 18(4):238-244. <https://doi.org/10.1590/S2317-64312013000400003>
- [24] Grose JH, Griz S, Pacífico FA, Advíncula KP, Menezes DC. Modulation masking release using the Brazilian-Portuguese HINT: Psychometric functions and the effect of speech time compression. Int J Audiol. 2015; 54(4):274-281. <https://doi.org/10.3109/14992027.2014.986692>
- [25] Alvarenga KF, Vicente LC, Lopes RCF, et al. The influence of speech stimuli

contrast in cortical auditory evoked potentials. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2013; 79(3):336-341. <https://doi.org/10.5935/1808-8694.20130059>

[26] Oppitz SJ, Didoné DD, da Silva DD, et al. Long-latency auditory evoked potentials with verbal and nonverbal stimuli. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2015; 81(6):647-652. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.10.005>

[27] Silva LSS, Regaçone SF, de Oliveira ACS, de Oliveira LS, Fernandes FT, Frizzo AC. F.Auditory cortical potential: using different types of speech stimuli in children. *Audiol Commun Res.* 2017; 22:e1788 <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2016-1788>

[28] Niemczak CE, Vander Werff KR. Informational masking effects on neural encoding of stimulus onset and acoustic change. *Ear Hear.* 2019; 40(1):156-167. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000604>

[29] Small SA, Sharma M, Bradford M, Mandikal Vasuki PR. The effect of signal to noise ratio on cortical auditory-evoked potentials elicited to speech stimuli in infants and adults with normal hearing. *Ear Hear.* 2018; 39(2):305-317. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000487>

## LIST OF TABLES AND FIGURES

**Table 1. Quality assessment of studies according to the adapted Newcastle-Ottawa Scale instrument.**

| STUDIES                                      | Selection                 |             |             |             | Comparability                   | Results               |                                  | SCORE |
|----------------------------------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------|
|                                              | Sample representativeness | Sample size | Answer rate | Risk factor | Adequacy of design and analysis | Evaluation of results | Appropriate statistical analyzes |       |
| Androulidakis and Jones (2006) <sup>19</sup> | -                         | -           | *           | -           | *                               | **                    | *                                | 5     |
| Epp et al. (2013) <sup>14</sup>              | -                         | -           | *           | **          | *                               | **                    | *                                | 7     |
| Zhang et al. (2014) <sup>15</sup>            | -                         | -           | *           | *           | *                               | **                    | *                                | 6     |
| Maamor and Billings (2017) <sup>16</sup>     | -                         | -           | *           | **          | *                               | **                    | *                                | 7     |
| Tanner et al. (2019) <sup>17</sup>           | -                         | -           | *           | *           | *                               | **                    | *                                | 6     |
| Rocha et al. (2023) <sup>18</sup>            | -                         | -           | *           | *           | *                               | **                    | *                                | 6     |

Note: Score classification: High quality (9-6); Moderate quality (4-5); low quality (< 4).

**Table 2. Basic descriptions of included studies.**

| Author/year                                  | Country                        | Study type                    | Sample/gender                          | Age group                                                                                                                                                                                  | Clinical audiological condition                                                                                                                                                                  | Objective                                                                                                        |
|----------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Androulidakis and Jones (2006) <sup>19</sup> | London, United Kingdom         | Cross-sectional Observational | 10 participants (5 men and 5 women).   | 24 to 55 years (mean age = 34 years).                                                                                                                                                      | Participants without hearing problems and with no previous history of neurological hearing conditions.                                                                                           | Investigate the difference between unmodulated and comomodulated maskers using event-related potentials.         |
| Epp et al. (2013) <sup>14</sup>              | Magdeburg, Germany.            | Cross-sectional Observational | 10 participants.                       | 21 to 37 years.                                                                                                                                                                            | Participants without a history of hearing difficulties (pure tone audiometric thresholds $\leq$ 15 dB HL between 250 Hz and 4000 Hz).                                                            | To investigate the correlation of the audibility of a noise masked tone in auditory evoked potentials.           |
| Zhang et al. (2014) <sup>15</sup>            | Beijing, China.                | Cross-sectional Observational | 12 participants (8 men and 4 women).   | 19 to 25 years (mean age = 22.3 years).                                                                                                                                                    | Participants with normal hearing (audiometric thresholds $<$ 25 dB HL between 250 and 8000 Hz).                                                                                                  | To examine how the initial cortical representation of speech is affected by different types of maskers.          |
| Maamor and Billings (2017) <sup>16</sup>     | Portland, United States.       | Cross-sectional Observational | 30 participants (12 men and 18 women). | 10 young people (mean age 27.1 years).<br><br>10 older individuals (mean age 67.2 years).<br><br>10 older subjects with mild to moderate sensorineural hearing loss (mean age 68.8 years). | The 20 individuals with normal hearing had thresholds $<$ 25 dB HL, bilaterally up to 4000 Hz.                                                                                                   | To determine the effects of noise type, SNR, age and hearing status on CAEP for speech sounds.                   |
| Tanner et al. (2019) <sup>17</sup>           | North Carolina, United States. | Cross-sectional Observational | 23 participants (9 men and 14 women).  | Mean age = 24 years.                                                                                                                                                                       | Participants with normal hearing (audiometric thresholds $\leq$ 20 dB HL in octave frequencies from 250 to 8,000 Hz).                                                                            | Obtain electrophysiological masking release using CAEP with steady and modulated speech stimulus and masking.    |
| Rocha et al. (2023) <sup>18</sup>            | Pernambuco, Brazil             | Cross-sectional Observational | 14 participants (5 men and 9 women)    | 19 to 28 years (mean age = 23 years).                                                                                                                                                      | Participants with normal hearing (audiometric thresholds $<$ 20 dB HL between 500 Hz and 4000 Hz. Presence of type A tympanometric curve and presence of ipsilateral and contralateral reflexes. | To analyze the effect of masking on the Cortical Auditory Evoked Potential with speech stimulus in young adults. |

Note: Cortical Auditory Evoked Potential (CAEP); Signal-to-noise ratio (SNR);  $\leq$  (less equal);  $<$  (smallest); = (equal); dB HL (Hearing loss range); Hz (Hertz).

**Table 3. Description of methodological parameters, results and conclusion of included studies.**

| Studies                                      | Methodological parameters                                                                                                        |                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                         |                                                                                                                                                                                                                 |                                                     | Main results                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Conclusion                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                              | Recording equipment                                                                                                              | Stimulus                                                   | Noise                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Form of presentation                                    | Acquisition parameters                                                                                                                                                                                          | Registered potentials                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Androulidakis and Jones (2006) <sup>19</sup> | Virtual oscilloscope (Pico Technology).                                                                                          | Pure tone of 200 ms, 61 dB SPL and frequency of 1 kHz.     | a) Unmodulated random noise (80 dB SPL; broadband 0-20 kHz).<br><br>b) Random noise modulated in amplitude by a square wave of 17.5Hz.                                                                                                                                                                 | Electromagnetic earphone (SanyoPH230) in both ears.     | Six silver electrodes in Fpz, Fz, Cz and Pz C3 and C4 (impedance <5 kΩ).<br><br>Window (700ms); Filter (1 and 200Hz).                                                                                           | Amplitudes and latency of the N1 and P2 components. | The N1 and P2 components were statistically higher and earlier in the modulated noise condition compared to the unmodulated noise condition. The latencies were strongly determined by whether the tones coincided with the rise or fall of the modulated masking envelope (instant noise level was low). | Masking release is correlated with waves N1 and P2. Furthermore, it is possible that the responses of these components to modulated and unmodulated masking can assess auditory temporal resolution processes, which are a crucial part of complex sound perception. |
| Epp et al. (2013) <sup>14</sup>              | Recording cortical potentials with EEG, with measurement (BIOSEMI ActiveTwo) and attenuation system (Tucker-Davis Technologies). | 300ms pure tone, 70 dB SPL and 700Hz frequency.            | Wideband noise (1000ms) presented at different SNR randomly (-15, -5, +5, +15 dB) and in two conditions:<br><br>a) Noise modulated at 700Hz with intensity fluctuation centered on the signal.<br><br>b) Non-modulated noise with frequencies not centered on the signal (300, 400, 1000 and 1100 Hz). | Insert earphones ER-2 (Etymotic Research) in both ears. | 64 silver chloride electrodes, with the electrode (Cz) as a reference. The electrodes (A1, A2 and Iz) recorded the peaks of auditory potential responses.<br><br>Window (700 to 1,250ms); Filter (0 and 200Hz). | Amplitudes of components N1 and P2.                 | The N1 amplitude showed very similar values for both types of masking (modulated and unmodulated). P2 amplitudes were higher for the modulated masking condition. Higher peak-to-peak amplitude of N1-P2 in modulated masking condition.                                                                  | The P2 component is a candidate for an objective measure of audibility in the human auditory system. The P2 amplitude is consistent with the psychoacoustic findings of masking release.                                                                             |
| Zhang et al. (2014) <sup>15</sup>            | Recording of cortical potentials (64-channel NeuroScan SynAmps).                                                                 | a) Syllable /bi/ (target stimulus) of 474ms, 60 dB SPL and | a) Constant/steady noise.<br><br>b) Modulated                                                                                                                                                                                                                                                          | Insert headphones in both ears.                         | Six electrodes, being recorded at the Cz site,                                                                                                                                                                  | Amplitudes and latency of the N1 and P2 components. | Under the conditions of passive and active listening, separately, the amplitudes were significantly higher                                                                                                                                                                                                | Informational noise induced a much greater masking effect in the N1/P2 complex,                                                                                                                                                                                      |

|                                          |                                                                                                                           |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                          |                                                                                                                           | frequency of 254Hz.<br><br>b) Syllable /di/ (frequency of 258Hz) as a stimulus to probe the participants' attention.                                | speech spectrum noise (SNR of -4 dB) and 50Hz-150Hz.<br><br>c) Noise from two speakers (informational)                                                                                                                      |                                                                      | amplitudes and latencies of the N1/P2 components.<br><br>Window (1,000 to 1,200ms); Filter (0 and 200Hz).                                                                                                                       |                                                     | in the conditions of steady and modulated masking, compared to the condition of informational masking. As for latencies, N1/P2 shortening was observed in the presence of constant noise in the passive listening condition and in the face of informational noise in the active listening condition.                                      | suggesting that this type of masking, induced by irrelevant speech signals, occurs in the early stages of cortical processing. Masking release should not be associated with attentional processes, it can be explained as a neurophysiological process.                                                                                                        |
| Maamor and Billings (2017) <sup>16</sup> | Recording of cortical potentials (Neuroscan Synamps RT/Scan) and a 64-channel electrode cap.                              | Syllable /ba/ and /da/, 150 ms and 65 dB SPL.<br><br>Passive oddball paradigm, presentation of the pattern /ba/ of 0.8 and the deviant /da/ of 0.2. | Three types of background noise at three different SNRs: -3, 3 and 9 dB. All the Noises were low-pass filtered at 4000 Hz.<br><br>a) Continuous speech noise.<br><br>b) Modulated noise.<br><br>c) babbling of 4 speakers.  | The signals were presented monaurally to the right ear.              | The reference electrode (Cz) was located at the vertex and the ground electrode was placed on the forehead.<br><br>Window (100 to 1,000ms); Filter (0 and 100Hz).                                                               | Amplitudes and latency of components P1, N1 and P2. | A systematic decrease in amplitude and increase in latency in the cortical components was observed in the continuous noise condition, given the effect of SNR. Modulated noise contains spectral energy similar to continuous noise, but with variations in the temporal envelope.                                                         | The little interference of the SNR effect in the modulated noise condition can be explained by the fluctuations/gaps in the modulated noise, making the signal audible, regardless of the noise level. It is concluded that the spectrotemporal characteristics of signals and noises play an important role in determining the morphology of neural responses. |
| Tanner et al. (2019) <sup>17</sup>       | Recording of cortical potentials (NeuroScan SynAmpRT) synchronized with the Tucker-Davis Technologies stimulation system. | Syllable /ba/ of 80ms, 40 dB SPL and frequency of 1 kHz.                                                                                            | Speech spectrum noise in 4 conditions:<br><br>a) Low steady noise (30 dB SPL).<br><br>a) High steady noise (65 dB SPL).<br><br>c) Modulated noise at an intensity of 65 dB SPL and 30 dB SPL with a modulation rate of 6.25 | Electromagnetically shielded earphones (Etymotic ER2), in both ears. | 4 silver chloride electrodes: A1 and A2 (ear lobes), Fpz (high forehead line) and Cz (skull vertex). (Impedance $\leq 5k\Omega$ and $\leq 3k\Omega$ between electrodes).<br><br>Window (-100 to +300ms); Filter (1 and 100 Hz). | Amplitude and latency of the P1-N1-P2 complex.      | The mean electrophysiological threshold in modulated masking was about 13.5 dB lower than in the steady masking, resulting in masking release. It was observed that, for the different types of noise, as the SNR decreases, the general amplitude of the P1-N1-P2 response decreases and the peak latencies increase – mainly that of N1. | Electrophysiological measures of masking release using CAEP with speech stimuli correspond to behavioral estimates for the same stimuli. It is suggested that objective measures based on electrophysiological techniques can be used to reliably assess aspects of temporal processing capacity.                                                               |

|                                   |                                                                                                                                       |                                                                |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                      |                                                                                                                                                                    |                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   |                                                                                                                                       |                                                                | Hz (slow modulated).<br><br>c)<br>Modulated noise at an intensity of 65 dB SPL and 30 dB SPL with a modulation rate of 25 Hz (fast modulated).                                                                                      |                                                                      |                                                                                                                                                                    |                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Rocha et al. (2023) <sup>18</sup> | Recording of cortical potentials (Intelligent Hearing Systems - IHS equipment) with the Tucker-Davis Technologies stimulation system. | Syllable /ba/ of 80ms, 65 dB SPL and presentation rate of 3.8. | Speech spectrum noise in 3 conditions:<br><br>a) Weak steady noise (30 dB SPL).<br><br>a) Strong steady noise (65 dB SPL).<br><br>c)<br>Modulated noise at an intensity of 65 dB SPL and 30 dB SPL with a modulation rate of 25 Hz. | Electromagnetically shielded earphones (Etymotic ER2), in right ear. | 4 electrodes: A1 and A2 (ear lobes), Fpz (high forehead line) and Cz (skull vertex). (Impedance $\leq$ 5k $\Omega$ ).<br><br>Window (512ms); Filter (1 and 30 Hz). | Amplitude, latency and morphology of the P1-N1-P2 complex. | P1 and N1 showed higher latencies in the stable noise condition. More robust amplitudes of the P1-N1-P2 complex were recorded in the modulated noise condition, with statistical significance. The mean electrophysiological thresholds were higher in the stable noise condition (60 dB NPSpe), with an average difference of 11.7 dB higher than in the modulated noise condition. | There was a lower masking effect of modulated noise when compared to the strong steady noise condition, in the amplitude measurements of the P1-N1-P2 complex. The mean difference of 11.7 dB between the electrophysiological thresholds (under conditions of stable noise and modulated noise) was interpreted as the Masking Release measure. |

Note: Electroencephalography (EEG); milliseconds (ms); Decibel – Sound pressure level (dB SPL); Kilohertz (kHz); Hertz (Hz); Kiloohm (k $\Omega$ ); < (smallest); Signal-to-noise ratio (SNR); Cortical Auditory Evoked Potentials (CAEP).

**Table 4. Summary of quantitative results of cortical auditory potentials of the included studies (mean and standard deviation).**

| STUDIES                                      | Type of masking | CAEP Latency (ms) |              |              | CAEP Amplitude (µV) |            |            |
|----------------------------------------------|-----------------|-------------------|--------------|--------------|---------------------|------------|------------|
|                                              |                 | P1                | N1           | P2           | P1                  | N1         | P2         |
| Androulidakis and Jones (2006) <sup>19</sup> | Steady          | -                 | 165.2 (11.3) | 263.6 (16.4) | -                   | 1.9 (0.5)  | 3.2 (0.7)  |
|                                              | Modulated       | -                 | 126.3 (10.3) | 204.5 (17.7) | -                   | 2.9 (0.6)  | 4.9 (1.1)  |
| Zhang et al. (2014) <sup>15</sup>            | Steady          | -                 | 168.8        | 237          | -                   | 2.49       | 2.62       |
|                                              | Modulated       | -                 | 157 -        | 240.7 -      | -                   | 2.19 -     | 2.19 -     |
| Maamor and Billings (2017) <sup>16</sup>     | Steady          | 86 (10.3)         | 151 (10.4)   | 227 (26.9)   | 0.45 (0.2)          | 1.84 (0.4) | 0.87 (0.5) |
|                                              | Modulated       | 74 (10.3)         | 146 (12.8)   | 243 (35.5)   | 0.55 (0.3)          | 1.39 (0.3) | 0.65 (0.3) |
| Rocha et al. (2023) <sup>18</sup>            | Steady          | 81.2 (33.5)       | 145.2 (34.7) | 196.2 (35.1) | 4.0 (1.1)           | 1.7 (1.2)  | 1.8 (1.1)  |
|                                              | Modulated       | 73.0 (16.8)       | 140.6 (18.5) | 211.2 (16.8) | 5.6 (1.1)           | 4.1 (1.8)  | 4.7 (2.1)  |

Note: Cortical Auditory Evoked Potential (CAEP); milliseconds (ms); microvolts (µV).

**Figure 1. Flow diagram of the selection of articles.**

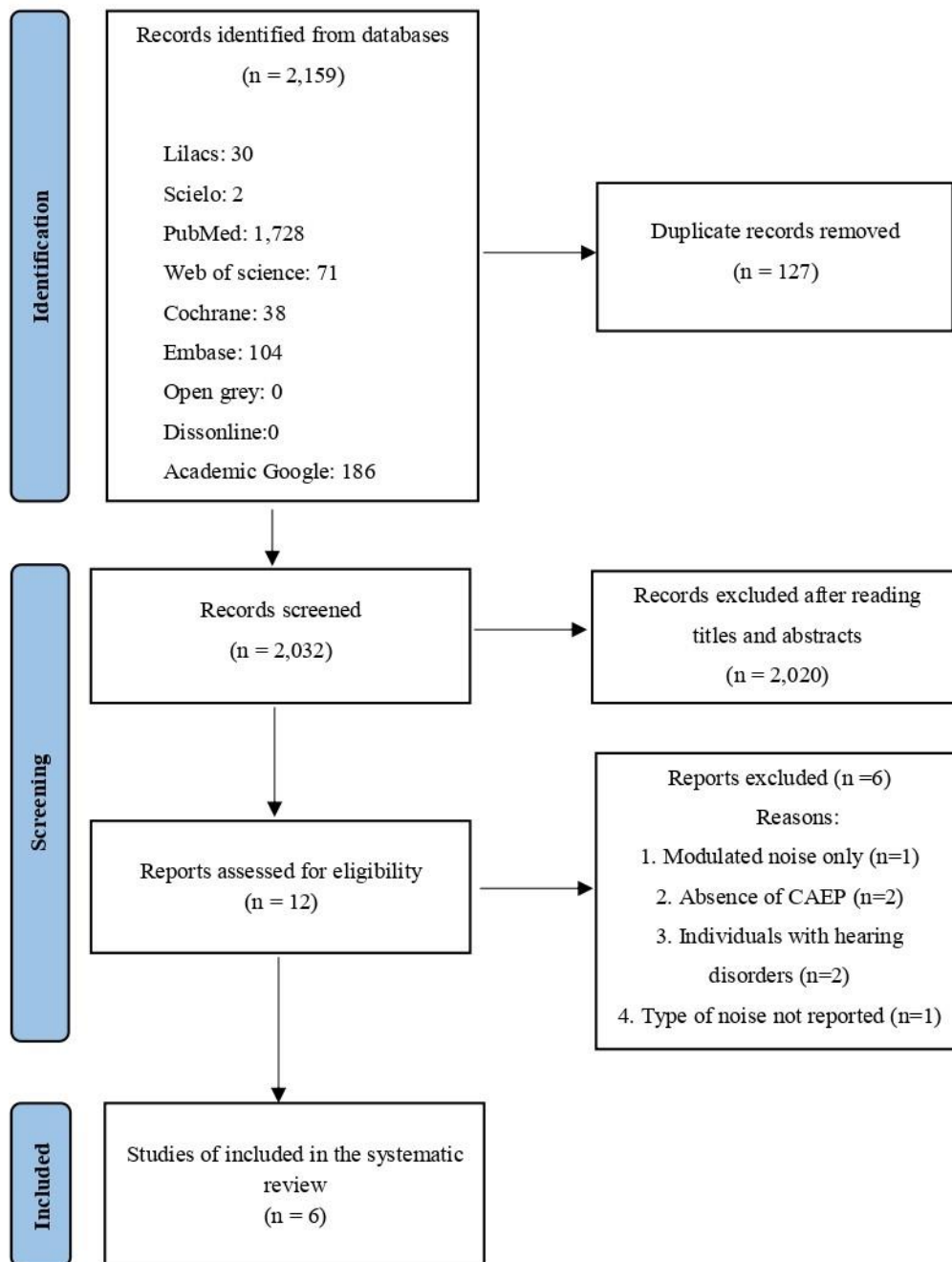


Figure 2. Quantitative analysis of N1 and P2 latency measurements.

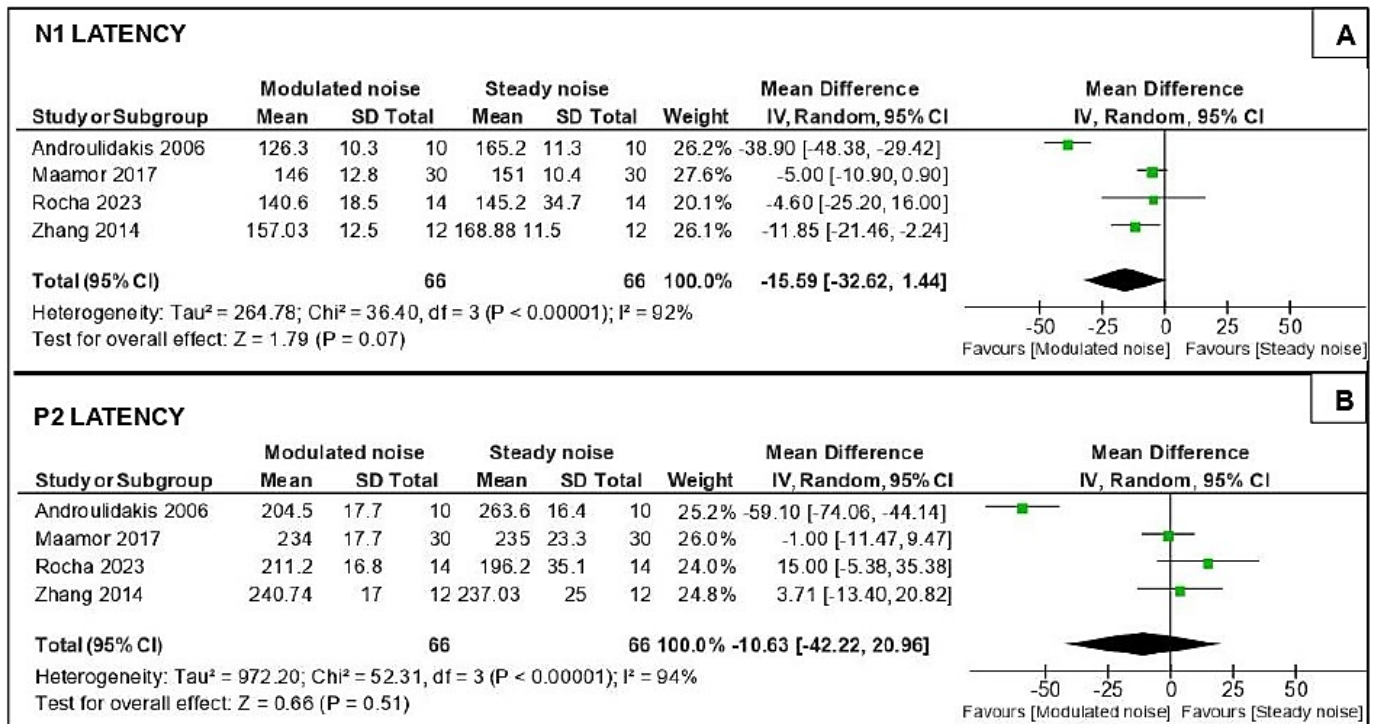
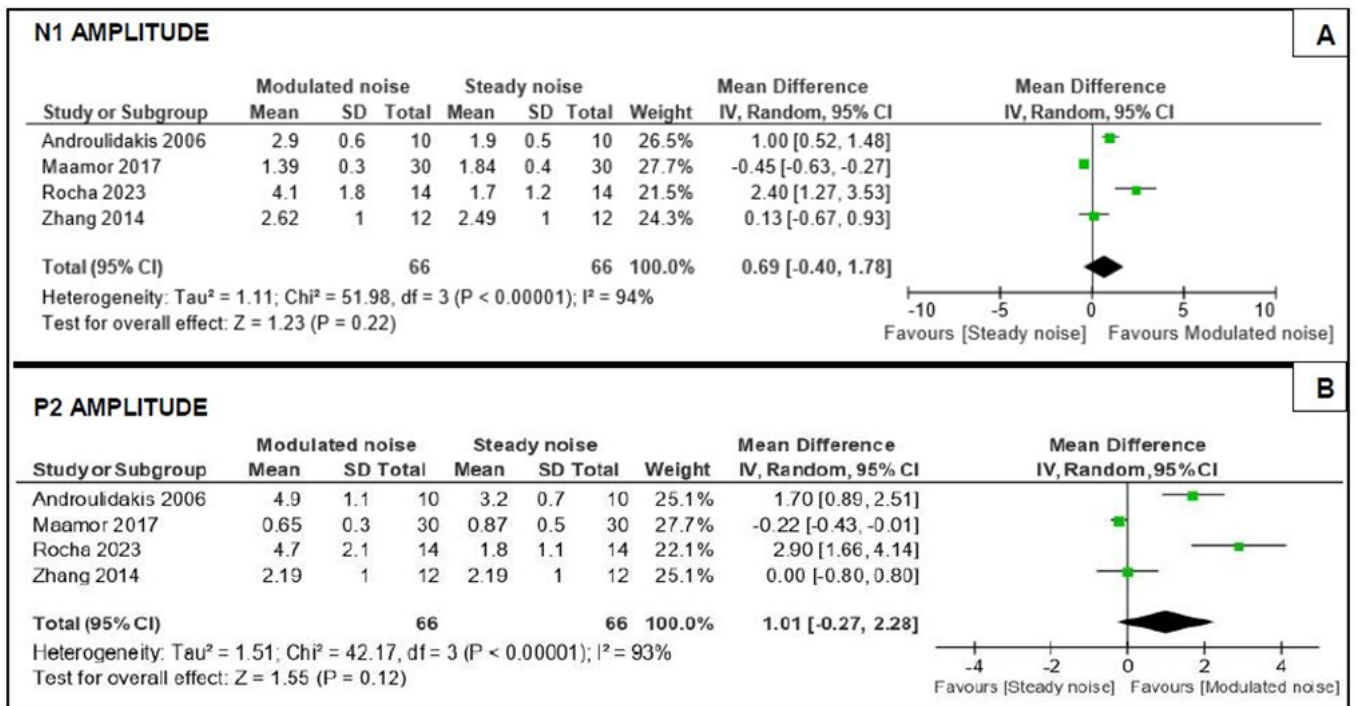


Figure 3. Quantitative analysis of N1 and P2 amplitude measurements.



## 5 ARTIGO II

Artigo aceito na revista CoDAS

(Qualis A3 / Fator de impacto: 0.9)

### **Efeito do mascaramento modulado em medidas eletrofisiológicas e comportamentais**

*Effect of modulated masking on electrophysiological and behavioral measures*

Rocha, M. F. B.; Advíncula, K. P.; Duarte, D. S. B.; Menezes, P. L.

#### **RESUMO**

**Objetivo:** analisar o Benefício do Mascaramento Modulado (BMM) em medidas eletrofisiológicas e comportamentais em indivíduos jovens e adultos normouvintes. **Métodos:** estudo analítico observacional e transversal, com amostra final da pesquisa composta por 40 participantes, sendo 20 indivíduos de 18 a 30 anos (jovens-adultos) e 20 indivíduos de 31 a 50 anos (adultos), para realização de avaliação comportamental (Teste de reconhecimento de sentença na presença de ruído estável e modulado) e eletrofisiológica (Potencial Evocado Auditivo Cortical) para investigação do BMM. Os resultados foram analisados através do Test-t pareado e ANOVA para medidas repetidas, seguido pelo teste post-hoc de Bonferroni ( $p$ -valor  $<0,05$ ). **Resultados:** foi identificada uma menor interferência do ruído modulado nas medidas de latência e amplitude dos componentes corticais, gerando uma redução significativa na latência de P1 e aumento da amplitude de P2 em ambos os grupos de participantes. O ruído estável gerou limiares eletrofisiológicos e comportamentais mais elevados comparado ao ruído modulado. Uma maior magnitude do BMM foi observada no grupo jovem-adulto. **Conclusão:** identificou-se em ambos os grupos de participantes uma menor interferência do ruído modulado no tempo de codificação da resposta auditiva neural e no processo de discriminação neural da fala. Além disso, os limiares comportamentais e eletrofisiológicos foram tipicamente mais elevados diante do ruído estável quando comparado ao ruído modulado, apontando para uma correspondência da medida do BMM entre os domínios da audição. A magnitude do BMM

superior no grupo de jovens-adultos, especialmente no domínio eletrofisiológico, sugere uma maior habilidade de resolução temporal em indivíduos mais jovens.

**Palavras-chave:** Eletrofisiologia; Potenciais Evocados Auditivos; Percepção Auditiva; Mascaramento perceptivo; Audição.

## INTRODUÇÃO

A utilização dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL), como o Potencial Evocado Auditivo Cortical (PEAC) tem crescido significativamente na prática audiológica clínica, para diagnóstico e acompanhamento auditivo, como também nas pesquisas, para desenvolvimento de novos estudos e metodologias relacionadas ao Processamento Auditivo Central (PAC) em diferentes populações <sup>(1)</sup>. O PEAC possibilita a avaliação da atividade neuroelétrica do córtex auditivo, fornecendo dados biológicos importantes do processamento auditivo humano, podendo ser facilmente aplicado, uma vez que independe da resposta, atenção e interação do paciente, sendo realizado sob níveis mínimos de desconforto <sup>(2)</sup>.

Uma das habilidades do PAC que pode ser estudada por meio do PEAC, consiste na capacidade de Processamento Auditivo Temporal (PAT) do indivíduo, que integra funções importantes na comunicação, especialmente na compreensão da fala <sup>(3)</sup>. O PAT corresponde a decodificação dos aspectos temporais da audição, permitindo que o indivíduo processe alterações mínimas em som/fala dentro de um período, discriminando características físicas de tempo, frequência e intensidade do sinal acústico <sup>(4)</sup>.

O fenômeno conhecido como *Masking Release*, utilizado em português como Benefício do Mascaramento Modulado – BMM <sup>(5)</sup>, consiste em um efeito relacionado ao PAT que corresponde à identificação de sinais audíveis de um som/fala diante de oscilações de um ruído de fundo simultâneo <sup>(6)</sup>. Em outras palavras, o BMM é ocasionado quando flutuações temporais do ruído mascarante possibilitam sinais audíveis do som/fala alvo, provocando conseqüentemente, melhora no desempenho de reconhecimento do sinal alvo <sup>(7)</sup>.

Medidas comportamentais da audição, por meio de testes psicoacústicos, foram inicialmente utilizadas para investigação do BMM <sup>(5, 8-10)</sup>, constatando melhora no limiar de reconhecimento de fala diante do mascaramento modulado, quando comparado ao

maskamento estável/constante, e associando este desempenho à capacidade de processamento temporal do indivíduo.

Pesquisas com interesse em investigar o BMM no domínio da eletrofisiologia da audição e estudar o efeito da modulação do maskamento no comportamento de medidas objetivas corticais, como o PEAC, tem apontado que tais testes possuem o potencial de avaliar habilidades do PAT; além de apresentar resultados objetivos na avaliação de indivíduos incapazes de fornecer respostas comportamentais confiáveis <sup>(6, 11-13)</sup>.

O estudo do fenômeno do BMM nos domínios eletrofisiológico e comportamental tem possibilitado o aprimoramento de pesquisas a respeito das habilidades do PAT <sup>(6)</sup> e o estabelecimento de parâmetros de análise do reconhecimento da fala em situações de ruído <sup>(13)</sup>. No entanto, é observado na literatura que, geralmente, os estudos que utilizaram medidas eletrofisiológicas na investigação do BMM, não foram realizaram testes comportamentais em paralelo <sup>(11, 12)</sup>.

Presume-se que, com a realização de medidas eletrofisiológicas paralelas a medidas comportamentais seja possível determinar se tais medidas objetivas são preditivas do desempenho comportamental auditivo no estudo do BMM e seu efeito no processamento temporal da audição. À vista disso, este estudo tem como objetivo analisar o BMM em medidas eletrofisiológica e comportamental em jovens e adultos normouvintes.

## MÉTODOS

A pesquisa trata-se de um estudo analítico, do tipo observacional e transversal, realizado no Laboratório de Audiologia do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) no período de agosto a dezembro de 2022.

O protocolo desta pesquisa é baseado na Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde - CNS para estudos com seres humanos e foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da UFPE, com o parecer de número 5.140.668.

Participaram inicialmente desta pesquisa, 22 indivíduos de 18 a 30 anos (jovens-adultos) e 23 indivíduos de 31 a 50 anos (adultos) recrutados no campus universitário, após divulgação da pesquisa por meios eletrônicos. Todos os participantes foram orientados quanto ao objetivo e procedimentos necessários para realização do estudo. Após aceitarem participar do estudo, foi assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE em duas vias.

Quanto aos critérios de elegibilidade para participação da pesquisa, foram considerados como critérios de inclusão, indivíduos entre 18 e 50 anos de idade sem perda auditiva, sendo excluídos indivíduos com histórico de doenças neurológicas e/ou psiquiátricas, déficits cognitivos e com malformações de pavilhão auricular e meato acústico externo, além de perda auditiva de qualquer tipo e/ou grau. Para garantir os critérios de seleção da pesquisa, foram realizados em data previamente agendada, anamnese detalhada com informações de saúde geral e auditiva dos participantes, além da realização de exames audiológicos básicos (inspeção do meato acústico externo, audiometria e imitanciometria) e teste para triagem cognitiva (Teste de Avaliação Cognitiva Montreal – MoCA) <sup>(14)</sup>.

A existência de alterações e/ou malformações na orelha externa e/ou média foi descartada com a inspeção do meato acústico externo, além do exame de imitanciometria (sonda de 226 Hz), sendo considerado como normalidade a presença de curva timpanométrica tipo A com reflexos ipsi e contralaterais presentes (Jerger et al. 1972; Jerger and Jerger, 1989). Para confirmação de normalidade dos limiares auditivos tonais, no exame de audiometria, foi considerado como padrão de normalidade a média quadritonal das frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz inferior a 20 dB NA, em ambas as orelhas (WHO, 2020). Para a triagem cognitiva (MoCA), o resultado de normalidade foi obtido com pontuação  $\geq 26$  pontos, como sugerido no próprio teste <sup>(14)</sup>.

Após a realização dos exames prévios e exclusão dos participantes que não atendiam aos critérios de seleção da pesquisa, a amostra final foi composta por 40 indivíduos que foram submetidos à avaliação comportamental e eletrofisiológica, de modo aleatório, para investigação do BMM.

### **Avaliação comportamental**

Para investigação do BMM no domínio comportamental, os participantes foram submetidos ao teste de reconhecimento de sentença na presença de ruído estável e modulado, utilizando as 12 listas (com 20 sentenças cada) do teste HINT-Brasil, gravadas na voz masculina de um locutor brasileiro nativo (Bevilacqua et al. 2008). O teste foi realizado para obtenção do Limiar de Reconhecimento de Sentenças (LRS) nas duas condições de ruído, sendo considerado como limiar comportamental do indivíduo. O ruído estável foi apresentado a 65 dB NPS e o ruído modulado variou entre as intensidades de 65 e 30 dB NPS com taxa de modulação de 10 Hz <sup>(8)</sup>. O ruído utilizado (speech-shaped noise

- SSN) possui o envelope de espectro de frequências semelhante ao envelope do espectro de frequências das sentenças utilizadas no teste; o ruído modulado foi produzido por meio da modificação do ruído estável com a utilização do processador acústico de sinal Tucker-Davis Technologies-RX6 (TDT-RX6) <sup>(5, 8)</sup>. As apresentações dos ruídos mascarantes seguiram uma ordem aleatória em cada indivíduo.

Para realização do teste, os participantes foram posicionados em poltrona dentro de uma cabina acústica e orientados a repetir as sentenças, na presença do ruído de fundo competitivo, exatamente como escutaram. O monitoramento e registro das respostas dos participantes foram realizados de maneira simultânea pelo examinador posicionado fora da cabina, e com utilização do software Matlab (Matrix Laboratory®), versão R2012a. As sentenças e o ruído de fundo competitivo foram enviados (via TDT-RX6) e apresentados de maneira monoaural, por meio de fone auditivo supra-aural (Sennheiser HD580), à orelha direita. Cada sentença do HINT-Brasil foi apresentada uma única vez para o mesmo participante, a fim de eliminar o viés de aprendizagem. Além disso, a escolha das listas, ocorreu de forma aleatória. A duração do teste foi de aproximadamente 40 minutos, sendo realizadas pausas mediante solicitação dos sujeitos.

A resposta correta para cada sentença foi considerada a partir de sua repetição exata, sendo considerado como erro qualquer alteração na utilização de artigos, conjugação verbal e inclusão ou omissões de palavras. Considerando a importância da reprodutibilidade na obtenção do LRS, foram realizadas três medições da pesquisa de limiar para as duas condições de ruído. O LRS final de cada participante (para os dois tipos de ruído) foi obtido por meio da média das três medições do limiar em dB NPS. O BMM foi definido através da diferença entre o LRS em presença de ruído estável (tomado como referência) e o LRS em presença de ruído modulado.

Para a pesquisa do LRS, a intensidade inicial utilizada foi superior ao limiar de reconhecimento esperado, sendo 60 dB NPS na condição de ruído modulado e 70 dB NPS na condição do ruído estável. O método de obtenção do LRS, pelo software Matlab, consistia no tipo descendente-ascendente transformado (two down - one up) <sup>(19)</sup>, onde a cada duas respostas corretas consecutivas, a intensidade do sinal diminuiu em 2 dB na sentença seguinte, e a cada resposta incorreta, a intensidade de apresentação da sentença seguinte foi aumentada em 2 dB. A obtenção de cada LRS se deu após seis reversões (aumento ou diminuição da intensidade das sentenças apresentadas), por meio do cálculo da média dos quatro níveis (intensidades) finais de reversão.

## Avaliação eletrofisiológica

Para investigação do BMM no domínio eletrofisiológico, os participantes foram submetidos ao PEAC (Intelligent Hearing Systems – IHS), com estímulo de fala sintética /ba/ na presença de ruído de fala (SSN) <sup>(20)</sup>, apresentados de forma simultânea, sendo o ruído em duas condições (estável e modulado). O estímulo /ba/ foi apresentado em forma de onda modificada (taxa de 24.414 Hz) para ser compatível com o sinal digital da plataforma de processamento *Tucker-Davis Technologies-RX6* (TDT-RX6) e calibrado com referência ao dB NPS de um tom contínuo de 1kHz, pico equivalente (dB NPSpe). Para registro dos potenciais, um sistema de gravação foi sincronizado entre o *Smart EP* do IHS com o TDT- RX6 por meio de um marcador de tempo-evento (“*Trigger*”) coincidente com o início de cada estímulo /ba/. O estímulo de fala /ba/ e o ruído foram apresentados de forma monoaural para a orelha direita via fone de inserção (ER2) eletromagneticamente blindado, ligados diretamente do TDT-RX6. O /ba/ teve duração de 80 milissegundos (ms) e foi apresentado a uma intensidade fixa de 65 dB NPSpe e taxa de 3,8 estímulos por segundo.

Para aquisição do PEAC, o ruído foi apresentado simultaneamente ao estímulo /ba/ em três condições distintas: a) /ba/ e ruído estável com intensidade de 30 dB NPSpe (ruído estável fraco); b) /ba/ e ruído estável com intensidade de 65 dB NPSpe (ruído estável forte); c) /ba/ e ruído modulado em 25 Hz nas intensidades de 30 e 65 dB NPSpe (Figura 1). A apresentação das diferentes condições de ruído foi realizada de maneira aleatória em cada indivíduo.

### < Figura 1 >

Os participantes foram posicionados em poltrona reclinável dentro de cabina acústica, assistindo a um vídeo sem áudio e orientados a não dormir durante a realização do exame. A limpeza da pele com álcool 70% e gel abrasivo (NuPrep®) antecedeu a colocação dos eletrodos, que foram posicionados nas seguintes configurações: dois eletrodos de referência de polaridade negativa posicionados na região dos lóbulos direito (A1) e esquerdo (A2); um eletrodo de polaridade positiva colocado no vértice da cabeça (Cz) e um eletrodo terra posicionado na região inferior da fronte (Fpz). As olivas utilizadas nos fones de inserção foram descartáveis. A duração total do exame foi de

aproximadamente uma hora em cada participante, sendo realizadas pausas mediante solicitação dos sujeitos.

Os potenciais corticais (P1, N1 e P2) foram analisados quanto a sua latência (em milissegundos-ms), amplitude (em microvolts- $\mu$ V) e morfologia, diante das três condições de ruído. Todos os registros dos traçados do PEAC foram analisados individualmente, de maneira cega, por três avaliadores com experiência em eletrofisiologia, para identificação e marcação dos potenciais. O componente P1 foi considerado como a primeira onda cortical positiva mais robusta em torno de 50ms, o componente N1 foi analisado como o vale subsequente à onda P1, com maior negatividade, e a resposta de P2 foi identificada como a onda positiva mais robusta após N1.

O limiar eletrofisiológico no PEAC também foi investigado em cada participante, eliciado pelo estímulo de fala /ba/ diante das condições de ruído estável forte e ruído modulado. A pesquisa do limiar foi realizada a partir da diminuição da intensidade do estímulo de fala de 10 em 10 dB até o desaparecimento do complexo P1-N1-P2 e em seguida o aumento de 5 em 5 dB até o seu aparecimento. A partir da obtenção do limiar eletrofisiológico, a magnitude do BMM foi mensurada para cada sujeito, diante da diferença em decibéis (dB NPSpe) entre as condições de mascaramento estável e modulado.

### **Análise estatística dos dados**

A análise estatística foi realizada por meio do programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 20.0. Os resultados foram expressos através das medidas estatísticas de média, mediana, desvio-padrão e percentil em apresentação tabular. A normalidade das amostras por grupo foi verificada com o teste de *Shapiro-Wilk* e utilização do critério de *Hair* (2010)<sup>(21)</sup> para análise de assimetria (-2 e +2) e curtose (-7 e +7), sendo observada uma distribuição normal dos dados. Para análise inferencial dos componentes corticais em cada grupo de ruído utilizou-se ANOVA para medidas repetidas, seguido pelo teste *post-hoc* de *Bonferroni* (p-valor <0,05). O *Test-t* pareado foi utilizado para análise dos limiares eletrofisiológicos e comportamental entre os dois grupos de ruído, estável e modulado (p-valor <0,05).

## RESULTADOS

Um total de 45 indivíduos foi recrutado inicialmente para a pesquisa, onde 22 participantes possuíam idades de 18 a 30 anos e 23 participantes com idades de 31 a 50 anos. Cinco participantes foram excluídos da amostra final, onde dois apresentaram oclusão do meato acústico externo, um apresentou limiares compatíveis com perda auditiva leve e dois participantes não compareceram ao exame comportamental e eletrofisiológico na data agendada. Com isso, 40 participantes com audição dentro dos critérios de normalidades pré-estabelecidos compuseram a amostra final do estudo. Os participantes foram divididos em dois grupos de acordo com a idade, sendo o grupo “Jovem-adulto” com faixa etária de 18 a 30 anos e o grupo “Adulto”, de 31 a 50 anos de idade. O grupo Jovem-adulto foi composto por 20 participantes (15 mulheres e 5 homens), com média de idade de 22,8 anos e o grupo Adulto foi composto por 20 participantes (10 mulheres e 10 homens), com média de idade de 37,7 anos.

A resposta média geral (*gran average*) das ondas do PEAC para cada tipo de ruído mascarante e entre os dois grupos de participantes é mostrada nos painéis A – F da Figura 2. Os traços individuais são mostrados como linhas na cor cinza claro e as respostas médias de cada grupo como linhas escuras pesadas. É possível observar uma semelhança nas respostas médias das ondas corticais entre os grupos etários. As ondas corticais na condição do ruído estável forte são demonstradas com menor amplitude, sobretudo no componente P2 (representado pelo segundo pico positivo) e no componente N1 (representado pelo primeiro vale negativo) para ambos os grupos de participantes (Figura 2-B e E).

### <Figura 2>

A Tabela 1 descreve, para cada grupo etário, os valores de latência dos componentes corticais (P1, N1, P2) evocados pelo estímulo de fala /ba/ diante dos três diferentes tipos de mascaramento apresentados e a comparação entre as médias obtidas. É possível observar que tanto para o grupo jovem-adulto quanto para o grupo adulto, os valores de latência diante do mascaramento com ruído modulado foram menores quando comparado ao ruído estável forte.

No teste de comparação das medidas de latência (ANOVA, post-hoc Bonferroni) constatou-se que a redução dessa medida com a modulação do ruído foi estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) na resposta cortical de P1 em relação à condição de ruído estável

forte, para ambos os grupos de participantes. Não houve diferença significativa nas latências, ou seja, no tempo de codificação neural entre o mascaramento modulado e o estável fraco.

#### < Tabela 1 >

Na tabela 2, estão descritos, para os dois grupos de participantes, os valores de amplitude das respostas corticais (P1, N1, P2) diante das três condições de mascaramento utilizadas, bem como a comparação entre as médias obtidas. Foi possível observar que no grupo de jovens-adultos, os valores das médias de amplitude dos componentes corticais foram maiores diante do mascaramento com ruído modulado quando comparado ao ruído estável forte.

O teste comparativo (ANOVA, post-hoc Bonferroni) demonstrou que o aumento das medidas de amplitude na condição de modulação do ruído foi estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ) na resposta cortical de P2 em relação à condição de ruído estável forte. No grupo adulto, as repostas de amplitude foram maiores nos componentes N1 e P2 diante do mascaramento com ruído modulado quando comparado ao ruído estável forte, com diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) apenas em P2, semelhante ao grupo mais jovem. Assim como nas repostas de latências, não houve diferenças significativas nas amplitudes, ou seja, na magnitude da resposta neural entre o mascaramento modulado e o estável fraco, para ambas as faixas etárias.

#### < Tabela 2 >

Na pesquisa dos limiares eletrofisiológicos e comportamentais, os resultados expressos na tabela 3 evidenciam, para os dois grupos de participantes, que a condição de modulação do mascaramento resultou em limiares estatisticamente inferiores ( $p < 0,05$ ; teste t pareado) quando comparado ao mascaramento estável em ambos os domínios da audição. Este resultado pode inferir que, apesar do mascaramento utilizado, a condução periférica e neural do estímulo de fala foi beneficiada pela modulação do ruído mascarante, resultando em melhores respostas nos limiares auditivos comportamentais e eletrofisiológicos.

#### < Tabela 3 >

Este benefício, observado pela redução dos limiares diante da modulação do ruído é expresso pela medida de BMM, sendo maior no grupo de jovens-adultos em ambos os domínios da audição, como ilustrado na figura 3.

< Figura 3 >

## DISCUSSÃO

O estudo do efeito do ruído modulado diante da detecção do estímulo de fala por meio do PEAC permite a análise do benefício da modulação e seu efeito no processamento temporal da audição de maneira objetiva, sendo válido considerar a importância da avaliação psicoacústica a fim de investigar uma predição deste efeito no desempenho comportamental auditivo. Em virtude disso, este estudo avaliou o efeito da modulação do ruído mascarante com estímulo de fala por meio do paralelo entre os domínios eletrofisiológico e comportamental em jovens e adultos normouvintes.

O complexo cortical P1-N1-P2 evocado pelo estímulo de fala /ba/ mascarado pelos ruídos estável e modulado permitiu a análise das respostas corticais referentes às características acústicas do processamento sonoro a nível talâmico, córtex auditivo primário e áreas de associação <sup>(22)</sup>. A aplicação do PEAC com estímulos complexos e em condições de mascaramento favorece o estudo do BMM, principalmente pela proximidade dos geradores de seus potenciais com a percepção do som <sup>(23)</sup>.

Desta maneira, as respostas de latência e amplitude dos componentes corticais analisados podem refletir a percepção das características acústicas da fala e determinar a integridade da codificação neural de cada indivíduo, além de inferir sobre a influência do ruído no tempo de percepção da fala e sobre a magnitude da atividade cortical no processamento desses sinais complexos <sup>(24)</sup>.

Com base na análise das medidas de latência, foi possível observar no presente estudo uma maior interferência do ruído estável forte no sincronismo neural para geração dos potenciais corticais (P1-N1-P2) em ambos os grupos de participantes, resultando em latências maiores nesta condição de mascaramento (Tabela 1). Uma menor interferência neste sincronismo neural, semelhante nos dois grupos de idade, foi estatisticamente constatada na geração do componente P1 diante da diminuição da intensidade do ruído (ruído estável fraco) e de sua modulação. Este achado demonstra que apesar da perturbação do ruído na percepção da fala, o ruído modulado possui uma menor interferência no tempo

de codificação da resposta auditiva neural (representado por P1), quando comparado ao ruído estável forte, não havendo diferença no tempo de codificação neural entre o mascaramento modulado e o estável fraco.

Apesar do atraso esperado nas latências das respostas corticais em condições de ruído, estudos também apontam uma menor interferência no tempo de processamento neural quando este ruído apresenta modulações, resultando em uma diminuição sistemática nas respostas de latência em comparação ao ruído estável <sup>(6, 12, 13)</sup>. A menor interferência significativa da modulação expressa no componente P1 pode ser explicada pelo fato deste potencial estar relacionado à detecção e codificação das características de frequência e tempo do estímulo acústico <sup>(25)</sup>, sendo estas propriedades mais bem exploradas durante a redução dos níveis de mascaramento do ruído modulado, facilitando o tempo de codificação do sinal da fala <sup>(7)</sup>.

A respeito das amplitudes (Tabela 2), os resultados evidenciaram, semelhantemente aos resultados de latência, uma menor interferência do mascaramento modulado nessas respostas, resultando em amplitudes maiores quando comparado à condição de ruído estável forte, especialmente para o componente P2 ( $p < 0,05$ ), para ambos os grupos de participantes. A morfologia das ondas do *grand average* confirma a maior interferência do ruído estável forte nas respostas corticais, expressa pelas menores amplitudes da segunda onda positiva (P2) e do primeiro vale negativo (N1) (Figura 2 - B e E). Estes resultados corroboram com estudos que apontam a diminuição da relação sinal/ruído gerada pela modulação na intensidade do ruído mascarante como resultado de uma menor interferência deste mascaramento na magnitude das respostas neurais expressas pelas amplitudes dos potenciais <sup>(6, 26)</sup>.

A menor interferência significativa gerada pelo ruído modulado na amplitude de P2 demonstra que apesar do mascaramento, a condição de modulação ainda permite uma melhor mobilização de neurônios no processo de discriminação neural do sinal de fala, sofrendo maior perturbação na condição de ruído estável <sup>(27)</sup>. Em relação às medidas de latência e amplitude dos componentes corticais estudados, não houve diferenças consideráveis nas respostas em ambos os grupos de participantes, apontando para um desempenho auditivo cortical semelhante nas faixas etárias estudadas.

Os resultados da pesquisa de limiar eletrofisiológico e comportamental para ambos os grupos de idade (Tabela 3) corroboram com os achados na literatura que inferem que o ruído estável possui maior efeito mascarante nos limiares mínimos de detecção de um sinal sonoro, gerando limiares tipicamente mais elevados quando comparado ao ruído modulado

em ambos os domínios da audição <sup>(5, 6, 10)</sup>. Embora os limiares médios do PEAC tenham sido inferiores aos registrados nos limiares comportamentais, a diferença foi inferior a 10 dB, o que corresponde com outros achados na literatura que observaram limiares corticais comparativamente inferiores à limiares comportamentais em até 10 dB <sup>(28)</sup>.

Na presente pesquisa, os limiares estatisticamente menores diante do ruído modulado em ambos os domínios da audição demonstram que a realização do PEAC pode ser preditiva na avaliação do desempenho comportamental auditivo, confirmando o benefício da modulação do ruído na detecção e percepção do estímulo de fala. O estudo entre limiares eletrofisiológicos e comportamentais tem sido apontada em outras pesquisas, mostrando uma correlação entre essas medidas <sup>(23, 29)</sup>, onde o PEAC tem sido visto com potencial de avaliar as habilidades de processamento temporal e oferecer resultados equivalentes confiáveis de limiares de detecção de fala diante de ruídos estáveis e modulados <sup>(6, 13)</sup>.

A diferença do limiar entre as duas condições de mascaramento (estável e modulado), interpretada como a mensuração do BMM, foi comparavelmente similar entre os domínios eletrofisiológico e comportamental, em ambos os grupos de participantes (Tabela 3), apontando para uma correspondência dessa medida entre os domínios da audição. O valor do BMM, especialmente no domínio eletrofisiológico, foi superior no grupo jovem-adulto (9,5 dB) em relação ao grupo adulto (6,7 dB), demonstrando um melhor aproveitamento da modulação do ruído em indivíduos mais jovens (Figura 3), sugerindo que indivíduos jovens possuem uma maior habilidade do sistema auditivo em perceber as pistas acústicas da fala que não estão mascaradas nos espaços de tempo de menor intensidade do ruído, em virtude da modulação <sup>(5, 30)</sup>.

A magnitude do BMM no domínio comportamental foi aproximada entre os grupos de participantes, demonstrando pouca variação relacionada à faixa etária estudada no teste psicoacústico. Estudos de investigação do BMM com utilização de teste comportamentais em jovens e adultos, constaram magnitude de 8,6 dB e 7,3 dB, semelhantes aos resultados encontrados na presente pesquisa <sup>(5, 8)</sup>.

Pesquisas relacionadas ao estudo do efeito da modulação do ruído no sistema auditivo sugerem que a resposta do BMM pode ser adotada como uma medida representativa da capacidade de resolução temporal <sup>(6, 31)</sup>, uma vez que esta habilidade se refere à identificação de curtos períodos temporais diante de dois sinais acústicos <sup>(32)</sup>. Desta maneira, é possível considerar que a presença do efeito do BMM esteja relacionada à integridade do processamento temporal da audição em indivíduos normouvintes.

Os resultados desta pesquisa permitiram a análise do BMM nos domínios comportamental e eletrofisiológico da audição, possibilitando a compreensão do efeito da modulação do ruído no processamento auditivo temporal, bem como sua relação com a habilidade de resolução temporal. Apesar da presente pesquisa ser restrita à população jovem e adulta normouvinte, a realização de mais estudos com essa faixa etária e até mesmo com a população idosa, com e sem perda auditiva, poderão contribuir para a melhor compreensão do BMM.

## **CONCLUSÃO**

Os achados da presente pesquisa apontaram, em ambos os grupos de participantes, uma menor interferência do ruído modulado no tempo de codificação da resposta auditiva neural (redução significativa da latência de P1) e uma menor perturbação do ruído modulado no processo de discriminação neural da fala (aumento significativo nas amplitudes de P2). As pesquisas dos limiares comportamental e eletrofisiológico evidenciaram que o ruído estável gerou limiares tipicamente mais elevados comparado ao ruído modulado em ambos os testes, apontando para uma correspondência da medida do BMM entre os domínios da audição. Os jovens-adultos apresentaram uma magnitude do BMM superior aos adultos, especialmente no domínio eletrofisiológico, o que sugere uma maior habilidade de resolução temporal em indivíduos mais jovens.

## **Financiamento**

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Brasil) – código de financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

1. Romero ACL, Frizzo ACF, Chagas EFB, Isaac ML. Cortical auditory evoked potential in babies and children listeners. *Braz j otorhinolaryngol*. 2020; 86(4):395-404. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2019.01.007>
2. Oliveira LS, Didoné DD, Durante AS. Automated cortical auditory evoked potentials threshold estimation in neonates. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2019; 85(2):206-12. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2018.01.001>
3. Shafer VL, Yu YH, Wagner M. Maturation of cortical auditory evoked potentials (CAEPs) to speech recorded from frontocentral and temporal sites: three months to eight years of age. *Int J Psicofisiol*. 2015; 95(2):77-93. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.08.1390>
4. Guimarães ACF, Santos JN, Rabelo ATV, Magalhães MCA. The influence of noise on verbal auditory temporal ordering ability. *Rev CEFAC*. 2015; 17(1):209-15. <https://doi.org/10.1590/1982-021620155914>
5. Advíncula KP, Menezes DC, Pacífico FA, da Costa MLG, Griz SMS. Age effects in temporal auditory processing: modulation masking release and forward masking effect. *Audiol Commun Res*. 2018; 23:e1861. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2017-1861>
6. Tanner AM, Spitzer ER, Hyzy JP, Grose JH. Masking release for speech in modulated maskers: electrophysiological and behavioral measures. *Ear Hear*. 2019; 40(4):1009-15. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000683>
7. Middlebrooks JC. Masking release by combined spatial and masker-fluctuation effects in the open sound field. *J Acoust Soc Am*. 2017; 142(6):3362-75. <https://doi.org/10.1121/1.5014053>
8. Advíncula KP, Menezes DC, Pacífico FA, Griz SMS. Effect of modulation rate on masking release for speech. *Audiol Commun Res*. 2013; 18(4):238-44. <https://doi.org/10.1590/S2317-64312013000400003>

9. Desloge JG, Reed CM, Braid LD, Perez ZD, Delhorne LA. Speech reception by listeners with real and simulated hearing impairment: effects of continuous and interrupted noise. *J Acoust Soc Am.* 2010; 128:342-59. <https://doi.org/10.1121/1.3436522>
  
10. 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.* 2012; 132(4):2676-89. <https://doi.org/10.1121/1.4746019>
  
11. Zhang C, Lu L, Wu X, Li L. Attentional modulation of the early cortical representation of speech signals in informational or energetic masking. *Brain Lang.* 2014; 135:85-95. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2014.06.002>
  
12. Maamor N, Billings CJ. Cortical signal-in-noise coding varies by noise type, signal-to-noise ratio, age, and hearing status. *Neurosci Lett.* 2017; 636:258-64. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2016.11.020>
  
13. Rocha MFB, Menezes DC, Duarte DSB, Griz SMS, Frizzo ACF, Menezes PL et al. Masking release in cortical auditory evoked potentials with speech stimulus. *CoDAS.* 2023; 35(1):e20200334. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212020334pt>
  
14. Nasreddine ZS, Phillips NA, Bédirian V, Charbonneau S, Whitehead V, Collin I. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for Mild Cognitive Impairment. *J Am Geriatr Soc.* 2005; 53(4):695-9. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
  
15. Jerger J, Jerger S, Mauldin L. Studies in impedance audiometry. Normal and sensorineural ears. *Arch Otolaryngol.* 1972; 96(6):513-23. <http://dx.doi.org/10.1001/archotol.1972.00770090791004>
  
16. Jerger S, Jerger J. *Hearing Changes - A Manual for Clinical Assessment.* São Paulo: Atheneu; 1989.
  
17. WHO: World Health Organization. Basic ear and hearing care resource. Available: <http://www.who.int/publications-detail/basic-ear-and-hearing-care-resource> (accessed 20 October 2023).

18. Bevilacqua MC, Banhara MR, Da Costa EA, Vignoly AB, Alvarenga KF. The Brazilian Portuguese hearing in noise test. *Int J Audiol*. 2008; 47(6):364-5. <https://doi.org/10.1080/14992020701870205>
19. Levitt H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. *J Acoust Soc Am*. 1971;49(2):467-77.
20. Stephens JDW, Holt LL. A standard set of American-English voiced stop-consonant stimuli from morphed natural speech. *Speech Commun*. 2011; 53(6):877-88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.specom.2011.02.007>
21. Hair J, Black WC, Babin BJ, Anderson RE. *Multivariate data analysis*. 7th ed., Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Educational International; 2010.
22. Pelaquim A, Sanfins MD, Fornazieri MA. Changes in Auditory Evoked Potentials Increase the Chances of Adults Having Central Auditory Processing Disorder. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2023; 28(1): e134-e140. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1759747>
23. Lunardelo PP, Simões H de O, Zanchetta S. Differences and similarities in the long-latency auditory evoked potential recording of P1-N1 for different sound stimuli. *Rev CEFAC [Internet]*. 2019; 21(2): e18618. <https://doi.org/10.1590/1982-0216/201921218618>
24. Duarte DSB, Griz SMS, Rocha MFB, Britto DBLA, Menezes DC, Advíncula KP. The effect of noise on the amplitude and morphology of cortical auditory evoked potentials. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2022; 88 (3): S59-S65. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2021.11.006>
25. Melo Â, Biaggio EPV, Rechia IC, Sleifer P. Cortical auditory evoked potentials in full-term and preterm neonates. *CoDAS*. 2016; 28(5):491-6. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20162015291>
26. Grose JH, Griz S, Pacífico FA, Advíncula KP, Menezes DC. Modulation masking release using the Brazilian-Portuguese HINT: psychometric functions and the effect of speech time compression. *Int J Audiol*. 2015; 54(4):274-81. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2014.986692>

27. Frizzo AFF, Advíncula KP. Long latency auditory evoked potentials: concepts and clinical applications. Treatise on Electrophysiology for Audiology. 1. Ed. São Paulo: Booktoy, 14:139-150; 2019.
  
28. Durante AS, Wieselberg MB, Roque N, Carvalho S, Pucci, B., Gudayol N et al. Assessment of hearing threshold in adults with hearing loss using an automated system of cortical auditory evoked potential detection. Braz j otorhinolaryngol. 2017; 83(2):147-54. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.02.016>
  
29. Van Dun B, Dillon H, Seeto M. Estimating hearing thresholds in hearing-impaired adults through objective detection of cortical auditory evoked potentials. J Am Acad Audiol. 2015; 26:370-83. <https://doi.org/10.3766/jaaa.26.4.5>
  
30. 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):857-64. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2007/060\)](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2007/060))
  
31. Grose JH, Menezes DC, Porter HL, Griz S. Masking period patterns and forward masking for speech-shaped noise: Age-related effects. Ear Hear. 2016; 37(1):48-54. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000200>
  
32. Martins QP, Vellozo FF, Faccin VA, Garcia MV. Temporal resolution in children: analysis of different tests. Distúrb Comun. 2017; 29(4):727-33. <https://revistas.pucsp.br/index.php/dic/article/view/31340>

## LISTA DE TABELAS E FIGURAS

**Tabela 1. Comparação das médias de latência dos componentes P1, N1 e P2 entre as diferentes condições de ruído.**

| Latência<br>(ms)     | Ruído estável fraco<br>Média ± DP<br>(IC 95%) | Ruído estável forte<br>Média ± DP<br>(IC 95%) | Ruído modulado<br>Média ± DP<br>(IC 95%) | ANOVA<br>Post-hoc<br>(Bonferroni)                                                            |
|----------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Jovem-adulto</i>  |                                               |                                               |                                          |                                                                                              |
| <b>Componente P1</b> | 56,3 ± 11,5<br>(50,8 - 61,7)                  | 68,9 ± 20,1<br>(59,4 - 78,3)                  | 51,9 ± 8,0<br>(48,1 - 55,6)              | <b>p 0,016</b> <sup>(a)</sup> *<br>p 0,896 <sup>(b)</sup><br><b>p 0,003</b> <sup>(c)</sup> * |
| <b>Componente N1</b> | 109,6 ± 10,0<br>(104,9 - 114,3)               | 118,7 ± 23,2<br>(107,8 - 129,6)               | 116,6 ± 12,3<br>(110,8 - 122,4)          | p 0,328 <sup>(a)</sup><br>p 0,059 <sup>(b)</sup><br>p 1,000 <sup>(c)</sup>                   |
| <b>Componente P2</b> | 165,9 ± 16,1<br>(158,3 - 173,4)               | 174,9 ± 24,2<br>(163,1 - 186,2)               | 168,3 ± 12,9<br>(162,2 - 174,4)          | p 0,521 <sup>(a)</sup><br>p 1,000 <sup>(b)</sup><br>p 0,488 <sup>(c)</sup>                   |
| <i>Adulto</i>        |                                               |                                               |                                          |                                                                                              |
| <b>Componente P1</b> | 56,4 ± 9,3<br>(52,1 - 60,8)                   | 65,6 ± 10,3<br>(60,7 - 70,5)                  | 54,8 ± 7,5<br>(51,3 - 58,4)              | <b>p 0,024</b> <sup>(a)</sup> *<br>p 1,000 <sup>(b)</sup><br><b>p 0,002</b> <sup>(c)</sup> * |
| <b>Componente N1</b> | 104,6 ± 7,7<br>(100,9 - 108,2)                | 119,9 ± 21,5<br>(109,8 - 129,9)               | 116,7 ± 15,1<br>(109,6 - 123,8)          | p 0,022 <sup>(a)</sup><br>p 0,008 <sup>(b)</sup><br>p 1,000 <sup>(c)</sup>                   |
| <b>Componente P2</b> | 163,8 ± 13,7<br>(157,4 - 170,3)               | 178,7 ± 27,4<br>(165,9 - 191,6)               | 173,2 ± 22,0<br>(162,8 - 183,4)          | p 0,108 <sup>(a)</sup><br>p 0,204 <sup>(b)</sup><br>p 0,793 <sup>(c)</sup>                   |

Legenda: ms – milissegundos; DP – Desvio Padrão; IC – Intervalo de Confiança de 95%; <sup>(a)</sup> comparação das médias entre os ruídos estável fraco e forte; <sup>(b)</sup> comparação das médias entre os ruídos estável fraco e ruído modulado; <sup>(c)</sup> comparação das médias entre os ruídos estável forte e ruído modulado. \* diferença estatisticamente significativa.

**Tabela 2. Comparação das médias de amplitude dos componentes P1, N1 e P2 entre as diferentes condições de ruído.**

| Amplitude<br>( $\mu$ V)  | Ruído estável fraco<br>Média $\pm$ DP<br>(IC 95%) | Ruído estável forte<br>Média $\pm$ DP<br>(IC 95%) | Ruído modulado<br>Média $\pm$ DP<br>(IC 95%) | ANOVA<br>Post-hoc<br>(Bonferroni)                                                            |
|--------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Jovem-adulto</i>      |                                                   |                                                   |                                              |                                                                                              |
| <b>Componente<br/>P1</b> | 5,7 $\pm$ 1,9<br>(4,8 - 6,6)                      | 5,2 $\pm$ 1,9<br>(4,3 - 6,1)                      | 5,8 $\pm$ 1,6<br>(5,0 - 6,6)                 | p 0,565 <sup>(a)</sup><br>p 1,000 <sup>(b)</sup><br>p 0,373 <sup>(c)</sup>                   |
| <b>Componente<br/>N1</b> | 5,1 $\pm$ 3,1<br>(3,6 - 6,6)                      | 4,2 $\pm$ 3,2<br>(2,6 - 5,7)                      | 4,4 $\pm$ 2,4<br>(3,2 - 5,5)                 | p 0,123 <sup>(a)</sup><br>p 0,370 <sup>(b)</sup><br>p 1,000 <sup>(c)</sup>                   |
| <b>Componente<br/>P2</b> | 5,0 $\pm$ 4,1<br>(3,0 - 6,9)                      | 3,3 $\pm$ 2,5<br>(2,1 - 4,5)                      | 5,4 $\pm$ 2,4<br>(4,2 - 6,5)                 | <b>p 0,027</b> <sup>(a)</sup> *<br>p 1,000 <sup>(b)</sup><br><b>p 0,001</b> <sup>(c)</sup> * |
| <i>Adulto</i>            |                                                   |                                                   |                                              |                                                                                              |
| <b>Componente<br/>P1</b> | 5,3 $\pm$ 1,8<br>(4,4 - 6,2)                      | 5,4 $\pm$ 2,0<br>(4,4 - 6,3)                      | 5,4 $\pm$ 1,7<br>(4,6 - 6,3)                 | p 1,000 <sup>(b)</sup><br>p 1,000 <sup>(b)</sup><br>p 1,000 <sup>(b)</sup>                   |
| <b>Componente<br/>N1</b> | 5,4 $\pm$ 2,3<br>(4,3 - 6,5)                      | 4,1 $\pm$ 3,1<br>(2,6 - 5,6)                      | 4,8 $\pm$ 2,4<br>(3,6 - 5,9)                 | p 0,055 <sup>(a)</sup><br>p 0,368 <sup>(b)</sup><br>p 0,690 <sup>(c)</sup>                   |
| <b>Componente<br/>P2</b> | 4,9 $\pm$ 2,6<br>(3,6 - 6,1)                      | 3,4 $\pm$ 2,0<br>(2,5 - 4,4)                      | 5,2 $\pm$ 1,8<br>(4,4 - 6,1)                 | p 0,084 <sup>(a)</sup><br>p 1,000 <sup>(b)</sup><br><b>p 0,006</b> <sup>(c)</sup> *          |

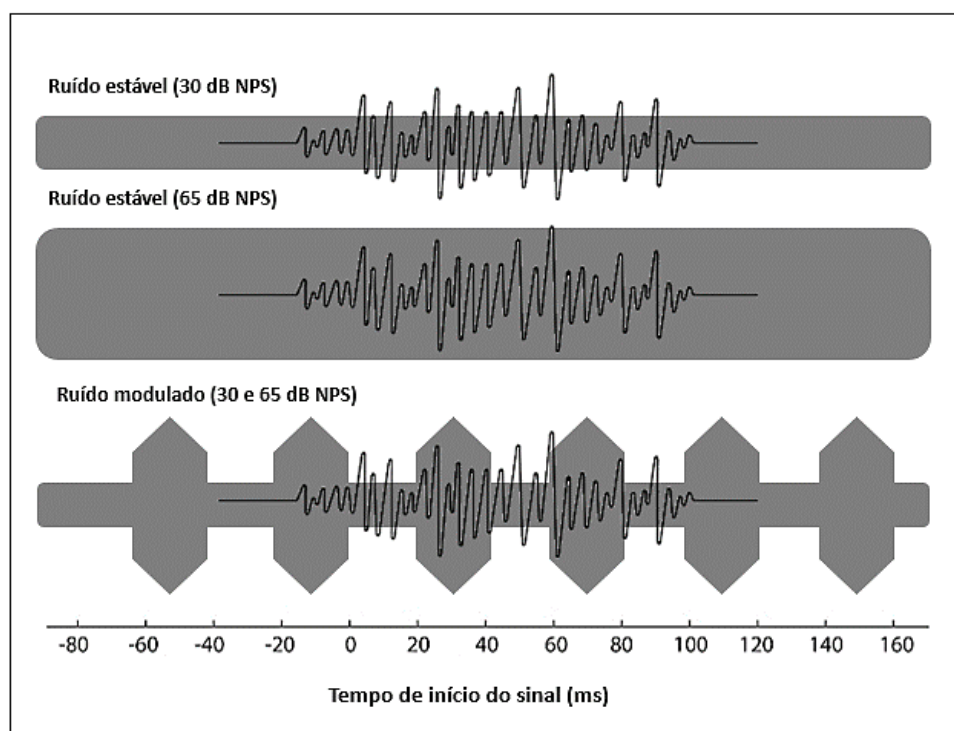
Legenda:  $\mu$ V – microvolts; DP – Desvio Padrão; IC – Intervalo de Confiança de 95%; <sup>(a)</sup> comparação das médias entre os ruídos estável fraco e forte; <sup>(b)</sup> comparação das médias entre os ruídos estável fraco e ruído modulado; <sup>(c)</sup> comparação das médias entre os ruídos estável forte e ruído modulado. \* diferença estatisticamente significativa.

**Tabela 3. Descrição do BMM e limiares eletrofisiológico e comportamental diante do de ruído estável ruído modulado.**

| (dB NPS)                        | <b>Ruído estável</b><br>Média ± DP<br>(IC 95%) | <b>Ruído modulado</b><br>Média ± DP<br>(IC 95%) | <b>BMM</b><br>Média ± DP<br>(IC 95%) | <b>Test t pareado</b><br>P - valor |
|---------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| <i>Jovem-adulto</i>             |                                                |                                                 |                                      |                                    |
| <b>Limiar eletrofisiológico</b> | 49,7 ± 6,3<br>(46,7 - 52,7)                    | 41,2 ± 5,3<br>(38,7 - 43,7)                     | 9,5 ± 4,6<br>(7,0 - 11,4)            | <b>p 0,000 *</b>                   |
| <b>Limiar comportamental</b>    | 59,1 ± 1,0<br>(58,6 - 59,6)                    | 50,3 ± 1,8<br>(49,4 - 51,2)                     | 8,7 ± 1,4<br>(8,1 - 9,4)             | <b>p 0,000 *</b>                   |
| <i>Adulto</i>                   |                                                |                                                 |                                      |                                    |
| <b>Limiar eletrofisiológico</b> | 52,5 ± 4,1<br>(50,5 - 54,4)                    | 45,5 ± 3,5<br>(43,8 - 47,1)                     | 6,7 ± 2,4<br>(5,6 - 7,9)             | <b>p 0,000 *</b>                   |
| <b>Limiar comportamental</b>    | 59,2 ± 1,0<br>(58,7 - 59,6)                    | 51,0 ± 1,6<br>(50,2 - 51,8)                     | 8,1 ± 1,3<br>(7,5 - 8,7)             | <b>p 0,000 *</b>                   |

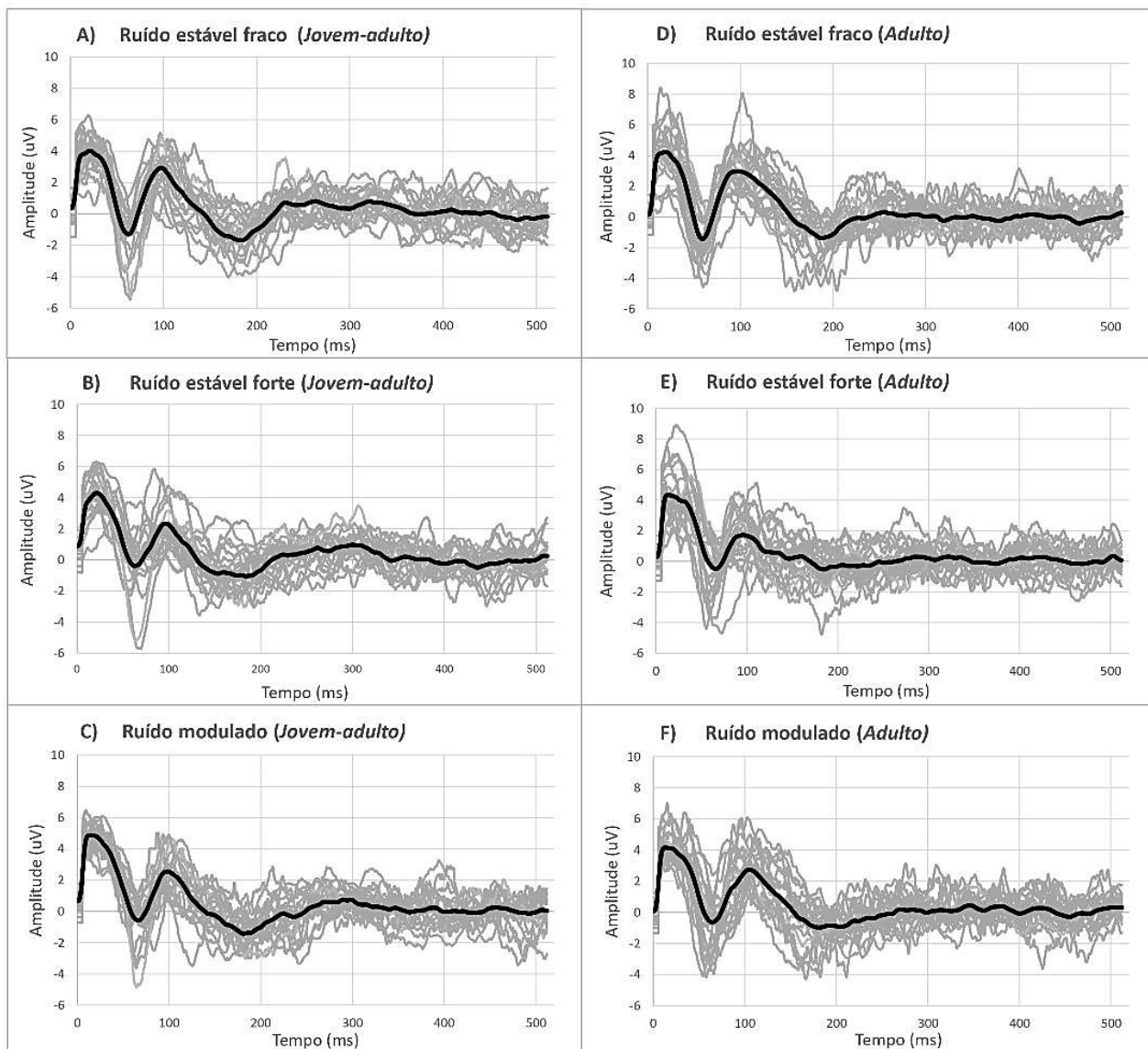
Legenda: DP – Desvio Padrão; IC – Intervalo de Confiança de 95%; dB NPS – decibel nível de pressão sonora; BMM – Benefício do Mascaramento Modulado; \* diferença estatisticamente significativa.

**Figura 1. Ilustração do estímulo de fala diante das três condições de mascaramento.**



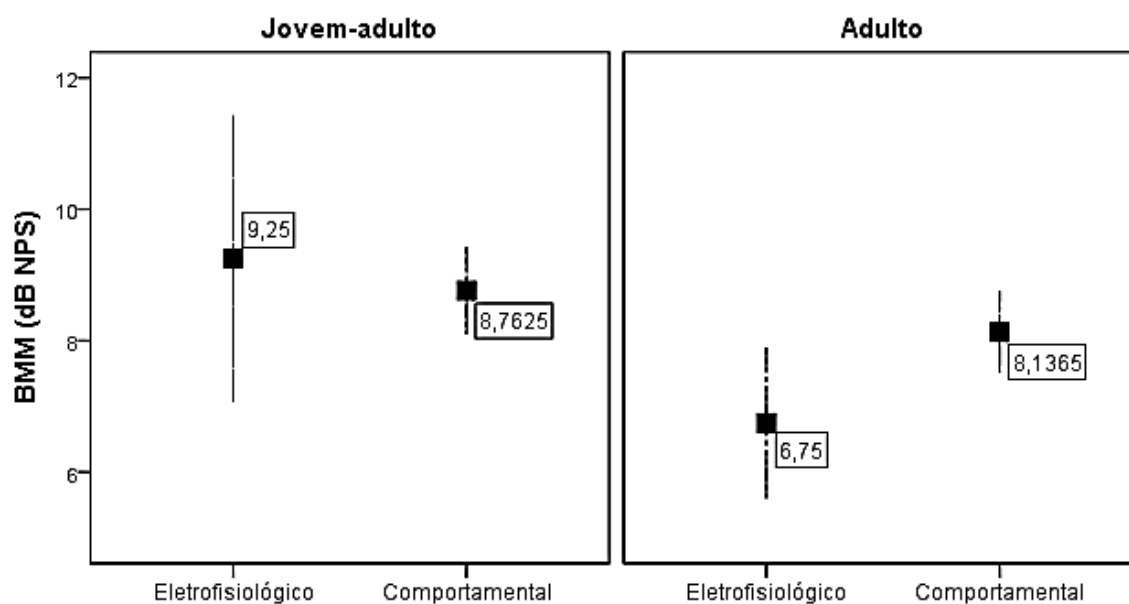
Legenda: Representação do estímulo de fala /ba/ (onda na cor preta) diante das três condições de ruído utilizadas no teste eletrofisiológico.

**Figura 2.** Grandes médias das ondas do PEAC para as três condições de mascaramento e em cada grupo de participantes.



Legenda: CAEPs individuais (cinza claro) e médios de grupo (preto) para Ruído Estável Fraco, Ruído Estável Forte e Ruído Modulado, para cada grupo de participantes.

**Figura 3. Benefício do mascaramento modulado (BMM) eletrofisiológico e comportamental para os dois grupos de participantes.**



## 6 ARTIGO III

Artigo publicado na revista *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*

(Qualis A3 / Fator de impacto: 1.7)

### ***Benefit of modulated masking in hearing according to age***

Benefício do mascaramento modulado na audição em função da idade

Rocha, M. F. B.; Advíncula, K. P.; Simões, C. E. S. X.; Britto, D. B. L. A; Menezes, P. L.

#### **ABSTRACT**

**Objective:** to analyze the Benefit of Modulated Masking (BMM) on hearing in young, adult and elderly normal-hearing individuals. **Methods:** the sample included 60 normal-hearing individuals aged 18 to 75 years who underwent behavioral assessment (Sentence recognition test in the presence of steady and modulated noise) and electrophysiological assessment (Cortical Auditory Evoked Potential) to investigate BMM. The results were analyzed comparatively using the paired t-test and ANOVA for repeated measures, followed by the Bonferroni post-hoc test ( $p$ -value  $<0.05$ ). **Results:** a decrease in latencies and an increase in amplitudes of cortical components (P1-N1-P2) was observed due to noise modulation in all age groups. Modulated noise generated better auditory threshold responses (electrophysiological and behavioral), compared to steady noise. The elderly presented a higher threshold in both hearing domains, compared to the other participants, as well as a lower BMM magnitude. **Conclusion:** it was possible to conclude that the modulated noise generated less interference in the magnitude of the neural response (smaller latencies) and in the neural processing time (larger amplitudes) for the speech stimulus in all participants. The higher auditory thresholds (electrophysiological and behavioral) and the lower BMM magnitude observed in the elderly group, even in the face of noise modulation, suggest a lower temporal auditory performance in this population, and may indicate a deficit in the temporal resolution capacity, associated with the process of aging.

**Keywords:** Electrophysiology; Evoked Potentials Auditory; Speech Perception; Perceptual Masking; Aging.

## INTRODUCTION

Temporal Auditory Processing (TAP) consists of one of the fundamental mechanisms of hearing with regard to the process of understanding speech in silent, noisy and/or reverberant environments, since this processing plays an important role in the perception of the temporal characteristics of a sound or its changes within a period of time <sup>1, 2</sup>.

Studies point to an important relationship between TAP and senescence, since elderly individuals have complained of difficulties in understanding speech in the absence of changes in auditory threshold patterns. Such discussions have influenced the increase in research into the investigation of temporal and aging processes <sup>3</sup>.

One of the phenomena related to the temporal processing ability of hearing concerns the Benefit of Modulated Masking (BMM), also known as Masking Release.

This phenomenon is related to the listener's temporal auditory ability to identify audible signals of a sound in the face of temporal fluctuations of the masking noise <sup>4, 5</sup>, enabling the detection and decoding of speech signals, and consequently, better performance in recognizing the target sound <sup>6, 7</sup>.

Studies using psychoacoustic tests with the aim of investigating BMM in the behavioral domain, showed a typically lower speech perception threshold when faced with modulated masking compared to constant/stable masking <sup>8-10</sup>, and when researched in different age groups, a lower magnitude of this phenomenon in elderly individuals, even in the presence of normal peripheral hearing, with this reduction in BMM being attributed to a deficit in temporal auditory processing in these individuals <sup>11, 12</sup>.

The use of electrophysiological tests, such as the Cortical Auditory Evoked Potential (CAEP) has been considered an objective measure for evaluating BMM, providing complementary data to behavioral tests evaluating temporal processing and enabling a neuroelectric evaluation of the auditory cortex in the face of this temporal phenomenon <sup>13, 14</sup>.

From this perspective, the study of the BMM phenomenon in the electrophysiological and behavioral domains has enabled the improvement of research regarding TAP abilities, and the establishment of parameters for analyzing speech recognition in noise situations, since electrophysiological tests enable determine whether such objective measures are predictive of auditory behavioral performance <sup>5</sup>.

Considering the importance of investigating BMM and obtaining parameters for analyzing this phenomenon related to temporal processing abilities, it is essential to carry out studies on behavioral and electrophysiological tests of hearing in different age populations, making it possible to observe the temporal auditory processing capacity related to speech perception in noise as a function of age. In view of this, this study aims to analyze the BMM on hearing in young, adult and elderly normal-hearing individuals.

## **MATERIALS AND METHOD**

This analytical, cross-sectional-observational study was developed at the Audiology Laboratory of the Department of Speech Therapy of the Federal University of Pernambuco (UFPE) from August 2022 to June 2023, with approval from the Ethics and Research Committee on Beings (opinion number 5,140,668).

Individuals between 18 and 75 years without complaints of hearing loss were included, and, based on detailed anamnesis, individuals with a history of neurological and/or psychiatric diseases, cognitive deficits and malformations of the ear pinna and external auditory canal were excluded. A cognitive screening test (Montreal Cognitive Assessment Test – MoCA) <sup>15</sup> was also performed.

The presence of changes and/or malformations in the external and/or middle ear was ruled out by inspecting the external auditory canal and performing an immitaniciometry exam (226 Hz probe), with the presence of tympanometric curve A and the presence of ipsi and contralateral reflexes <sup>16, 17</sup>. In the audiometry examination, normal hearing was considered to be the presence of a quadrilateral average of less than 20 dB HL in both ears, considering the frequencies of 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz and 4000 Hz <sup>18</sup>. The normality score in the MoCA test was  $\geq 26$  points <sup>15</sup>.

Although there was no matching of age groups based on the participants' education, this condition was minimized due to the absence of disparity in cognitive abilities between young people, adults and elderly people, observed in the evaluation with the MoCA test.

### **Sentence Recognition in Noise Test**

To investigate BMM in the behavioral domain, the Sentence Recognition in Noise Test was carried out, using 12 lists (with 20 sentences each) from the Hearing In Noise

Test (HINT) - Brazil <sup>19</sup>, to obtain the Sentence Recognition Threshold (LRS) in modulated and stable noise conditions.

Participants, sitting in an armchair inside a soundproof booth, were instructed to repeat the test sentences as they heard, ignoring the presence of competing noise. The sentences and competitive background noise were sent to the right ear via a supra-aural earphone (Sennheiser HD580). Response monitoring was carried out using Matlab software (Matrix Laboratory®), version R2012a.

The HINT sentences consisted of everyday phrases, presented to the participant once in order to exclude learning bias, with intensity initially higher than the expected recognition threshold, being 60 dB SPL in the modulated noise condition and 70 dB SPL in the noise condition steady <sup>19</sup>. The exact repetition of the phrase was established as a criterion for success.

The competitive speech-shaped noise (SSN), was presented randomly in the steady condition with an intensity of 65 dB SPL and in the modulated condition, with intensity variation between 65 dB and 30 dB SPL and modulation rate of 10 Hz <sup>4</sup>. Noise modulation was produced using the Tucker-Davis Technologies-RX6 (TDT-RX6) acoustic signal processor <sup>10</sup>.

### SRT research

To obtain the LRS, the transformed descending-ascending method (two down - one up) <sup>20</sup> was used, where for every two consecutive correct answers, the signal intensity decreased by 2 dB in the following sentence, and for each incorrect answer, the intensity of Presentation of the following sentence was increased by 2 dB.

Each individual's final SRT was obtained by averaging three threshold survey measurements in dB SPL (for both types of noise), in order to consider the reproducibility of the behavioral threshold. The BMM was defined through the difference between the SRT in the presence of steady noise (adopted as a reference) and the SRT in the presence of modulated noise.

### **Cortical Auditory Evoked Potential**

The investigation of the BMM in the electrophysiological domain was carried out by obtaining the CAEP (Intelligent Hearing Systems – IHS), evoked simultaneously by a

synthetic speech stimulus /ba/ and competitive speech noise (SSN) in a steady and modulated condition <sup>21</sup>. Participants remained seated in an armchair inside a soundproof booth, watching a video without audio and instructed not to sleep. Four electrodes were positioned in the following configurations: two reference electrodes (negative polarity) on the right (A1) and left (A2) earlobes; an electrode (positive polarity) on the vertex of the head (Cz) and a ground electrode on the lower region of the forehead (Fpz). The speech stimulus /ba/ and the competitive noise were presented via earphones (ER2) monaurally to the participants' right ear.

To acquire CAEP, the /ba/ stimulus was presented in a modified waveform (rate of 24,414 Hz), compatible with the digital signal of the TDT-RX6 platform and calibrated with reference to the dB SPL of a 1kHz continuous tone, equivalent peak (dB NPSpe). The /ba/ stimulus lasted 80 milliseconds (ms) and was presented at a fixed intensity of 65 dB SPLpe and a rate of 3.8 stimuli per second.

The competitive noise was presented next to /ba/ in three different and random conditions: stable noise with an intensity of 30 dB NPSpe (weak steady noise); stable noise with an intensity of 65 dB NPSpe (strong steady noise); modulated noise at intensities ranging between 30 and 65 dB NPSpe at a frequency of 25 Hz.

#### Acquisition of potentials and research of the electrophysiological threshold

The cortical recordings were analyzed individually, blindly, by three evaluators, to identify and mark the potentials (P1, N1 and P2) in the three competitive noise conditions, considering the measures of latency (ms), amplitude (microvolts- $\mu$ V) and morphology. The P1 potential was identified as the most robust first positive wave at around 50 ms; the valley with the greatest negativity subsequent to the P1 component was identified as the N1 potential; and the P2 response was considered as the most robust positive wave after N1.

The investigation of the CAEP electrophysiological threshold with /ba/ stimulus was carried out in strong modulated and stable noise conditions, starting from the reduction of the intensity of the /ba/ stimulus from 10 to 10 dB until the disappearance of the P1-N1-P2 complex; then the intensity was increased by 5 dB until its appearance, this intensity being the result of the threshold. The magnitude of the BMM was measured based on the difference between the electrophysiological thresholds in the modulated and stable noise conditions, in decibels (dB NPSpe).

## Statistical analysis of data

The results were analyzed statistically (Statistical Package for the Social Sciences – SPSS; version 20.0). The samples per group followed the normal distribution, according to the Shapiro-Wilk test and use of Hair's (2010) <sup>22</sup> criteria for analysis of asymmetry (- 2 and +2) and kurtosis (-7 and +7). The analysis of the results of the cortical components in each noise group was performed using the ANOVA test for repeated measures, followed by the Bonferroni post-hoc test (p-value <0.05). The paired t-test was used for comparative analysis of the electrophysiological and behavioral thresholds between the steady and modulated noise groups (p-value <0.05).

## RESULTS

Initially, 70 individuals participated in the study, with 10 excluded from the final sample, due to occlusion of the external auditory canal (3), thresholds compatible with mild/moderate hearing loss (5) and for not attending the behavioral and electrophysiological examination (2). The final sample was made up of 60 normal-hearing individuals organized into three age groups: “Young-adult” group (15 women and 5 men) with a minimum age of 18, a maximum of 30 and an average of 22.8 years; “Adult” group (10 women and 10 men) with a minimum age of 31, a maximum of 50 and an average age of 37.7 years; “Elderly” group (14 women and 6 men) with a minimum age of 60, a maximum of 75 and an average age of 64.7 years.

Figure 1 presents the individual responses of the CAEP waves and the general average (grand average) of the waves in each age group and for each type of masking noise used. Each participant's cortical waves are shown as light gray lines and each group's average waves are shown as heavy dark lines. It is possible to observe that the cortical waves in the strong stable noise condition have a smaller magnitude, that is, a smaller amplitude of the P1-N1-P2 complex, especially in the elderly group.

### < Figure 1 >

Table 1 shows the latency values of the analyzed cortical components (P1, N1, P2) in response to the speech stimulus /ba/ for the three types of masking, as well as the

comparison between the means obtained, making it possible to observe the results in each group of participants. The latency results of the cortical components showed a decrease in this response in the masking condition with modulated noise, expressing lower means when compared to strong steady noise in the “young-adult” and “adult” groups, with statistical significance (ANOVA, post-hoc Bonferroni;  $p < 0.05$ ) for P1’s response. In the “elderly” group, this decrease in latency results due to noise modulation was observed only in the P1 component, without statistical significance. No significant difference was found in latencies between modulated and weak steady masking, except for the elderly group.

#### < Table 1 >

Table 2 describes the amplitude values of the analyzed cortical components (P1, N1, P2) in response to the speech stimulus /ba/ for the three types of masking, making it possible to observe the results of the comparison between the means obtained in each age group. The results of the amplitudes of the three cortical components showed an increase in this response in the masking condition with modulated noise, expressing higher averages when compared to strong steady noise in the “young-adult” group, with statistical significance for the P2 component (ANOVA, post- hoc Bonferroni;  $p < 0.05$ ).

In the “adult” group, this increase in amplitudes was also observed in the N1 and P2 components when masking with modulated noise when compared to strong steady noise, with statistical significance for the P2 component (ANOVA, post-hoc Bonferroni;  $p < 0.05$ ), similar to the young group.

For the “elderly” group, a statistically significant increase (ANOVA, Bonferroni post-hoc;  $p < 0.05$ ) was observed in the amplitude of all cortical components in the modulated noise masking condition, expressing higher means when compared to the “elderly” group strong steady noise.

As with latency responses, there were no significant differences in amplitudes, that is, in the magnitude of the neural response between modulated and weak steady masking, except for the elderly group.

#### < Table 2 >

Table 3 shows the results of the research on electrophysiological and behavioral auditory thresholds for each group of participants, making it possible to demonstrate, in all

age groups, that the masking modulation condition resulted in statistically lower thresholds (paired t test;  $p < 0.05$ ) when compared to steady masking in both hearing domains. The “elderly” group showed significantly higher electrophysiological and behavioral thresholds (ANOVA, Bonferroni post-hoc;  $p < 0.05$ ) in both masking conditions (steady and modulated) when compared to the other age groups.

This reduction in auditory thresholds benefited by noise modulation is expressed by the BMM measurement, being observed with a statistically lower magnitude (ANOVA, post-hoc Bonferroni;  $p < 0.05$ ) in the “elderly” group when compared to the “Young-adult” group in the electrophysiological and behavioral domains. There were no significant differences in this benefit (BMM) between the “young-adult” and “adult” groups for both hearing domains.

### < Table 3 >

## DISCUSSION

Based on the analysis of the latency results of the analyzed cortical potentials (P1-N1-P2), it was possible to verify that the decrease in these responses in the modulated masking condition indicated less interference from noise modulation in the neural synchronism for the generation of auditory potentials, more specifically the P1 potential, in the “young-adult” and “adult” groups. In the “elderly” group, the reduction in latencies due to the benefit of noise modulation was observed only in the P1 component.

Despite the masking disturbance present in the generation of cortical potentials with speech stimuli, these results demonstrate that noise modulation causes less interference in the neural auditory processing time, more specifically in the speed of encoding the electrical stimulus (represented by P1)<sup>23</sup>. These findings corroborate previous results regarding the effect of masking on cortical potentials, which point to a systematic reduction in response latencies in the presence of noise modulations, when compared to steady noise, referring to the existence of BMM in the analysis of this time measurement<sup>5, 14</sup>.

With regard to the results found in the study of the amplitudes of cortical potentials (P1-N1-P2), it was possible to demonstrate, in all age groups, an increase in these measurements due to masking with modulated noise, indicating less interference of this noise in the magnitude of the neural response to the speech stimulus, when compared to

steady noise. This finding can be explained by the fact that modulation in noise intensity generates a lower signal/noise ratio that is favorable to the neural processing of speech <sup>12</sup>.

The P2 component, in turn, expressed a significant and common increase in all age groups in the face of noise modulation, which may indicate a better neuroelectric response in the speech stimulus discrimination process in the face of this masking condition, since this potential also it is related to the processing of competitive stimuli, with generators in several regions of the primary auditory and reticular cortex <sup>24, 25</sup>.

The morphology of the grand average waves, shown in figure 1, shows a greater disturbance in the cortical responses of the P1-N1-P2 complex in the face of strong steady noise, demonstrating a lower amplitude/magnitude of these responses, especially in the elderly group, which may indicate greater difficulty for these individuals in the neural processing of speech when faced with this type of noise.

Studies report that the amplitudes of cortical waves represent the synaptic density in the primary auditory cortex in response to sound stimuli, being influenced by the processing of competitive stimuli <sup>26, 27</sup>. In this way, we can infer from this research that the use of steady noise determined a decrease in amplitude measurements due to the greater influence of this masking on synaptic responses to the speech stimulus, compared to modulated noise.

Regarding the research on auditory thresholds, the results of this study expressed a significant decrease in these responses in the noise modulation condition in both domains (electrophysiological and behavioral) in the three groups of participants. These findings corroborate the literature, since similar responses to reducing minimum thresholds for detection and speech perception in the face of modulated noise were obtained in comparison to steady noise in normal-hearing individuals, pointing to the presence of BMM in the generation of typically lower thresholds <sup>4, 5</sup>.

In the elderly group, obtaining higher behavioral and electrophysiological thresholds, consequently expressing a lower magnitude of BMM, compared to the “young-adult” and “adult” groups, can be justified by the relationship between the temporal processes of hearing and aging human hearing <sup>3</sup>.

Studies regarding the temporal processing abilities of hearing in the elderly population indicate a worsening of auditory performance, especially in situations of competitive noise, even in the presence of normal peripheral hearing, mentioning that the speed of this processing gradually decreases with the advancement of human aging <sup>12, 28</sup>.

The results of obtaining thresholds in the present study suggest that elderly individuals present inferior temporal auditory performance when compared to younger individuals and adults, and that the reduction in BMM can be attributed to a deficit in temporal resolution capacity, since this ability is related to the identification of short periods of time in front of two acoustic signals <sup>5, 29</sup>.

The findings of the present study made it possible to investigate BMM in electrophysiological and behavioral measures of hearing in different age groups, enabling the understanding of its relationship with temporal auditory processing as a function of age. It is important to highlight the need to carry out more research on this topic in different age groups with and without hearing changes, especially in elderly individuals, in order to expand the literature on the investigation of BMM under the influence of aging.

## **CONCLUSION**

The results showed that modulated masking resulted in less interference in the magnitude and processing time of the neural response to the speech stimulus, represented by increased amplitudes and reduced latency responses of cortical potentials, respectively. The elderly presented a higher threshold in both hearing domains, compared to the other participants, as well as a lower BMM magnitude, indicating a lower temporal auditory performance in this population, which may be associated with the aging process.

## **Funding**

The authors declare that the present work was supported by Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brazil), under funding code 001.

## REFERENCES

1. Guimarães ACF, Santos JN, Rabelo ATV, Magalhães MCA. The influence of noise on verbal auditory temporal ordering ability. *Rev CEFAC*. 2015; 17(1):209-15. <https://doi.org/10.1590/1982-021620155914>
2. Samelli AG, Schochat E. Auditory processing, temporal resolution and gap detection test: literature review. *Rev CEFAC*. 2008; 10 (3): 369-77, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1516-18462008000300012>
3. Azzolini EV, Ferreira MIDC. Temporal Auditory Processing in the Elderly Temporal. *Arq. Int. Otorrinolaringol. /Intl. Arch. Otorhinolaryngol*. 2010; 14 (1): 95-102.
4. Advíncula KP, Menezes DC, Pacífico FA, da Costa MLG, Griz SMS. Age effects in temporal auditory processing: modulation masking release and forward masking effect. *Audiol Commun Res*. 2018; 23:e1861. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2017-1861>
5. Tanner AM, Spitzer ER, Hyzy JP, Grose JH. Masking release for speech in modulated maskers: electrophysiological and behavioral measures. *Ear Hear*. 2019; 40(4):1009-15. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000683>
6. Billings CJ, Penman TM, McMillan GP, Ellis EM. Electrophysiology and Perception of Speech in Noise in Older Listeners: Effects of Hearing Impairment and Age. *Ear and Hearing*. 2015; 36 (6): 710-22. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000191>
7. Middlebrooks JC. Masking release by combined spatial and masker-fluctuation effects in the open sound field. *J Acoust Soc Am*. 2017; 142(6):3362-75. <https://doi.org/10.1121/1.5014053>
8. Desloge JG, Reed CM, Braida LD, Perez ZD, Delhorne LA. Speech reception by listeners with real and simulated hearing impairment: effects of continuous and

- interrupted noise. *J Acoust Soc Am.* 2010; 128:342-59. <https://doi.org/10.1121/1.3436522>
9. 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.* 2012; 132(4):2676-89. <https://doi.org/10.1121/1.4746019>
  10. Advíncula KP, Menezes DC, Pacífico FA, Griz SMS. Effect of modulation rate on masking release for speech. *Audiol Commun Res.* 2013; 18(4):238-44. <https://doi.org/10.1590/S2317-64312013000400003>
  11. 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):857-64. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2007/060\)](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2007/060))
  12. Grose JH, Griz S, Pacífico FA, Advíncula KP, Menezes DC. Modulation masking release using the Brazilian-Portuguese HINT: psychometric functions and the effect of speech time compression. *Int J Audiol.* 2015; 54(4):274-81. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2014.986692>
  13. Maamor N, Billings CJ. Cortical signal-in-noise coding varies by noise type, signal-to-noise ratio, age, and hearing status. *Neurosci Lett.* 2017; 636:258-64. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2016.11.020>
  14. Rocha MFB, Menezes DC, Duarte DSB, Griz SMS, Frizzo ACF, Menezes PL et al. Masking release in cortical auditory evoked potentials with speech stimulus. *CoDAS.* 2023; 35(1):e20200334. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212020334pt>
  15. Nasreddine ZS, Phillips NA, Bédirian V, Charbonneau S, Whitehead V, Collin I. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for Mild Cognitive Impairment. *J Am Geriatr Soc.* 2005; 53(4):695-9. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>

16. Jerger J, Jerger S, Mauldin L. Studies in impedance audiometry. Normal and sensorineural ears. Arch Otolaryngol. 1972; 96(6):513-23. <http://dx.doi.org/10.1001/archotol.1972.00770090791004>
  
17. Jerger S, Jerger J. Hearing Changes - A Manual for Clinical Assessment. São Paulo: Atheneu; 1989.
  
18. WHO: World Health Organization. Basic ear and hearing care resource. Available: <http://www.who.int/publications-detail/basic-ear-and-hearing-care-resource> (accessed 20 October 2023).
  
19. Bevilacqua MC, Banhara MR, Da Costa EA, Vignoly AB, Alvarenga KF. The Brazilian Portuguese hearing in noise test. Int J Audiol. 2008; 47(6):364-5. <https://doi.org/10.1080/14992020701870205>
  
20. Levitt H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. J Acoust Soc Am. 1971;49(2):467-77.
  
21. Stephens JDW, Holt LL. A standard set of American-English voiced stop-consonant stimuli from morphed natural speech. Speech Commun. 2011; 53(6):877-88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.specom.2011.02.007>
  
22. Hair J, Black WC, Babin BJ, Anderson RE. Multivariate data analysis. 7th ed., Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Educational International; 2010.
  
23. Melo Â, Biaggio EPV, Rechia IC, Sleifer P. Cortical auditory evoked potentials in full-term and preterm neonates. CoDAS. 2016; 28(5):491-6. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20162015291>
  
24. Oppitz SJ, Didoné DD, da Silva DD, Gois M, Folgareini J, Ferreira GC, et al. Long-latency auditory evoked potentials with verbal and nonverbal stimuli. Braz J Otorhinolaryngol. 2015; 81:647-52.

25. Frizzo AFF, Advíncula KP. Long latency auditory evoked potentials: concepts and clinical applications. Treatise on Electrophysiology for Audiology. 1. Ed. São Paulo: Booktoy, 14:139-150; 2019.
26. Romero ACL, Frizzo ACF, Chagas EFB, Isaac ML. Cortical auditory evoked potential in babies and children listeners. Braz j otorhinolaryngol. 2020; 86(4):395-404. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2019.01.007>
27. Shafer VL, Yu YH, Wagner M. Maturation of cortical auditory evoked potentials (CAEPs) to speech recorded from frontocentral and temporal sites: three months to eight years of age. Int J Psicofisiol. 2015; 95(2):77-93. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.08.1390>
28. Peixe BP, Sanguebuche TR, Malavolta VC, Garcia MV. The study of responses to auditory processing tests in the elderly. Rev CEFAC. 2019;21(6): e13818. <https://doi.org/10.1590/1982-0216/201921613818>
29. Martins QP, Vellozo FF, Faccin VA, Garcia MV. Temporal resolution in children: analysis of different tests. Distúrb Comun. 2017; 29(4):727-33. <https://revistas.pucsp.br/index.php/dic/article/view/31340>

## LIST OF TABLES AND FIGURES

**Table 1. Results of the latencies of the P1, N1 and P2 components between the different noise conditions in each participant group.**

| Latency<br>(ms)          | Weak steady noise<br>Mean $\pm$ SD<br>(CI 95%) | Strong steady noise<br>Mean $\pm$ SD<br>(CI 95%) | Modulated noise<br>Mean $\pm$ SD<br>(CI95%) | ANOVA<br>Post-hoc<br>(Bonferroni)                                                            |
|--------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>YOUNG-ADULT GROUP</b> |                                                |                                                  |                                             |                                                                                              |
| <b>Component<br/>P1</b>  | 56.3 $\pm$ 11.5<br>(50.8 - 61.7)               | 68.9 $\pm$ 20.1<br>(59.4 - 78.3)                 | 51.9 $\pm$ 8.0<br>(48.1 - 55.6)             | <b>p 0.016</b> <sup>(a)</sup> *<br>p 0.896 <sup>(b)</sup><br><b>p 0.003</b> <sup>(c)</sup> * |
| <b>Component<br/>N1</b>  | 109.6 $\pm$ 10.0<br>(104.9 - 114.3)            | 118.7 $\pm$ 23.2<br>(107.8 - 129.6)              | 116.6 $\pm$ 12.3<br>(110.8 - 122.4)         | p 0.328 <sup>(a)</sup><br>p 0.059 <sup>(b)</sup><br>p 1.000 <sup>(c)</sup>                   |
| <b>Component<br/>P2</b>  | 165.9 $\pm$ 16.1<br>(158.3 - 173.4)            | 174.9 $\pm$ 24.2<br>(163.1 - 186.2)              | 168.3 $\pm$ 12.9<br>(162.2 - 174.4)         | p 0.521 <sup>(a)</sup><br>p 1.000 <sup>(b)</sup><br>p 0.488 <sup>(c)</sup>                   |
| <b>ADULT GROUP</b>       |                                                |                                                  |                                             |                                                                                              |
| <b>Component<br/>P1</b>  | 56.4 $\pm$ 9.3<br>(52.1 - 60.8)                | 65.6 $\pm$ 10.3<br>(60.7 - 70.5)                 | 54.8 $\pm$ 7.5<br>(51.3 - 58.4)             | <b>p 0.024</b> <sup>(a)</sup> *<br>p 1.000 <sup>(b)</sup><br><b>p 0.002</b> <sup>(c)</sup> * |
| <b>Component<br/>N1</b>  | 104.6 $\pm$ 7.7<br>(100.9 - 108.2)             | 119.9 $\pm$ 21.5<br>(109.8 - 129.9)              | 116.7 $\pm$ 15.1<br>(109.6 - 123.8)         | p 0.022 <sup>(a)</sup><br>p 0.008 <sup>(b)</sup><br>p 1.000 <sup>(c)</sup>                   |
| <b>Component<br/>P2</b>  | 163.8 $\pm$ 13.7<br>(157.4 - 170.3)            | 178.7 $\pm$ 27.4<br>(165.9 - 191.6)              | 173.2 $\pm$ 22.0<br>(162.8 - 183.4)         | p 0.108 <sup>(a)</sup><br>p 0.204 <sup>(b)</sup><br>p 0.793 <sup>(c)</sup>                   |
| <b>ELDERLY GROUP</b>     |                                                |                                                  |                                             |                                                                                              |
| <b>Component<br/>P1</b>  | 59.7 $\pm$ 9.3<br>(55.3 - 64.1)                | 84.3 $\pm$ 18.4<br>(75.7 - 92.9)                 | 75.8 $\pm$ 14.5<br>(69.0 - 82.6)            | <b>p 0.000</b> <sup>(a)</sup> *<br><b>p 0.002</b> <sup>(b)</sup> *<br>p 0.064 <sup>(c)</sup> |
| <b>Component<br/>N1</b>  | 108.6 $\pm$ 8.2<br>(104.7 - 112.4)             | 140.6 $\pm$ 29.6<br>(126.7 - 154.5)              | 145.6 $\pm$ 13.3<br>(139.3 - 151.8)         | <b>p 0.000</b> <sup>(a)</sup> *<br><b>p 0.000</b> <sup>(b)</sup> *<br>p 1.000 <sup>(c)</sup> |
| <b>Component<br/>P2</b>  | 186.7 $\pm$ 20.2<br>(177.2 - 196.1)            | 195.8 $\pm$ 34.5<br>(179.6 - 212.0)              | 209.8 $\pm$ 16.3<br>(202.1 - 217.4)         | p 0.909 <sup>(a)</sup><br><b>p 0.001</b> <sup>(b)</sup> *<br>p 0.206 <sup>(c)</sup>          |

Legend: ms – milliseconds; SD – Standard Deviation; CI – 95% Confidence Interval; (a) comparison of means between weak and strong steady noise; (b) comparison of means between weak steady noise and modulated noise; (c) comparison of means between strong steady noise and modulated noise. \*statistically significant difference.

**Table 2. Results of the amplitudes of the P1 components. N1 and P2 between different noise conditions in each participant group.**

| Amplitude<br>( $\mu$ V)  | Weak steady noise<br>Mean $\pm$ SD<br>(CI 95%) | Strong steady noise<br>Mean $\pm$ SD<br>(CI 95%) | Modulated noise<br>Mean $\pm$ SD<br>(CI 95%) | ANOVA<br>Post-hoc<br>(Bonferroni)                                                                     |
|--------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>YOUNG-ADULT GROUP</b> |                                                |                                                  |                                              |                                                                                                       |
| Component<br>P1          | 5.7 $\pm$ 1.9<br>(4.8 - 6.6)                   | 5.2 $\pm$ 1.9<br>(4.3 - 6.1)                     | 5.8 $\pm$ 1.6<br>(5.0 - 6.6)                 | p 0.565 <sup>(a)</sup><br>p 1.000 <sup>(b)</sup><br>p 0.373 <sup>(c)</sup>                            |
| Component<br>N1          | 5.1 $\pm$ 3.1<br>(3.6 - 6.6)                   | 4.2 $\pm$ 3.2<br>(2.6 - 5.7)                     | 4.4 $\pm$ 2.4<br>(3.2 - 5.5)                 | p 0.123 <sup>(a)</sup><br>p 0.370 <sup>(b)</sup><br>p 1.000 <sup>(c)</sup>                            |
| Component<br>P2          | 5.0 $\pm$ 4.1<br>(3.0 - 6.9)                   | 3.3 $\pm$ 2.5<br>(2.1 - 4.5)                     | 5.4 $\pm$ 2.4<br>(4.2 - 6.5)                 | <b>p 0.027</b> <sup>(a)</sup> *<br>p 1.000 <sup>(b)</sup><br><b>p 0.001</b> <sup>(c)</sup> *          |
| <b>ADULT GROUP</b>       |                                                |                                                  |                                              |                                                                                                       |
| Component<br>P1          | 5.3 $\pm$ 1.8<br>(4.4 - 6.2)                   | 5.4 $\pm$ 2.0<br>(4.4 - 6.3)                     | 5.4 $\pm$ 1.7<br>(4.6 - 6.3)                 | p 1.000 <sup>(b)</sup><br>p 1.000 <sup>(b)</sup><br>p 1.000 <sup>(b)</sup>                            |
| Component<br>N1          | 5.4 $\pm$ 2.3<br>(4.3 - 6.5)                   | 4.1 $\pm$ 3.1<br>(2.6 - 5.6)                     | 4.8 $\pm$ 2.4<br>(3.6 - 5.9)                 | p 0.055 <sup>(a)</sup><br>p 0.368 <sup>(b)</sup><br>p 0.690 <sup>(c)</sup>                            |
| Component<br>P2          | 4.9 $\pm$ 2.6<br>(3.6 - 6.1)                   | 3.4 $\pm$ 2.0<br>(2.5 - 4.4)                     | 5.2 $\pm$ 1.8<br>(4.4 - 6.1)                 | p 0.084 <sup>(a)</sup><br>p 1.000 <sup>(b)</sup><br><b>p 0.006</b> <sup>(c)</sup> *                   |
| <b>ELDERLY GROUP</b>     |                                                |                                                  |                                              |                                                                                                       |
| Component<br>P1          | 7.8 $\pm$ 3.4<br>(6.2 - 9.4)                   | 3.8 $\pm$ 1.0<br>(3.3 - 4.3)                     | 5.6 $\pm$ 1.5<br>(4.9 - 6.4)                 | <b>p 0.001</b> <sup>(a)</sup> *<br><b>p 0.013</b> <sup>(b)</sup> *<br><b>p 0.002</b> <sup>(c)</sup> * |
| Component<br>N1          | 9.6 $\pm$ 3.8<br>(7.8 - 11.3)                  | 3.2 $\pm$ 1.6<br>(2.4 - 4.0)                     | 5.7 $\pm$ 2.3<br>(4.6 - 6.8)                 | <b>p 0.000</b> <sup>(a)</sup> *<br><b>p 0.000</b> <sup>(b)</sup> *<br><b>p 0.002</b> <sup>(c)</sup> * |
| Component<br>P2          | 6.6 $\pm$ 2.3<br>(5.5 - 7.7)                   | 2.3 $\pm$ 1.5<br>(1.6 - 3.0)                     | 4.0 $\pm$ 1.5<br>(3.2 - 4.7)                 | <b>p 0.000</b> <sup>(a)</sup> *<br><b>p 0.000</b> <sup>(b)</sup> *<br><b>p 0.006</b> <sup>(c)</sup> * |

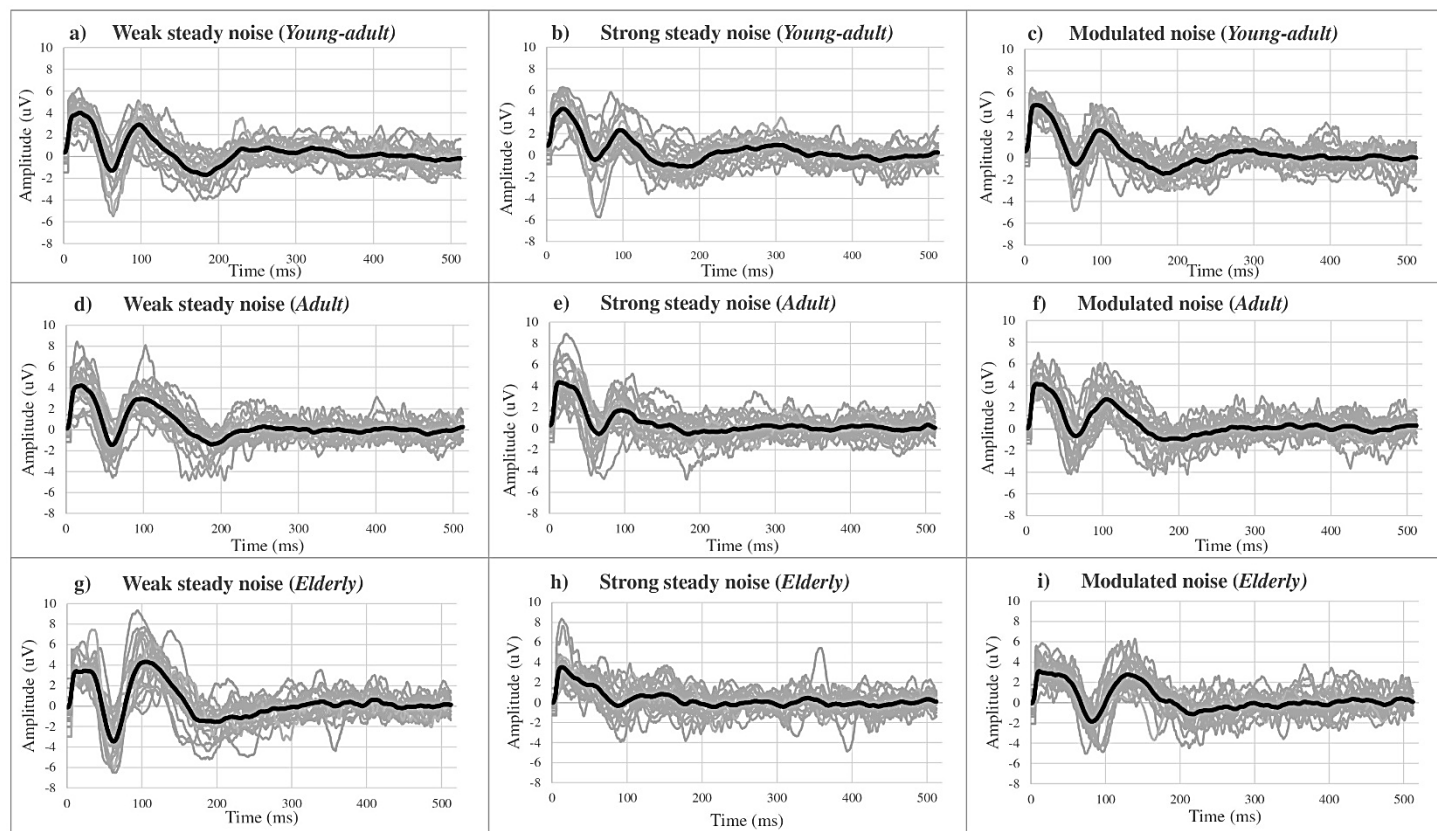
Legend:  $\mu$ V – microvolts; SD – Standard Deviation; CI – 95% Confidence Interval; (a) comparison of means between weak and strong steady noise; (b) comparison of means between weak steady noise and modulated noise; (c) comparison of means between strong steady noise and modulated noise. \*statistically significant difference.

**Table 3. Results of thresholds (electrophysiological and behavioral) and BMM in each participant group.**

|                                                       | Steady noise<br>Mean $\pm$ SD<br>(CI 95%) | Modulated noise<br>Mean $\pm$ SD<br>(CI 95%) | BMM<br>Mean $\pm$ SD<br>(CI 95%) | Test t paired<br>p - value      |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| <b><i>ELECTROPHYSIOLOGICAL THRESHOLD (dB SPL)</i></b> |                                           |                                              |                                  |                                 |
| <b>Young-Adult Group</b>                              | 49.7 $\pm$ 6.3<br>(46.7 - 52.7)           | 41.2 $\pm$ 5.3<br>(38.7 - 43.7)              | 9.5 $\pm$ 4.6<br>(7.0 - 11.4)    | <b>p 0.000</b> <sup>(d) *</sup> |
| <b>Adult Group</b>                                    | 52.5 $\pm$ 4.1<br>(50.5 - 54.4)           | 45.5 $\pm$ 3.5<br>(43.8 - 47.1)              | 6.7 $\pm$ 2.4<br>(5.6 - 7.9)     | <b>p 0.000</b> <sup>(d) *</sup> |
| <b>Elderly Group</b>                                  | 57.5 $\pm$ 5.9<br>(54.7 - 60.2)           | 52.7 $\pm$ 6.5<br>(49.6 - 55.8)              | 4.7 $\pm$ 2.5<br>(3.5 - 5.9)     | <b>p 0.000</b> <sup>(d) *</sup> |
| <b>ANOVA</b>                                          | p 0.379 <sup>(a)</sup>                    | <b>p 0.033</b> <sup>(a) *</sup>              | p 0.140 <sup>(a)</sup>           |                                 |
| <b>Post-hoc (Bonferroni)</b>                          | <b>p 0.007</b> <sup>(b) *</sup>           | <b>p 0.000</b> <sup>(b) *</sup>              | <b>p 0.001</b> <sup>(b) *</sup>  |                                 |
|                                                       | <b>p 0.010</b> <sup>(c) *</sup>           | <b>p 0.000</b> <sup>(c) *</sup>              | p 0.050 <sup>(c)</sup>           |                                 |
| <b><i>BEHAVIORAL THRESHOLD (dB SPL)</i></b>           |                                           |                                              |                                  |                                 |
| <b>Young-Adult Group</b>                              | 59.1 $\pm$ 1.0<br>(58.6 - 59.6)           | 50.3 $\pm$ 1.8<br>(49.4 - 51.2)              | 8.7 $\pm$ 1.4<br>(8.1 - 9.4)     | <b>p 0.000</b> <sup>(d) *</sup> |
| <b>Adult Group</b>                                    | 59.2 $\pm$ 1.0<br>(58.7 - 59.6)           | 51.0 $\pm$ 1.6<br>(50.2 - 51.8)              | 8.1 $\pm$ 1.3<br>(7.5 - 8.7)     | <b>p 0.000</b> <sup>(d) *</sup> |
| <b>Elderly Group</b>                                  | 61.0 $\pm$ 1.3<br>(60.4 - 61.7)           | 54.7 $\pm$ 1.9<br>(53.8 - 55.6)              | 6.1 $\pm$ 1.5<br>(5.4 - 6.0)     | <b>p 0.000</b> <sup>(d) *</sup> |
| <b>ANOVA</b>                                          | p 1.000 <sup>(a)</sup>                    | p 0.709 <sup>(a)</sup>                       | p 0.306 <sup>(a)</sup>           |                                 |
| <b>Post-hoc (Bonferroni)</b>                          | <b>p 0.000</b> <sup>(b) *</sup>           | <b>p 0.000</b> <sup>(b) *</sup>              | <b>p 0.000</b> <sup>(b) *</sup>  |                                 |
|                                                       | <b>p 0.000</b> <sup>(c) *</sup>           | <b>p 0.000</b> <sup>(c) *</sup>              | <b>p 0.005</b> <sup>(c) *</sup>  |                                 |

Legend: SD – Standard Deviation; CI – 95% Confidence Interval; dB SPL – decibel sound pressure level; BMM – Benefit of Modulated Masking; \*statistically significant difference. (a) comparison of means between the Young Adult and Adult groups; (b) comparison of means between the Young Adult and Elderly groups; (c) comparison of means between the Adult and Elderly groups. (d) comparison of means between steady and modulated noise \* statistically significant difference.

**Figure 1. Grand averages of CAEP waves for the three masking conditions in each age group.**



Legend: CAEP cortical waves for each participant (light gray) and grand average by age group (black).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresenta resultados pioneiros no que diz respeito ao efeito da modulação do ruído no processamento auditivo temporal de jovens, adultos e idosos brasileiros, mais especificamente o Benefício do mascaramento modulado – BMM em medidas eletrofisiológicas e comportamentais da audição. Os resultados da revisão sistemática da literatura (Artigo I) e da pesquisa original (Artigo II e II) permitiram evidenciar que:

- O tipo de mascaramento influencia o comportamento auditivo cortical, indicando um efeito diferente na postura neural diante das respostas do PEAC.
- A modulação do mascaramento originou respostas do PEAC estatisticamente maiores e mais precoces em relação ao ruído não modulado/estável, indicando um menor efeito do mascaramento no processamento auditivo cortical, evidenciando o fenômeno do BMM.
- O ruído modulado gera menor interferência no tempo de codificação da resposta auditiva neural (redução significativa da latência de P1) e no processo de discriminação neural da fala (aumento significativo nas amplitudes de P2).
- O ruído estável gera limiares eletrofisiológicos e comportamentais tipicamente mais elevados comparado ao ruído modulado, apontando para uma correspondência do BMM entre os domínios da audição.
- Uma maior magnitude do BMM observada em indivíduos mais jovens sugerindo uma maior habilidade de resolução temporal, quando comparado aos indivíduos adultos.
- Os idosos apresentaram maior limiar em ambos os domínios da audição e menor magnitude do BMM, indicando um desempenho auditivo temporal inferior, podendo estar associado ao processo de envelhecimento.
- A presença do efeito do BMM esteja relacionada à integridade do processamento temporal da audição em indivíduos normouvintes, bem como à habilidade de resolução temporal.

Os achados supracitados fortalecem a compreensão do efeito da modulação do ruído, ou seja, a influência do BMM no processamento temporal da audição e sua relação com a habilidade de resolução temporal, elucidando informações respeito dos transtornos de percepção da fala no ruído.

## REFERÊNCIAS

ADVÍNCULA, K. P. et al. Efeito da idade no processamento auditivo temporal: benefício da modulação do mascaramento e efeito do pós-mascaramento. *Audiol., Commun. Res.*, v. 23, e1861, 2018. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2017-1861>

ADVINCULA, K. P. et al. 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. <https://www.scielo.br/j/acr/a/gLNRXd5YGmcXdL65t77vZMJ/>

ALBUQUERQUE, I. C.; BROCCCHI, B. S. Roteiro de avaliação auditiva e do processamento auditivo central para pré-escolares. *CoDAS*, v. 35, n. 3:e20210122, 2023. <https://doi:10.1590/2317-1782/20232021122pt>

ALVARENGA, K. F. et al. The influence of speech stimuli contrast in cortical auditory evoked potentials. *Braz J Otorhinolaryngol.*, v. 79, n. 3, p. 336-341, 2013. <https://doi.org/10.5935/1808-8694.20130059>

AMARAL, M. I. R.; CARVALHO, N. G.; COLELLA-SANTOS, M. F. Programa online de triagem do processamento auditivo central em escolares (audBility): investigação inicial. *CoDAS*, v. 31, n. 2:e20180157, 2019. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182018157>

ANDROULIDAKIS, A. G; JONES, S. J. Detection of signals in modulated and unmodulated noise observed using auditory evoked potentials. *Clin Neurophysiol.*, v. 117, n. 8, p. 1783-1793, 2006. <https://doi:10.1016/j.clinph.2006.04.011>

AZZOLINI, E. V.; FERREIRA, M. I. D. C. Processamento Auditivo Temporal em Idosos Temporal. *Arq. Int. Otorrinolaringol. / Intl. Arch. Otorhinolaryngol.* v.14, n.1, p. 95-102, 2010.

BECKER, K. T. et al. Reconhecimento de fala em indivíduos com e sem queixa clínica de dificuldade para entender a fala no ruído. *Arquivos Int Otorrinolaringol.*, v. 15, n. 3, p. 276-282, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1809-48722011000300002>

BENNETT, K. O. et al. Neural encoding and perception of speech signals in informational masking. *Ear Hear*, v. 33, n. 2, p. 231-238, 2012. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31823173fd>

BERNSTEIN, J. G. W. et al. Set-size procedures for controlling variations in speech-reception performance with a fluctuating masker. *J Acoust Soc Am.*, v. 132, p. 2676-2689, 2012. <https://doi.org/10.1121/1.4746019>

BERNSTEIN, J. G. W; GRANT, K. W. Auditory and auditory-visual intelligibility of speech in fluctuating maskers for normal-hearing and hearing-impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 5, p. 3358-3372, 2009. <https://doi.org/10.1121/1.3110132>

- BEVILACQUA, M. C. et al. The Brazilian Portuguese hearing in noise test. *Int J Audiol.*, v. 47, n. 6, p. 364-365, 2008. <https://doi.org/10.1080/14992020701870205>
- BILLINGS, C. J. et al. Electrophysiology and Perception of Speech in Noise in Older Listeners: Effects of Hearing Impairment and Age. *Ear and Hearing*, v. 36, n. 6, p. 710-722, 2015. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000191>
- 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. <https://doi.org/10.1121/1.3224708>
- BUZO, B. C.; LOPES, J. A. S. Reconhecimento de fala no ruído em sujeitos com audição normal e queixa de zumbido. *Audiol commun Res*, v. 22, e1693, 2017. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2016-1693>
- CIVITELLA, M. M. et al. Guia de Orientação. Avaliação e Intervenção do Processamento Auditivo Central. Conselho Federal de Fonoaudiologia - CFFa, 2020. [https://www.fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2020/10/CFFa\\_Guia\\_Orientacao\\_Avaliacao\\_Intervencao\\_PAC.pdf](https://www.fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2020/10/CFFa_Guia_Orientacao_Avaliacao_Intervencao_PAC.pdf)
- COOKE, M. Um modelo vislumbrante de percepção da fala no ruído. *J Acoust Soc Am.*, v. 119, v. 3, p. 1562–1573, 2006. <https://doi.org/10.1121/1.2166600>
- DESLOGE, J. G. et al. Speech reception by listeners with real and simulated hearing impairment: Effects of continuous and interrupted noise. *J Acoust Soc Am.*, v. 128, n. 1, p. 342-59, 2010. <https://doi.org/10.1121/1.3436522>
- DESLOGE, J. G. et al. Masking release for hearing-impaired listeners: The effect of increased audibility through reduction of amplitude variability. *J Acoust Soc Am.*, v. 141, n. 6, p. 4452-4465, 2017. <https://doi.org/10.1121/1.4985186>
- DRENNAN, D. P.; LALOR, E. C. Cortical tracking of complex sound envelopes: modeling the changes in response with intensity. *ENeuro*, v. 6, n. 3, 2019. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0082-19.2019>
- ELLIOTT, L. L. Development of auditory narrow-band frequency contours. *J Acústico Soc Am.*, v. 42, n. 1, p. 143-153, 1967. <https://doi.org/10.1121/1.1910543>
- EPP, B.; YASIN, I.; VERHEY, J. L. Objective measures of binaural masking level differences and comodulation masking release based on late auditory evoked potentials. *Hear Res.*, v. 306, p. 21-28, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2013.08.013>
- FILIPPINI, R.; SCHOCHAT, E. Um novo paradigma para a avaliação do mascaramento temporal auditivo: estudo piloto. *CoDAS*, v. 26, n. 4, p. 302-307, 2014. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/201420130044>

FRIZZO, A. C. F. et al. Potenciais Evocados Auditivos de Média Latência: estudo em crianças saudáveis. *Rev Bras Otorrinolaringol*, v. 73, n. 3, p. 398-403, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0034-72992007000300016>

GELFAND, S. A. *Hearing: An Introduction to psychological and physiological acoustics*. 5th Edition, Informa Healthcare, London, UK, 2010. <https://doi.org/10.3109/9781420088663>

GEORGE, E. L. J.; 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, n. 4, p. 2295-2311, 2006. <https://doi.org/10.1121/1.2266530>

GIFFORD, R. H.; BACON, S. P.; WILLIAMS, E. J. An examination of speech recognition in a modulated background and of forward masking in younger and older listeners. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, v. 50, n. 4, p. 857–864, 2007. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007/060\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/060))

GOIS, M. et al. Habilidade de ordenação temporal e nível de especificidade nos diferentes testes tonais. *Audiology - Communication Research*, v. 20, n. 4, p. 293-299, 2015. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2015-1593>

GOOSSENS, T. et al. Masked speech perception across the adult lifespan: Impact of age and hearing impairment. *Hearing research*, v. 344, p. 109-124, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.11.004>

GROSE, J. H.; MAMO, S. K.; HALL, J. W. Age effects in temporal envelope processing: speech um masking and auditory steady state responses. *Ear and Hearing*, v. 30, n. 5, p. 568–575, 2009. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181ac128f>

GROSE, J. H. et al. Modulation masking release using the Brazilian-Portuguese HINT: psychometric functions and the effect of speech time compression. *Int J Audiol.*, v. 54, n. 4, p. 274-281, 2015. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2014.986692>. PMID:25630394.

GUIMARÃES, A. C. F. et al. A influência do ruído na habilidade auditiva de ordenação temporal para sons verbais. *Rev. CEFAC*, v. 17, n. 1, p. 209-215, 2015. <https://doi.org/10.1590/1982-021620155914>

KWON, B. J. et al. Sentence recognition in noise promoting or suppressing masking release by normalhearing and cochlear-implant listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v.131, n.4, p.3111-9, 2012.

LEITE, R. A. et al. Effect of hearing aids use on speech stimulus decoding through speech-evoked ABR. *Braz J Otorhinolaryngol.*, v. 84, n.1, p.66-73, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.11.002>

MAAMOR, N.; BILLINGS, C. J. Cortical signal-in-noise coding varies by noise type, signal-to-noise ratio, age, and hearing status. *Neurosci. lett.*, v. 306, p. 258-264, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2016.11.020>

MACDONALD, J. A. Using the ideal observer to predict performance in perceptual tasks: An example from the auditory temporal masking domain. *Atten Percept Psychophys*, v. 73, p. 2639–2648, 2011. <https://doi.org/10.3758/s13414-011-0213-8>

MARTINS, Q. P. et al. Resolução temporal em crianças: análise de diferentes testes. *Distúrbios Da Comunicação*, v. 29, n. 4, p. 727–733, 2017. <https://doi.org/10.23925/2176-2724.2017v29i4p727-733>

MEHRAEI, G. et al. Auditory brainstem response latency in forward masking, a marker of sensory deficits in listeners with normal hearing thresholds. *Hearing research.*, v. 346, p. 34-44, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2017.01.016>

MELO, A. et al. Potenciais evocados auditivos corticais em neonatos nascidos a termo e pré-termo. *CODAS*, v. 28, n. 5, p.491-496, 2016. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20162015291>

MIDDLEBROOKS, J. C. Masking release by combined spatial and masker-fluctuation effects in the open sound field. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 142, n. 6, p. 3362-3375, 2017. <https://doi.org/10.1121/1.5014053>

MILLMAN, R. E. et al. Magnified Neural Envelope Coding Predicts Deficits in Speech Perception in Noise. *The Journal of Neuroscience*. V. 37, n. 32, p. 7727-7736, 2017. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2722-16.2017>

MOORE, B.C.J. *An Introduction to the Psychology of Hearing*, 5th Ed. London, Elsevier Academic Press. 2004.

MUNIZ, L. F. et al. Avaliação da habilidade de resolução temporal, com uso do tom puro, em crianças com e sem desvio fonológico. *Rev CEFAC*, v. 9, n. 4, p. 550-562, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-18462007000400016>

MUSIEK, F. E.; CHERMAK, G. D. Psychophysical and behavioral peripheral and central auditory tests. In: Aminoff, M.J.; Boller, F.; Swaab, D.F. (org). *The Human Auditory System Fundamental Organization and Clinical Disorders. Handbook of Clinical Neurology.*, v. 135, p. 313-332, 2015. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62630-1.00018-4>

NIEMCZAK, C. E.; VANDER WERFF, K. R. Informational Masking Effects on Neural Encoding of Stimulus Onset and Acoustic Change. *Ear Hear*, v. 40, n. 1, p. 156-167, 2019. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000604>

NILSSON, M.; SOLI, S. D., SULLIVAN, J. A. Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *J Acoust Soc Am.*, v. 95, n. 2, p. 1085-1099, 1994. <https://doi.org/10.1121/1.408469>

NISHIHATA, R. et al. Processamento temporal, localização e fechamento auditivo em portadores de perda auditiva unilateral. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.*, v. 17, n. 3, p. 266- 273, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-80342012000300006>

OPPITZ, S. J. et al. Long-latency auditory evoked potentials with verbal and nonverbal stimuli. *Braz J Otorhinolaryngol.*, v. 81, n. 6, p. 647-652, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.10.005>

FREIRE, Paulo. Educação e mudança. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

PEIXE, B. P. et al. The study of responses to auditory processing tests in the elderly. *Rev CEFAC*, v. 21, n. 6, e13818, 2019. <https://doi.org/10.1590/1982-0216/201921613818>

PEIXE, B. P. et al. Applicability of Evoked Auditory Brainstem Responses with Complex Stimuli in Adults with Hearing Loss. *International archives of otorhinolaryngology*, v. 22, n. 03, p. 239-244, 2018. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1605341>

RISHIQ, D. A. HARKRIDER, A.W.; HEDRICK, M. S. Acceptable noise level and psychophysical masking. *Am J Audiol.*, v. 21, n. 2, p. 199-205, 2012. [https://doi.org/10.1044/1059-0889\(2012/11-0021\)](https://doi.org/10.1044/1059-0889(2012/11-0021))

ROCHA, M. F. B. et al. O benefício do mascaramento modulado nos potenciais evocados auditivos corticais com estímulo de fala. *CoDAS*, v. 35, n. 1: e20200334, 2023. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212020334pt>

SAMELLI, A. G.; SCHOCHAT, E. Processamento auditivo, resolução temporal e teste de detecção de gap: revisão da literatura. *Revista CEFAC*, v. 10, n. 3, p. 369-377, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1516-18462008000300012>

SBOMPATO, A. F. Et al. Hearing in Noise Test Brazil: standardization for young adults with normal hearing. *Braz j otorhinolaryngol.*, v. 81, n. 4, p. 384–388, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.07.018>

SCHNUPP, J.; NELKEN, E.; KING, A. Comodulation Masking Release. *Auditory Neuroscience: Making sense of sound*, 2011. Acesso: <https://auditoryneuroscience.com/cmr>

SHINN, J. B.; MUSIEK, F. E. Temporal processing: the basics. *Hear J.*, v. 56, n. 7, p. 52, 2003. <https://doi.org/10.1097/01.HJ.0000292557.52409.67>

SILVA, L. S. S. et al. Auditory cortical potential: using different types of speech stimuli in children. *Audiol Commun Res.*, 2017; 22:e1788 <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2016-1788>

SMITH, N. A.; TRAINOR, L. J.; SHORE, D. I. The development of temporal resolution: between-channel gap detection in infants and adults. *J Speech Lang Hear Res.*, v. 49, n. 5, p. 1104-1113, 2006. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2006/079\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2006/079))

STEPHAN, M. A. et al. Cortical representation of release from auditory masking, *NeuroImage*, v. 49, n. 1, p. 835-842, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.07.014>

TANNER, A. M. et al. Masking release for speech in modulated maskers: electrophysiological and behavioral measures. *Ear Hear*, v. 40, n. 4, p. 1009-1015, 2019. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0000000000000683>

TERTO, S. S. M.; LEMOS, S. M. A. Aspectos temporais auditivos: produção de conhecimento em quatro periódicos nacionais. *Rev CEFAC*, v. 13, n. 5, p. 926–936, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-18462011005000050>

ZHAO F, STEPHENS D. A critical review of King-Kopetzky syndrome: hearing difficulties, but normal hearing? *Audiol Med.*, v. 5, n. 2, p. 119-124, 2007. <https://doi.org/10.1080/16513860701296421>

## APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO - TCLE



### UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS PROGRAMA DE DOUTORADO EM BIOTECNOLOGIA REDE NORDESTE DE BIOTECNOLOGIA (RENORBIO)

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa “A UTILIZAÇÃO CLÍNICA DO BENEFÍCIO DO MASCARAMENTO MODULADO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS”, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) MÔNICA FERREIRA BORGES ROCHA, com endereço Rua Amambá, nº 246, bloco 13, apt 405, Candeias, Jaboatão dos Guararapes-PE, CEP 54.430-160, com e-mail: monykaborges@yahoo.com.br e telefone (81) 99741-0096 para contato (inclusive para ligações a cobrar).

Também participam desta pesquisa os pesquisadores: Pedro de Lemos Menezes, telefone para contato: (82) 991112786 e e-mail: pedrodelemosmenezes@gmail.com (Orientador da pesquisa); e Karina Paes Advíncula telefone para contato: (81) 99657-1289 e e-mail: kpadvincula@hotmail.com (Co-orientadora da pesquisa).

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

O (a) senhor (a) estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

#### INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- Este estudo tem por objetivo desenvolver um Protocolo de Teste Clínico Eletrofisiológico de Avaliação do Benefício do Mascaramento Modulado (BMM), que consiste em uma melhora no reconhecimento de fala na presença do ruído modulado, quando comparado ao ruído estável. Para isto será utilizado o teste audiológico por nome de Potencial Evocado Auditivo Cortical (PEAC).
- Se concordar em fazer parte deste estudo, o (a) Sr (a) será submetido (a) a bateria de testes que avaliam o sistema auditivo.
- A aplicação dos testes será realizada no laboratório de Audiologia do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Em caso de impossibilidade de o participante deslocar-se para este local, a pesquisadora se compromete a remarcar a agenda conforme sua disponibilidade.
- Caso decida aceitar o convite, O (a) Sr (a) será submetido (a) ao (s) seguinte (s) procedimentos de avaliação auditiva: 1) Meatoscopia: será observado por meio da introdução de um equipamento (otoscópio) no canal auditivo se há alguma alteração. 2) Avaliação do comportamento auditivo (audiometria): em uma sala com forro acústico nas paredes e tetos para evitar o ruído, será colocado um fone sobre os seus ouvidos, por meio do qual se ouvirá sons finos e grossos em volumes diferentes. Será orientado a responder a cada som que escutar. 3) Medida da função da orelha média e pesquisa dos reflexos estapediados (imitanciometria): este exame é realizado com a colocação de uma sonda, com ponta de borracha. Será colocada uma pressão de ar e um som fraco para verificar se há boa passagem do som; além disso serão

pesquisados os reflexos do músculo estapédio (pequeno músculo do sistema auditivo) por meio da emissão de sons (apitos) fortes e fracos na orelha. 4) Avaliação das estruturas neurológicas do sistema auditivo (potenciais evocados auditivos de tronco encefálico e corticais): esse exame será realizado a partir da inserção de um fone de ouvido que emitirá um estímulo/som que provocará a geração do potencial evocado auditivo que será captado através de eletrodos fixados como adesivo na testa, nuca e atrás das orelhas.

- Além dos exames audiológicos citados acima, será realizado um teste de Avaliação Cognitiva Montreal (MoCA) que consiste na realização de algumas perguntas e tarefas simples que envolve memória, atenção e concentração, com duração de aproximadamente 10 min.
- **RISCOS:** O presente estudo apresenta como risco ao participante possível reação alérgica aos produtos utilizados no ato da limpeza para colocação dos eletrodos, fato que irá depender da sensibilidade da pele de cada indivíduo. Para minimizar o possível risco as pesquisadoras comprometem-se a utilizar produtos hipoalergênicos durante a realização dos exames. Além disso a pesquisa pode gerar discreto desconforto ou algum tipo de constrangimento pelo fato de estar sendo submetido a avaliações, como também pelo tempo que investirá para participar do estudo, além da expectativa acerca do resultado. Estes riscos serão minimizados uma vez as avaliações serão realizadas individualmente, em ambiente reservado e por profissionais qualificados.
- **BENEFÍCIOS:** Os resultados da pesquisa poderão servir de base para auxiliar os trabalhos de fonoaudiólogos, e favorecer a compreensão dos processos fisiológicos envolvidos na audição, o que facilitará a definição de políticas públicas para a prevenção, acompanhamento e intervenção, permitindo o aprimoramento dos testes de diagnóstico e planejamento terapêutico que facilitem a compreensão da fala no ruído. O (a) Sr (a) receberá todas as explicações necessárias sobre os resultados.
- A participação na pesquisa não acarretará gasto para O (a) Sr (a), sendo totalmente gratuita. Haverá devolutiva acerca dos resultados dos testes realizados durante o processo de coleta. A pesquisadora se compromete a comunicar quaisquer comprometimentos encontrados. As informações obtidas por meio do estudo poderão ser importantes para descoberta de novas condutas com referência ao conhecimento da fisiologia do sistema auditivo.
- As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do (a) voluntário (a).

Esclarecemos que os participantes dessa pesquisa têm plena liberdade de se recusar a participar do estudo e que esta decisão não acarretará penalização por parte dos pesquisadores. Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (anamneses e exames audiológicos), ficarão armazenados em arquivo de computador pessoal, sob a responsabilidade da pesquisadora principal, MÔNICA FERREIRA BORGES ROCHA, no endereço Rua Amambá, nº 246, bloco 13, apt 405, Candeias, Jaboatão dos Guararapes-PE, CEP 54.430-160, pelo período de mínimo 5 anos após o término da pesquisa.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, o (a) senhor (a) poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cephumanos.ufpe@ufpe.br).**

---

(assinatura do pesquisador)

### CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo “A UTILIZAÇÃO CLÍNICA DO BENEFÍCIO DO MASCARAMENTO MODULADO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS”, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data \_\_\_\_\_

Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

Impressão  
digital

**Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):**

|             |             |
|-------------|-------------|
| Nome:       | Nome:       |
| Assinatura: | Assinatura: |

**APÊNDICE B – ANAMNESE ESTRUTURADA****QUESTIONÁRIO PARA COLETA DE DADOS DO PARTICIPANTE**

Nº \_\_\_\_

**➤ Dados Pessoais**

Data de Nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_

Sexo: ( ) F ( ) M Data da entrevista: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

Telefone para contato: \_\_\_\_\_ Escolaridade: \_\_\_\_\_

**➤ Histórico Audiológico**

Tem alguém na família com alguma alteração/síndrome: ( ) Sim ( ) Não ( ) Não desejo responder

Tem perda auditiva: ( ) Sim ( ) Não ( ) Não desejo responder

Grau: \_\_\_\_\_

Já teve infecção no ouvido: ( ) Sim ( ) Não ( ) Não desejo responder

Quando? \_\_\_\_\_

Presença de má-formação de cabeça/pescoço ou síndrome: ( ) Sim ( ) Não ( ) Não desejo responder

Já teve crises convulsivas: ( ) Sim ( ) Não ( ) Não desejo responder

Foi com febre? \_\_\_\_\_ Quantas vezes? \_\_\_\_\_

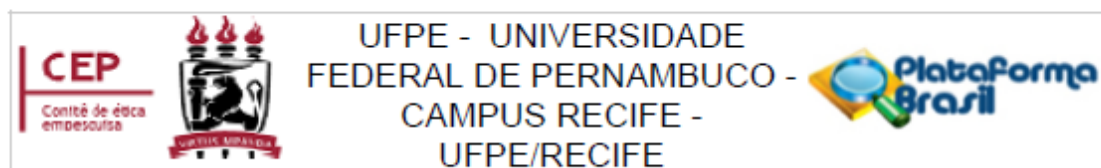
Fica doente constantemente: ( ) Sim ( ) Não ( ) Não desejo responder

Qual doença? \_\_\_\_\_

Faz/fez terapia fonoaudiológica ( ) Sim ( ) Não ( ) Não desejo responder

Quanto tempo? \_\_\_\_\_

## ANEXO A – PARECER DE APROVAÇÃO DO CEP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** A UTILIZAÇÃO CLÍNICA DO BENEFÍCIO DO MASCARAMENTO MODULADO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS

**Pesquisador:** MONYKA FERREIRA BORGES ROCHA

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 52946221.6.0000.5208

**Instituição Proponente:** Instituto de Química e Biotecnologia - RENORBIO

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.140.668

#### Apresentação do Projeto:

Projeto de Pesquisa: "A UTILIZAÇÃO CLÍNICA DO BENEFÍCIO DO MASCARAMENTO MODULADO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS". Trata-se de uma pesquisa de doutorado do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia rede RENORBIO, no Laboratório de Audição e Tecnologia (LATEC) da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas (UNCISAL), sob orientação dos professores doutores Pedro de Lemos Menezes (UNCISAL) e Karina Paes Advíncula (UFPE).

A utilização de medidas eletrofisiológicas com Potenciais Evocados Auditivos Corticais permite avaliar de maneira objetiva as habilidades de processamento temporal diante do fenômeno de Masking Release ou Benefício do Mascaramento Modulado. Este benefício, causado por

## ANEXO B – REGISTRO DE PROTOCOLO DE REVISÃO SISTEMÁTICA

### Study of cortical auditory evoked potential with modulated masking in a normal hearing population: a systematic review.

To enable PROSPERO to focus on COVID-19 submissions, this registration record has undergone basic automated checks for eligibility and is published exactly as submitted. PROSPERO has never provided peer review, and usual checking by the PROSPERO team does not endorse content. Therefore, automatically published records should be treated as any other PROSPERO registration. Further detail is provided [here](#).

### Citation

Monyka Rocha, Jéssica da Silva, Karina Advíncula, Pedro Menezes. Study of cortical auditory evoked potential with modulated masking in a normal hearing population: a systematic review.. PROSPERO 2022 CRD42022315931  
Available from: [https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display\\_record.php?ID=CRD42022315931](https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?ID=CRD42022315931)

### Review question

What is the behavior of cortical auditory evoked potentials in the face of modulated masking in young, adult, and aged subjects?

### Searches

We will search the following electronic bibliographic databases: MEDLINE, Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL), Web of Science, Scopus, Embase, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Scientific Eletronic Library On-line (SciELO). Grey literature will be searched in OpenGrey.eu, DissOnline.de, scholar.google.com.br.

The strategy will include descriptors (MeSH) based on the PICo elements (population, interest, context) that will include terms relating to the intervention and the main outcomes, and will be highly sensitive for retrieving randomized clinical trials from MEDLINE, and adapted for the others electronic databases. We will not handsearch any journals or references of the eligible studies, also we will not contact experts of the field since these approaches are not methodologically supported and may lead to citation bias. There will be no language or date restrictions. The search will be rerun just before the final analysis to identify further studies to be included.

### Types of study to be included

Original case control articles will be included. Theses, scientific event materials, and unpublished articles will be excluded.

### Condition or domain being studied

Noise modulations, which may occur in intensity or frequency spectrum, generate better perception of acoustic speech cues when compared to situations in which this background noise is stable. Thus, the effect on speech recognition caused by noise modulation is known as masking release, which, in other words, can be explained as the exploitation of the moments of reduction of masking levels, providing a more favorable speech-to-noise ratio and consequently obtaining enough information to perform the detection and decoding of the target sound. Thus, understanding the masking release in the central auditory system and studying the behavior of the measures of cortical electrophysiological potentials with speech stimuli in normal-hearing individuals, allows us to infer about the impact of this phenomenon on temporal processing. Moreover, considering that cortical auditory evoked potentials is an objective measure to obtain reliable responses, the study of this cortical measure against modulated masking provides parameters for analyzing the masking

release phenomenon as a function of age and providing relevant data regarding temporal processing abilities.

### Participants/population

Young, adult, and elderly individuals with normal hearing will be included as research participants. There are no restriction on sex, race or morbidities. Individuals with a history of neurological and/or psychiatric diseases, cognitive deficits, and individuals with malformations of the auricle and external auditory canal will be excluded from this study.

### Intervention(s), exposure(s)

The objective of this study was to find out the behavior of cortical auditory evoked potentials in front of a masking with and without modulation, in young, adult and elderly normal-hearing populations.

### Comparator(s)/control

In the control group, we will consider: individuals with normal hearing who have undergone the cortical auditory evoked potential with unmodulated masking.

### Main outcome(s)

For this study, it is expected that there will be differences in the latency, amplitude and electrophysiological threshold values of auditory cortical potentials when comparing the groups with and without modulated masking. The group submitted to modulated masking will present lower latency values and more robust amplitudes, with lower electrophysiological threshold and better wave morphologies.

### Measures of effect

Not applicable.

### Additional outcome(s)

None.

### Measures of effect

Not applicable.

### Data extraction (selection and coding)

Two review authors will independently identify titles and/or abstracts retrieved from electronic databases to select studies that potentially meet the inclusion criteria. The full text of these potentially eligible studies will be retrieved and assessed for eligibility by two review authors and disagreements will be resolved by consensus with a third author if necessary. An Excel spreadsheet will be used with a standardized form to extract relevant data from the included studies. The following information will be retrieved: country of study, year of publication, age, sex, sample size and groups, acquisition parameters of cortical potentials, amplitude values, latency, electrophysiological threshold of each existing group, and main conclusions.

### Risk of bias (quality) assessment

The risk of bias should be assessed according to the recommendations of the manual and the Newcastle-Ottawa scale, adapted for cross-sectional observational studies. The quality of the studies will be independently evaluated by two researchers in the following items: (1) representativeness of the sample; (2) sample size; (3) management of non-response; (4) calculation of exposure (risk factor); Comparability, to investigate whether individuals in different outcome groups are comparable, based on study design or analysis, control for confounding factors; (6) evaluation of results and (7) statistical testing.

### Strategy for data synthesis

Statistical heterogeneity between studies will be tested using the Cochran Q test and the inconsistency will be tested using the  $I^2$  test. a value of  $p < 0.10$  will be considered statistically significant. When necessary, study characteristics considered possible sources of heterogeneity will be included in a subgroup analysis. In addition, in case of heterogeneity, studies will be removed one by one to investigate whether that particular study will be the source of heterogeneity. All analyzes should be conducted with RevMan 5.3 software (Cochran Collaboration).

### Analysis of subgroups or subsets

The data obtained from subjects submitted to the acquisition of cortical potentials with modulated masking will be presented separately from the results obtained from subjects not exposed to modulated masking. Subgroups may be formed according to the different types of masking used in the studies. If there is a wide age range, it can be divided into subsets for better analysis.

### Contact details for further information

Monyka Ferreira Borges Rocha  
monykaborges@yahoo.com.br

### Organisational affiliation of the review

Federal University of Alagoas

### Review team members and their organisational affiliations

Miss Monyka Rocha. Universidade Federal de Alagoas (UFAL)  
Jéssica da Silva. Universidade Federal de Pernambuco  
Karina Advíncula. Universidade Federal de Pernambuco  
Pedro Menezes. Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas

### Type and method of review

Meta-analysis, Systematic review

### Anticipated or actual start date

01 March 2022

### Anticipated completion date

01 March 2023

### Funding sources/sponsors

None.

### Conflicts of interest

### Language

English, Portuguese-Brazil

### Country

Brazil

### Stage of review

Review Ongoing

### Subject index terms status

Subject indexing assigned by CRD

### Subject index terms

Evoked Potentials, Auditory; Hearing; Humans; Perceptual Masking

### Date of registration in PROSPERO

13 April 2022

### Date of first submission

13 March 2022

### Stage of review at time of this submission

| Stage                                                           | Started | Completed |
|-----------------------------------------------------------------|---------|-----------|
| Preliminary searches                                            | Yes     | Yes       |
| Piloting of the study selection process                         | Yes     | No        |
| Formal screening of search results against eligibility criteria | Yes     | No        |
| Data extraction                                                 | No      | No        |
| Risk of bias (quality) assessment                               | No      | No        |
| Data analysis                                                   | No      | No        |

*The record owner confirms that the information they have supplied for this submission is accurate and complete and they understand that deliberate provision of inaccurate information or omission of data may be construed as scientific misconduct.*

*The record owner confirms that they will update the status of the review when it is completed and will add publication details in due course.*

## Versions

13 April 2022

13 April 2022

## ANEXO C – AVALIAÇÃO COGNITIVA MONTRAL (MoCA)

MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA)  
Versão Experimental Brasileira

Nome: \_\_\_\_\_  
Escolaridade: \_\_\_\_\_  
Sexo: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Data de avaliação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Idade: \_\_\_\_\_

| VISUOESPACIAL / EXECUTIVA                                                                                                             |  | Copiar o cubo                                        |                                                                          | Desenhar um RELÓGIO (onze horas e dez minutos) (3 pontos) |                 | Pontos        |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------|---------------|----------|
|                                                                                                                                       |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| [ ]                                                                                                                                   |  | [ ]                                                  |                                                                          | [ ] Contorno                                              | [ ] Números     | [ ] Ponteiros |          |
|                                                                                                                                       |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 | ___/5         |          |
| NOMEAÇÃO                                                                                                                              |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
|                                                                                                                                       |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| [ ]                                                                                                                                   |  | [ ]                                                  |                                                                          | [ ]                                                       |                 | ___/3         |          |
| MEMÓRIA                                                                                                                               |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| Leia a lista de palavras, O sujeito de repeti-la, faça duas tentativas Evocar após 5 minutos                                          |  |                                                      | Rosto                                                                    | Veludo                                                    | Igreja          | Margarida     | Vermelho |
| 1ª tentativa                                                                                                                          |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| 2ª tentativa                                                                                                                          |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
|                                                                                                                                       |  | Sem Pontuação                                        |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| ATENÇÃO                                                                                                                               |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| Leia a sequência de números (1 número por segundo)                                                                                    |  | O sujeito deve repetir a sequência em ordem direta   |                                                                          | [ ]                                                       | 2 1 8 5 4       | ___/2         |          |
|                                                                                                                                       |  | O sujeito deve repetir a sequência em ordem indireta |                                                                          | [ ]                                                       | 7 4 2           |               |          |
| Leia a série de letras. O sujeito deve bater com a mão (na mesa) cada vez que ouvir a letra "A". Não se atribuem pontos se ≥ 2 erros. |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| [ ] F B A C M N A A J K L B A F A K D E A A A J A M O F A A B                                                                         |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| ___/1                                                                                                                                 |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| Subtração de 7 começando pelo 100                                                                                                     |  | [ ] 93                                               | [ ] 86                                                                   | [ ] 79                                                    | [ ] 72          | [ ] 65        |          |
| 4 ou 5 subtrações corretas: 3 pontos; 2 ou 3 corretas 2 pontos; 1 correta 1 ponto; 0 correta 0 ponto                                  |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| ___/3                                                                                                                                 |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| LINGUAGEM                                                                                                                             |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| Repetir: Eu somente sei que é João quem será ajudado hoje.                                                                            |  | [ ]                                                  | O gato sempre se esconde embaixo do Sofá quando o cachorro está na sala. |                                                           | [ ]             | ___/2         |          |
| Fluência verbal: dizer o maior número possível de palavras que comecem pela letra F (1 minuto). [ ] _____ (H ≥ 11 palavras)           |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| ___/1                                                                                                                                 |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| ABSTRAÇÃO                                                                                                                             |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| Semelhança p. ex. entre banana e laranja = fruta                                                                                      |  | [ ]                                                  | trem - bicicleta                                                         | [ ]                                                       | relógio - régua | ___/2         |          |
| EVOCAÇÃO TARDIA                                                                                                                       |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| Deve recordar as palavras SEM PISTAS                                                                                                  |  | Rosto                                                | Veludo                                                                   | Igreja                                                    | Margarida       | Vermelho      |          |
|                                                                                                                                       |  | [ ]                                                  | [ ]                                                                      | [ ]                                                       | [ ]             | [ ]           |          |
|                                                                                                                                       |  | Pontuação apenas para evocação SEM PISTAS            |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| OPCIONAL                                                                                                                              |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| Pista de categoria                                                                                                                    |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| Pista de múltipla escolha                                                                                                             |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| ORIENTAÇÃO                                                                                                                            |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |
| [ ] Dia do mês                                                                                                                        |  | [ ] Mês                                              | [ ] Ano                                                                  | [ ] Dia da semana                                         | [ ] Lugar       | [ ] Cidade    |          |
| ___/6                                                                                                                                 |  |                                                      |                                                                          |                                                           |                 |               |          |

© Z. Nasreddine MD [www.mocatest.org](http://www.mocatest.org)  
Versão experimental Brasileira: Ana Luisa Rosas Sarmento  
Paulo Henrique Ferreira Bertolucci - José Roberto Wajman

(UNIFESP-SP 2007)

TOTAL  
Adicionar 1 pt se ≤ 12 anos de escolaridade \_\_\_/30

## ANEXO D – COMPROVANTE DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO I

Article published online: 2024-04-12



Systematic Reviews

# Effect of Modulated Masking on Cortical Auditory Evoked Potential in Normal Hearing Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis

Mônyka Ferreira Borges Rocha<sup>1</sup> Karina Paes Advíncula<sup>2</sup> Jéssica Dayane da Silva<sup>3</sup>  
Pedro de Lemos Menezes<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> Department of Speech Therapy, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brazil

<sup>2</sup> Department of Speech Therapy, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brazil

<sup>3</sup> Department of Human Communication Health, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brazil

<sup>4</sup> Department of Speech Therapy, Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas, Maceió, AL, Brazil

<sup>5</sup> Department of Biotechnology, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brazil

**Address for correspondence** Mônyka Ferreira Borges Rocha, Master in Health and Human Communication (UFPE) and PhD Student in Health Biotechnology (UFAL), Rua Amambai 246, bloco 13, apt. 405, Candeias, Jaboatão dos Guararapes, PE, CEP: 54.430-160, Brazil (e-mail: monykaborges@yahoo.com.br).

Int Arch Otorhinolaryngol

## Abstract

**Introduction** The study of electrophysiological auditory measures with different types of masking makes it possible to understand temporal processing skills and the processes involved in speech recognition in noise situations. The use of modulated masking in cortical measures of hearing enables the obtainment of analysis parameters of the masking release and its impact on neural auditory processing.

**Objective** To investigate the behavior of cortical auditory evoked potentials (CAEPs) with modulated masking in the normal hearing population.

**Data synthesis** A total of 2,159 articles were identified in the initial search; of these, 12 were selected for full reading. After excluding studies that did not meet the eligibility criteria, six articles were included in the present systematic review.

The results show that the type of masking has an influence on cortical auditory behavior, indicating a different effect on neural posture regarding CAEP responses. Modulated noise as masking in the CAEP record generated statistically higher and earlier responses compared with non-modulated/steady noise, evidenced by the results obtained in the meta-analysis with subgroup analysis. These responses may indicate an influence of the type of noise in the neural auditory coding.

**Conclusion** Better responses were observed in modulated masking in terms of the behavior of CAEPs. Decreased latency and increased amplitude of cortical measurements with the use of modulated noise indicate a lower masking effect of this noise in cortical auditory processing, evidencing the masking release phenomenon.

## Keywords

- electrophysiology
- auditory evoked potentials
- noise
- speech perception
- perceptual masking
- hearing

received  
December 5, 2022  
accepted after revision  
February 18, 2024

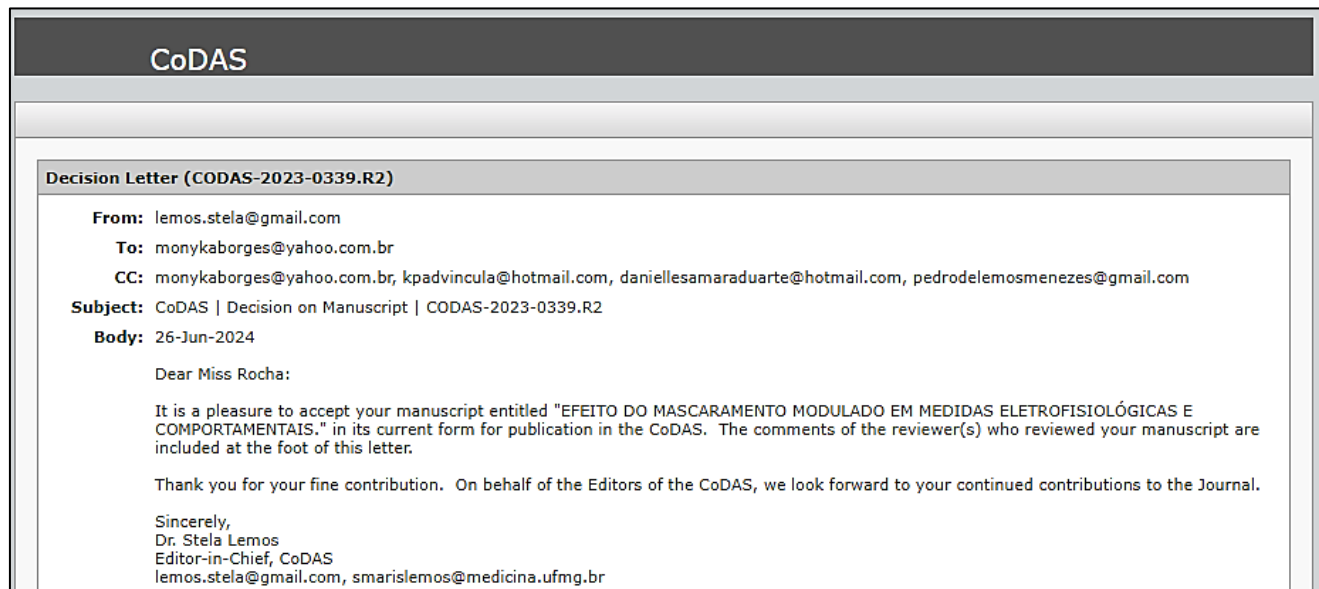
DOI <https://doi.org/10.1055/s-0044-1782629>.  
ISSN 1809-9777.

© 2024. The Author(s).

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua do Matoso 170, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20270-135, Brazil

## ANEXO E – COMPROVANTE DE ACEITE DO ARTIGO II



## ANEXO F – COMPROVANTE DE ACEITE DO ARTIGO III

Brazilian Journal of Otorhinolaryngology 2024;90():101487



Brazilian Journal of  
**OTORHINOLARYNGOLOGY**

[www.bjorl.org](http://www.bjorl.org)



---

ORIGINAL ARTICLE

## Benefit of Modulated Masking in hearing according to age



**Mônyka Ferreira Borges Rocha** <sup>a,\*</sup>, **Karina Paes Advíncula** <sup>b</sup>,  
**Cristiane do Espírito Santo Xavier Simões** <sup>c</sup>,  
**Diana Babini Lapa de Albuquerque Britto** <sup>d</sup>, **Pedro de Lemos Menezes** <sup>a,e</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal de Alagoas, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Maceió, AL, Brazil  
<sup>b</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Fonoaudiologia, Recife, PE, Brazil  
<sup>c</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Curso de Fonoaudiologia, Recife, PE, Brazil  
<sup>d</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Recife, PE, Brazil  
<sup>e</sup> Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas, Departamento de Fonoaudiologia, Maceió, AL, Brazil

Received 24 April 2024; accepted 24 July 2024  
Available online 8 August 2024

---

**HIGHLIGHTS**

- Less disturbance from modulated noise in the magnitude and time of neural processing.
- Modulated noise generated lower electrophysiological and behavioral thresholds.
- Elderly people had higher electrophysiological and behavioral thresholds.
- Lower BMM magnitude in the elderly suggests lower temporal auditory performance.

---

**KEYWORDS**

Electrophysiology;  
Evoked potentials  
auditory;  
Speech perception;  
Perceptual masking;  
Aging

**Abstract**

**Objective:** To analyze the Benefit of Modulated Masking (BMM) on hearing in young, adult and elderly normal-hearing individuals.

**Methods:** The sample included 60 normal-hearing individuals aged 18–75 years who underwent behavioral assessment (sentence recognition test in the presence of steady and modulated noise) and electrophysiological assessment (cortical Auditory Evoked Potential) to investigate BMM. The results were analyzed comparatively using the paired t-test and ANOVA for repeated measures, followed by the Bonferroni post-hoc test ( $p$ -value < 0.05).

**Results:** A decrease in latencies and an increase in amplitudes of cortical components (P1-N1-P2) was observed due to noise modulation in all age groups. Modulated noise generated better auditory threshold responses (electrophysiological and behavioral), compared to steady noise. The elderly presented a higher threshold in both hearing domains, compared to the other participants, as well as a lower BMM magnitude.

---

\* Corresponding author.  
E-mail: [monyka.rocha@iqb.ufal.br](mailto:monyka.rocha@iqb.ufal.br) (M.F. Rocha).  
Peer Review under the responsibility of Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

<https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2024.101487>  
1808-8694/© 2024 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## ANEXO G - ANAIS DO III CINEA/2023



III Congresso Internacional de  
**ELETROFISIOLOGIA  
PARA AUDIOLOGIA**

# **ANAIS DO III CONGRESSO INTERNACIONAL DE ELETROFISIOLOGIA PARA AUDIOLOGIA**



1ª EDIÇÃO

Maceió - AL

**2023**

Anais do III Congresso Internacional de Eletrofisiologia para Audiologia. 23-25 novembro 2022;  
organizadores Pedro de Lemos Menezes, Ana Cláudia Figueiredo Frizzo, Kelly Cristina Lira de Andrade.  
Maceió, AL: Apololabs, 2023.

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C749a Congresso Internacional de Eletrofisiologia para Audiologia (3 : 2022 : Maceió)  
Anais do [...] / III Congresso Internacional de Eletrofisiologia para Audiologia, 23-25 novembro 2022; organizadores Pedro de Lemos Menezes, Ana Cláudia Figueiredo Frizzo, Kelly Cristina Lira de Andrade. – Maceió, AL: Apololabs, 2023.  
122 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-5872-463-6

1. Eletrofisiologia – Brasil – Congressos. 2. Eletroacústica.  
3. Audiologia. I. Menezes, Pedro de Lemos. II. Frizzo, Ana Cláudia Figueiredo. III. Andrade, Kelly Cristina Lira de. IV. Título.

CDD 615.845

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

ISBN 978-65-5872-463-6



9 786558 724636

## EFEITO DO MASCARAMENTO SIMULTÂNEO EM MEDIDAS ELETROFISIOLÓGICAS E COMPORTAMENTAIS: ESTUDO PILOTO

**ÁREA TEMÁTICA:** APLICAÇÕES CLÍNICAS DOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS – DIAGNÓSTICO E (RE)HABILITAÇÃO

**AUTORES:** MÔNICA FERREIRA BORGES ROCHA, KARINA PAES ADVÍNCULA, DIANA BABINI LAPA DE ALBUQUERQUE BRITTO, PEDRO DE LEMOS MENEZES

**Introdução:** O desenvolvimento de testes eletrofisiológicos para investigação do efeito de diferentes tipos de mascaramento tem sido relevante para a compreensão dos processos envolvidos no reconhecimento da fala em situações de ruído e no estudo das habilidades de processamento temporal. Relacionar testes eletrofisiológicos a testes comportamentais permitem analisar se tais medidas objetivas são preditivas do desempenho comportamental. **Objetivo:** Analisar o efeito do mascaramento estável e modulado no limiar eletrofisiológico e comportamental. **Materiais e métodos:** Estudo analítico transversal e observacional (parecer de aprovação 5.140.668), realizado com seis indivíduos normouvintes de 22 a 26 anos. A medida eletrofisiológica utilizada foi o Potencial Evocado Auditivo Cortical (Intelligent Hearing Systems – Opti-Amp 8008), com estímulo de fala sintética /ba/ e ruído simultâneo (*Speech Shaped Noise*), apresentado na condição estável (65 dB NPS) e modulada em 25Hz (intensidades de 65 e 30 dB NPS), com período de modulação de 40 ms. O estímulo /ba/ teve duração de 80 ms, intensidade fixa (65 dB NPS) e taxa de 3,8 estímulos/s. Eletrodos posicionados em Fpz, Cz, e A1 e A2, com impedância  $\leq 5$  k $\Omega$ . Estímulo e ruído foram apresentados à orelha direita (fone de inserção - ER2). O limiar eletrofisiológico foi obtido, nas duas condições ruído, a partir da diminuição da intensidade do estímulo /ba/ de 10 em 10 dB até o desaparecimento do complexo P1-N1-P2. Para estudo comportamental, foi utilizado o Hearing in Noise Test (HINT) na versão brasileira, que consistiu no teste de reconhecimento de sentenças na presença de ruído. Os participantes foram orientados a repetir as sentenças da forma como escutaram, para obtenção do limiar psicoacústico. O ruído estável foi apresentado em 65 dB e o ruído modulado variou em intensidade entre 65 e 30 dB NPS, com taxa de modulação em 10 Hz. Estímulo e ruído foram enviados via plataforma digital (Tucker-Davis Technologies) por meio de um fone de ouvido Sennheiser HD580, à orelha direita. Foi utilizado o Statistical Package for the Social Sciences, versão 20.0, para obtenção de média, desvio padrão e realização de teste comparativo de Wilcoxon ( $p$ -valor  $< 0,05$ ). **Resultados:** A média do limiar eletrofisiológico para as condições de ruído estável e modulado foi de 55,8 ( $\pm 8,6$ ) e 43,3 ( $\pm 2,5$ ) dB NPS, respectivamente ( $p=0,03$ ). A média do limiar psicoacústico foi de 59,5 ( $\pm 0,7$ ) e 50,4 ( $\pm 2,0$ ) para o ruído estável e modulado, respectivamente ( $p=0,02$ ). A diferença dos limiares médios entre as duas condições de ruído (representação do fenômeno de masking release, ou, Benefício do Mascaramento modulado) foi de 12,5 dB e 9,1 dB inferior no ruído modulado, para o teste eletrofisiológico e comportamental, respectivamente. **Conclusão:** As menores médias nos limiares diante do mascaramento modulado observada no domínio eletrofisiológico e comportamental evidenciam a presença do fenômeno do Benefício do Mascaramento modulado, e podem indicar um efeito reduzido do mascaramento temporal nesta condição, estando relacionada à habilidade de resolução temporal. A proximidade da medida do Benefício do Mascaramento modulado entre os dois domínios, destaca o benefício de testes objetivos com aplicabilidade em populações incapazes de fornecer resultados comportamentais confiáveis.

## **ANÁLISE DOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS COM ESTÍMULO DE FALA EM IDOSOS NORMOUVINTES: REVISÃO DE LITERATURA**

**ÁREA TEMÁTICA:** APLICAÇÕES CLÍNICAS DOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS – DIAGNÓSTICO E (RE)HABILITAÇÃO

**AUTORES:** MÔNICA FERREIRA BORGES ROCHA, KARINA PAES ADVÍNCULA, DIANA BABINI LAPA DE ALBUQUERQUE BRITTO, NATÁLIA DOS SANTOS PINHEIRO, DANIELLE SAMARA BANDEIRA DUARTE, LETÍCIA DAIANA FREITAS DA SILVA, PEDRO DE LEMOS MENEZES

**INTRODUÇÃO:** Os potenciais evocados auditivos corticais com estímulo de fala têm sido utilizados na prática clínica para complementar avaliações comportamentais e fornecer informações de processamento auditivo da fala. Na população idosa, sua realização tem auxiliado na identificação de alterações de detecção ou discriminação da fala diante de padrões normais de audição.

**OBJETIVO:** Investigar, com base na literatura, as respostas dos potenciais evocados auditivos corticais com estímulo de fala em idosos com audição normal. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Trata-se de uma revisão de literatura, subsidiada pela pergunta norteadora: “Quais as principais respostas dos potenciais evocados auditivos corticais com estímulo de fala em idosos normouvintes”? Os descritores foram selecionados utilizando as ferramentas de registro DeCS e MeSH. No cruzamento dos termos utilizaram-se os operadores booleanos AND e OR. A estratégia de busca foi a seguinte: (Evoked Potentials Auditory OR Event Related Potential) AND (Acoustic, Speech) AND (Aged). As buscas dos artigos foram realizadas nas bases de dados National Library of Medicine (PubMed), Web of Science, Latin American and Caribbean Health Sciences (LILACS), Scopus e Scientific Electronic Library (SciELO). Foram considerados como critérios de elegibilidade: artigos originais, publicados em qualquer língua e ano, que analisaram as respostas dos potenciais evocados auditivos corticais com estímulo de fala na população idosa com audição normal bilateralmente. Foram excluídos artigos duplicados, cuja população de estudo possuía alterações de orelha média, perda auditiva e/ou é usuária de aparelhos auditivos ou de próteses cirurgicamente implantáveis. Para seleção dos artigos foi utilizado como protocolo, a leitura de título, resumo e manuscrito completo.

**RESULTADOS:** Foram encontrados um total de 1.119 artigos, sendo selecionados 79 estudos pelo título, 26 pelo resumo e 11 artigos foram lidos na íntegra. Destes, três estudos eram duplicados, totalizando assim, oito artigos selecionados para compor a amostra final. Os resultados evidenciaram que, comparado a outros grupos etários (jovens e adultos de até 35 anos) os idosos com faixa etária entre 60 e 79 anos apresentam aumento das latências e diminuição das amplitudes dos componentes corticais P2 e N2. Também foi observado aumento da latência no componente N1, sem comprometimento da amplitude. Não foi observado efeito da idade nas respostas do componente P1. Os estímulos de fala utilizados para evocação dos potenciais auditivos corticais consistiram em sílabas (/ba/, /da/, /ga/, pa/, /ta/, /ka/), vogais (/u/, /a/) e palavras de 1 ou 2 sílabas.

**CONCLUSÃO:** Os resultados demonstraram uma redução da capacidade de resposta neural diante das modificações dos potenciais auditivos corticais na população idosa. Os estudos fornecem evidências de uma mudança biológica relacionada à idade nos processos de decodificação dos sons de fala demonstrada pelo potencial evocado auditivo cortical, consistente com a dificuldade na compreensão de fala expressa no envelhecimento.

## ANEXO H – CERTIFICADOS DE PÔSTERS (III CINEA/2023)



## ANEXO I - ANAIS DO 39º EIA/2024



### ANAIS - TRABALHOS CIENTÍFICOS

**TÍTULO:** EFEITO DO MASCARAMENTO ESTÁVEL E MODULADO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS EM IDOSOS

**Autor(es):** SIMÕES, C. do E.S.X. ; DUARTE, D.S.B. ; ROCHA, M.F.B. ; QUEIROZ, J.P.S. de ; BRITTO, D.B.L. de A. ; ADVÍNCULA, K.P. ;

#### RESUMO

**Introdução:** A comunicação é um processo inerente ao ser humano, sendo um fator primordial para a inter-relação entre os indivíduos. As habilidades auditivas são fundamentais para uma comunicação oral eficiente, sendo o reconhecimento de fala uma das habilidades mais importantes para um maior desenvolvimento comunicacional. Para o reconhecimento eficaz da fala, os sistemas auditivos devem processar pistas como intensidade, faixa de frequência dos fonemas, prosódia e contexto linguístico. Isso exige que o sistema auditivo se concentre no sinal de fala, ignorando ruídos ambientais, pois estes podem aumentar os limiares de detecção, dificultando a compreensão da mensagem. No entanto, a modulação em intensidade e frequência dos ruídos auxiliam na compreensão dessa fala; esse fenômeno é denominado Benefício do Mascaramento Modulado e pode ser medido de forma objetiva através das respostas eletrofisiológicas dos potenciais evocados auditivos corticais. **Objetivo:** Analisar o efeito do mascaramento estável e modulado nos potenciais evocados auditivos corticais com estímulo de fala em idosos com a audição normal. **Metodologia:** Trata-se de um estudo analítico, do tipo observacional e transversal, aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos sob parecer nº 5.140.668. Foram realizados exames de pré-coleta, sendo eles: anamnese, avaliação cognitiva e exames audiológicos básicos (meatoscopia, audiometria e imitanciométrica). Os potenciais evocados auditivos corticais foram eliciados a partir de um estímulo de fala sintética /ba/ simultaneamente ao ruído Speech Shaped Noise, apresentado em três condições distintas: ruído estável com intensidade de 30 dB NPSpe (ruído estável fraco), ruído estável com intensidade de 65 dB NPSpe (ruído estável forte) e ruído modulado em intensidades de 30 dB NPSpe e 65 dB NPSpe em 25 Hz, com um período de modulação de 40 ms. **Resultados:** Participaram do estudo 18 indivíduos, sendo 27,7% do sexo masculino e 72,3% do sexo feminino, com idade média 64,4 anos. Participantes sem evidências de perda auditiva, apresentando limiares auditivos iguais e/ou inferiores a 20 dB e com curvas timpanométricas do tipo A e presença de reflexos ipsi e contralaterais. Na condição de ruído estável forte, observou-se uma maior latência no componente cortical de P1, bem como medidas mais robustas de amplitude nos componentes corticais P1, N1 e P2 na condição de ruído modulado, quando comparadas à condição de ruído estável forte. A partir do teste estatístico de Friedman, observou-se que as latências e amplitudes dos componentes P1, N1 e P2 diferem entre os tipos de mascaramento. A morfologia das ondas apresentou-se mais comprometida na condição de ruído estável forte, em comparação com os demais registros. Os limiares eletrofisiológicos médios para as condições de ruído estável forte e ruído modulado foram de 57,22 dB NPSpe e 52,22 dB NPSpe, respectivamente, evidenciando uma diferença média de 5 dB. **Conclusão:** O ruído modulado exerceu um efeito mascarante inferior em relação à condição de ruído estável forte, especialmente nas medidas de amplitude dos componentes corticais. A diferença média de 5 dB entre os limiares eletrofisiológicos é interpretada como uma manifestação do Benefício do Mascaramento Modulado.

#### DADOS DE PUBLICAÇÃO

**Página(s):** p.1324

**ISSN** 1983-1793X

<https://eia.audiologiabrasil.org.br/anais-trabalhos-consulta/1324>

## ANEXO J – CERTIFICADO DE PÔSTER (39º EIA/2024)



**39º** Encontro  
Internacional  
de Audiologia

09 a 11 de maio de 2024  
Centro de Convenções Frei Caneca

São Paulo - SP

### CERTIFICADO

#### Conferido pela Academia Brasileira de Audiologia

Pela apresentação do trabalho intitulado **EFEITO DO MASCARAMENTO ESTÁVEL E MODULADO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS EM IDOSOS**, dos autores **CRISTIANE DO ESPIRITO SANTO XAVIER SIMÕES, DANIELLE SAMARA BANDEIRA DUARTE, MÔNICA FERREIRA BORGES ROCHA, JOÃO PEDRO SANTOS DE QUEIROZ, DIANA BABINI LAPA DE ALBUQUERQUE BRITTO, KARINA PAES ADVÍNCULA**, na modalidade **PÔSTER**, na área **Diagnóstico em Audiologia**, realizado durante o **39º Encontro Internacional de Audiologia**, de 09 a 11 de maio de 2024, no Centro de Convenções Frei Caneca em São Paulo/SP.

São Paulo, 11 de maio de 2024.

  
Maria Francisca  
Colella dos Santos  
Presidente

  
Carla Gentile  
Matas  
Vice-Presidente

  
Fátima Cristina Alves  
Branco-Barreiro  
1ª Secretária

Realização



## ANEXO K – NORMAS DAS REVISTAS

# Instructions to Authors for International Archives of Otorhinolaryngology

**Thank you for contributing to International Archives of Otorhinolaryngology (IAO). Please read the instructions carefully and observe all the directions given. Failure to do so may result in unnecessary delays in publishing your article. There are no submission charges to submit your manuscript to this journal.**

International Archives of Otorhinolaryngology (IAO) is an international peer-reviewed journal dedicated to otolaryngology–head and neck surgery, audiology, and speech therapy.

IAO is published every three months and supports the World Health Organization (WHO) and of the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) politics regarding registration of clinical trials. Therefore we only accept for publication articles of clinical trials that have been given a number of identification from one of the Clinical Essay Registry validated by the criteria established by the WHO and the ICMJE, the links to which are available at the ICMJE (<http://www.icmje.org/>). The identification number should be given at the end of the abstract.

IAO reserves the right to exclusive publication of all accepted manuscripts. We will not consider any manuscript previously published nor under review by another publication. Once accepted for review, the manuscript must not be submitted elsewhere. Transfer of copyright to IAO is a prerequisite of publication. All authors must sign a copyright transfer form.

The editors and Thieme combat plagiarism, double publication, and scientific misconduct with the software CrossCheck powered by iThenticate. Your manuscript may be subject to an investigation and retraction if plagiarism is suspected.

All submissions follow double blind peer-review process. Manuscripts can be submitted free of charge (no APCs) through IAO's online submission website: <https://mc.manuscriptcentral.com/iaorl>.

Authors must disclose any financial relationship(s) at the time of submission, and any disclosures must be updated by the authors prior to publication. Information that could be perceived as potential conflict(s) of interest must be stated. This information includes, but is not limited to, grants or funding, employment, affiliations, patents, inventions, honoraria, consultancies, royalties, stock options/ownership, or expert testimony.

## Peer Reviewing Process

The journal follows double blind peer-review process where author does not get to know the identity of the reviewer and the reviewer does not get to know the identity of the author. At least two random reviewers based on their technical and clinical expertise are assigned by the Chief Editor on each manuscript and the decision is taken based on the comparative reviews which the manuscript receives during the review process.

## Article Categories

The journal publishes the types of articles defined below. When submitting your manuscript, please follow the instructions relevant to the applicable article category.

### Original Research

Original, in-depth, clinical or basic science investigations that

aim to change clinical practice or the understanding of a disease process. Article types include, but are not limited to, clinical trials, before-and-after studies, cohort studies, case-control studies, cross-sectional surveys, and diagnostic test assessments.

### Components of original research are:

- *A title page*, including the manuscript title and all authors' full names, academic degrees (no more than three), institutional affiliations, locations, and ORCID iD. Designate one author as the corresponding author. Also indicate where the paper was presented, if applicable.
- *A structured abstract* of up to 250 words with the headings: Introduction, Objective, Methods, Results, and Conclusion.
- *The Manuscript body* should be divided as: introduction with objective(s); method; result; discussion; conclusion; references.
- Manuscript length of no more than 24 pages (exclusive of the title page and abstract).
- Studies involving human beings and animals should include the approval protocol number of the respective Ethics Committee on Research of the institution from which the research is affiliated.

### Systematic Reviews (including Meta-analyses)

Critical assessments of literature and data sources on important clinical topics in otolaryngology-head and neck surgery. Systematic reviews that reduce bias with explicit procedures to select, appraise, and analyze studies are highly preferred over traditional narrative reviews. The review may include a meta-analysis, or statistical synthesis of data from separate, but similar, studies leading to a quantitative summary of the pooled results. The components of a systematic review are:

- *A title page*, including the manuscript title and all authors' full names, academic degrees, institutional affiliations, locations, and ORCID iD. Designate one author as the corresponding author. Also indicate where the paper was presented, if applicable.
- *A structured abstract* of up to 250 words with the headings: Introduction, Objectives, Data Synthesis, and Conclusion.
- *The Manuscript body* should be divided as: introduction; review of literature; discussion; final comments; references.
- *Manuscript length* of no more than 24 pages (exclusive of the title page and abstract).

### Case Reports

It is not accepted for publication.

### Update Manuscripts

The manuscript is an update that explores a particular subject,

developed from current data, based on recently published works.

- A *title page*, including the manuscript title and all authors' full names, academic degrees, institutional affiliations,

locations, and ORCID iD. Designate one author as the corresponding author. Also indicate where the paper was presented, if applicable.

- A *structured abstract* of up to 250 words with the headings: Introduction, Objectives, Data Synthesis, and Conclusion.

- The *Manuscript body* should be divided as: introduction; review of a particular subject; discussion; final comments; references.
- *Manuscript length* of no more than 15 pages (exclusive of the title page and abstract).

## Video Data Innovation

The manuscript is an update that explores a particular subject, developed from current data, based on recently published works.

- A *title page*, including the manuscript title and all authors' full names, academic degrees, institutional affiliations,

locations, and ORCID iD. Designate one author as the corresponding author. Also indicate where the paper was presented, if applicable.

- A structured abstract of up to 250 words with the headings: Introduction, Objectives, Data Synthesis, and Conclusion.

- The Manuscript body should be divided as: Introduction;

Review of a Particular Subject; Discussion; Final Comments; References.

- Manuscript length of no more than 15 pages (exclusive of

the title page and abstract).

- Manuscript including videos, figures and tables should have a maximum file size of 100MB.
- Submitted videos should not exceed 3 minutes. Videos require a label (e.g., "Video 1") and a brief description. If you want to include any explanation or narration with subtitles it must be in English.
- Format: Videos should be uploaded to the submission as

Supplemental File for Review. Videos should be encoded in high definition format and in standard file extensions: .wmv, .mov, .qt, .mpg, .mpeg, or .mp4.

- To allow for a Double-Blinded Peer Review Process, be sure to exclude any author, institution or patient information.
- Originality: Videos and their description must not have been published previously.

## Letters to the Editor and Opinion articles

Only by invitation from the Editorial Board. *Manuscript length*: no more 2 pages.

## Manuscript Preparation

Correct preparation of the manuscript will expedite the review and publishing process. Manuscripts must conform to acceptable English usage.

Necessary Files for Submission (each topic should start in a new page):

- Title Page
- Abstract
- Manuscript (main text, references, and figure legends)
- Figure(s) (when appropriate)
- Table(s) (when appropriate)

In accordance with double-blind review, author/institutional information should be omitted or blinded from the following

submission files: Manuscript, Figure(s), Table(s), Response to Reviewers.

The Abstract should be followed by three to six keywords in English, selected from the list of Descriptors (Mesh) created by National Library of Medicine and available at <https://meshb.nlm.nih.gov/search>.

## Abbreviations

Do not use abbreviations in the title or abstract. When using abbreviations in the text, indicate the abbreviation parenthetically after the first occurrence and use the abbreviation alone for all subsequent occurrences.

## Authorship

Authorship credit should be based on criteria established by the International Committee of Medical Journal Editors: (1) substantial contributions to conception and design, acquisition of data, or analysis and interpretation of data; (2) drafting the article or revising it critically for important intellectual content; and (3) final approval of the version to be published.

## References

Authors are responsible for the completeness, accuracy, and format of their references. References should be numbered consecutively using Arabic numbers in the text. All authors shall be listed in full up to the total number of six; for seven or more authors, list the first three authors followed by "et al." There should be no more than 90 references for original articles and no more than 120 for systematic reviews or update articles. IAO uses the reference style outlined by the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE), also referred to as the "Vancouver" style. Example formats are listed in: [http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html). Journal name abbreviations should be those found in the National Center for Biotechnology Information (NCBI) databases: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>.

## Examples

- **Journals:** Author | Article Title | Journal Title | Date of Publication | Volume Number | Issue Number | Pagination.  
Huttenhower C, Gevers D, Knight R, et al. Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. *Nature* 2012;486(7402):207-214

- **Dissertations and Theses:** Author | Title | Content Type | Place of Publication | Publisher | Date of Publication | Pagination.  
Baldwin KB. An exploratory method of data retrieval from the electronic medical record for the evaluation of quality in healthcare [dissertation]. Chicago: University of Illinois at Chicago, Health Sciences Center; 2004:116

- **Books:** Author/Editor | Title | Edition | Place of Publication | Publisher | Date of Publication.  
Valente M, Hosford-Dunn H, Roeser RJ. *Audiology Treatment*. 2nd ed. New York: Thieme; 2008

- **Book chapters:** Author of the chapter | Title of chapter | In: Editor(s) of book | Title of book | Place of Publication | Publisher | Date of Publication | Pagination.  
Vilkman E. A survey on the occupational safety and health arrangements for voice and speech professionals in Europe. In: Dejonckere PH, ed. *Occupational Voice: Care and Cure*. Hague: Kugler Publications; 2001:129-137

- **Electronic material:** for articles taken entirely from the Internet, please follow the rules mentioned above and add at the end the web site address.

Ex: AMA: helping doctors help patients [Internet]. Chicago: American Medical Association; c1995-2007 Available at: <http://www.ama-assn.org/>. Accessed Feb 22, 2007

## Figures

Figures must be uploaded separately. Include the number of the figure in the description box.

### Figure Legends

Provide a legend for each figure. List the legends (double-spaced) on a separate text page, after the reference page. Up to 8 pictures will be published at no cost to the authors; color pictures will be published at the editor's discretion.

Acceptable submissions include the following: JPG, GIF, PNG, PSD, or TIF. The Publication Management System accepts only high definition images with the following features:

- Width up to 1000 px and DPI equal to or higher than 300;
- The image formats should be preferentially TIF or JPG;
- The maximum image size should be 8 MB;
- If figures have multiple parts (e.g., A, B, C, D), each part must be counted as a separate image in the total number allowed.

### Tables and Graphs

Tables should be numbered in Arabic numbers consecutively as they appear in the text, with a concise but self-explanatory title, without underlined elements or lines inside it. When tables have too many data, prefer to present graphics (in black and white). If there are abbreviations, an explicative text should be provided on the lower margin of the table or graph.

### Appendices

Appendices will only be published online, not in the print journal, and may include additional figures or tables that enhance the value of the manuscript. Appendices must be submitted online with the rest of the manuscript and labeled as such. Questionnaires will be considered as Appendices.

### Online Manuscript Submission

All manuscripts should be submitted free of charge at <https://mc.manuscriptcentral.com/iaorl>, which gives access to the ScholarOne Manuscripts submission system where the submission of the article is done by the authors and the evaluation process is done by the reviewers of our editorial board in a blinded process where the names of the authors are not displayed in any instance. The system will ask for your user ID and password if you have already registered. If you have not registered, click on the link "Create Account" and make your registration. In case you have forgotten your password, click on the appropriate link and the system will generate an automatic e-mail with the information. The author(s) should keep a copy of all submitted material for publication because the editor cannot be held responsible for any lost material.

After submission, the system offers the option of saving a copy of your manuscript in PDF format for your control.

The journal strongly recommends that the authors submit their electronic manuscripts written in Microsoft Word.

### POLICY STATEMENTS

#### Privacy Statement

The names and email addresses entered in this journal site will be used exclusively for the stated purposes of this journal and will not be made available for any other purpose or to any other party.

#### Ethics standards

No data or image identifying a patient can be used without formal consent (patient permission forms are available at: [www.thieme.com/journal-authors](http://www.thieme.com/journal-authors)); studies using human beings or animal trials must follow ethical standards from the

International Committee of Medical Journals Editors – ICMJE, as well as approval of original institution's Ethics Committee; conflicts of interest must have a ICMJE form filled in by all authors (available at: <http://icmje.org/>); commercial marks should be avoided; authors are the sole responsible for opinions and concepts in the published articles, as well as for the reference accuracy.

### Authorization Letter

The corresponding author should send a letter authorizing publication, signed by all coauthors, ensuring the uniqueness of the publication, ie, the article should not be posted on other news outlets, not be available online. Articles already published in other media should say when and where they were accepted for publication.

### Conflict of Interest Statement (if any):

All authors (including corresponding and coauthors associated with the manuscript) must make a formal statement at the time of submission indicating any potential conflict of interest that might constitute an embarrassment to any of the authors if it were not to be declared and were to emerge after publication. Such conflicts might include, but are not limited to, shareholding in or receipt of a grant or consultancy fee from a company whose product features in the submitted manuscript or which manufactures a competing product. Should the article be accepted for publication, this information will be published with the paper.

**Types of conflicts include:** Consulting, Royalties, Research Support, Institutional Support, Ownership, Stock/Options, Speakers Bureau, and Fellowship Support. Any commercial entity whose products are described, reviewed, evaluated, or compared in the manuscript, except for those disclosed in the Acknowledgments section, are potential conflicts. This journal follows the guidelines of the International Committee of Medical Journal Editors and an ICMJE disclosure of potential conflicts of interest (COI) form must be submitted for each author at the time of manuscript submission. Forms must be submitted even if there is no conflict of interest. It is the responsibility of the corresponding author to ensure that all authors adhere to this policy prior to submission.

A conflict of interest statement must also be included in the manuscript after any "Acknowledgements" and "Funding" sections and should summarize all aspects of any conflicts of interest included on the ICMJE form. If there is no conflict of interest, authors must include 'Conflict of Interest: none declared'. Please click <http://www.icmje.org/conflictsofinterest> to download a Conflict of Interest form. The disclosure information is important in article processing. If the provided forms are incomplete or missing, it can cause delays in publishing of article.

### Informed Consent

The journal adheres to the principles set forth in the Helsinki Declaration and holds that all reported research conducted with human participants should be conducted in accordance with such principles. Reports describing data obtained from research conducted in human participants must contain a statement in the Methods section indicating approval by the Institutional Review Board (IRB). The authors should also indicate whether or not individual consent for the study was obtained, or whether it was waived.

### Conflicts arising from papers authored by Editorial Board Members

The journal evaluates any submissions from the members of the editorial board purely on merit of the clinical content presented as

it does for any other article coming from authors globally. All the articles including articles from Editorial Board members are evaluated via double-blind peer review

to the reviewers. In doing so, the journal ensures there are no conflict of interests or preferences and selection of articles is purely on its clinical content merit, thus ensuring best ethical standards and practices of peer-review are maintained.

### Copyright Statement

Submitted manuscripts must represent original research not previously published nor being considered for publication elsewhere. The editors and Thieme combat plagiarism, double publication, and scientific misconduct with the software CrossCheck powered by iThenticate. Your manuscript may be subject to an investigation and retraction if plagiarism is suspected. If you plan to reproduce text, tables, or figures from a published source, you must first obtain written permission from the copyright holder (usually the Society). This is required even if the material is from your own published work. For material never before published and given to you by another person, you must obtain permission from that person. Serious delays to publication can be incurred if permissions are not obtained. As the author, it is your responsibility to obtain all permissions, pay any permission fees, furnish copies of permissions to Thieme with your manuscript, and include a credit line at the end of the figure caption, beneath the table, or in a text footnote. Articles are published under the "CC-BY-NC-ND 4.0" license. This means that everyone is free to copy, distribute and transmit the published article. Commercial use is not allowed, nor are derivative works (nobody may alter, transform or build upon your work without express permission). The full text of the license can be found at <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>.

### Duplicate or Redundant Submission

Manuscripts are considered with the understanding that they have not been published previously and are not under consideration by another publication. If the author explicitly wishes the journal to consider duplicate publication, he or she must submit the request, in writing, to the Editor with appropriate justification.

### Deadlines

Submissions not in compliance with the following instructions will be returned to the author by the editorial office and a corrected version must be resubmitted within 30 days. Papers not resubmitted within that time will be withdrawn from consideration.

Revised manuscripts must follow the same instructions and should be submitted within 30 days of the revision letter date.

Accepted manuscripts sent to the publisher will be typeset and proofs will then be sent by e-mail to the corresponding author. If proofs are not approved and received within 2 business days, the article will not be published.

The reviewers should send their comments within 20 days.

### English Language Assistance

Appropriate use of the English language is a requirement for publication in IAO. Authors who wish to improve the

process, which will ensure that the information of author(s) is not revealed

grammar and spelling in their articles may wish to consult a professional service. Many companies provide substantive editing via the web. A few examples are:

**AJE - American Journal Experts** (10% discount):

<https://www.aje.com/c/CEDAO10>; **Enago** (20% discount on all editing services): <https://www.enago.com.br/forl/>; **Editage** (10% discount, use coupon code FORL10): <https://www.editage.com>. Please note that

IAORL has no affiliation with these companies and use of the service does not guarantee your manuscript will be accepted.

### The International Archives of Otorhinolaryngology Scientific Merit Journal Prize

The IAO Scientific Merit Journal Prize is awarded every year for up to three best systematic review (meta-analysis) papers published each year in the journal. Manuscript awards will be selected based on novelty, impact, data quality, and number of online downloads by the journal readers.

The result will be communicated to the winners and officially published in an issue of IAO. All authors and co-authors will receive certificates of Scientific Merit.

### Editorial Contact

#### Editor in Chief

**Geraldo Pereira Jotz, MD, PhD.**

#### Co-Editor

**Aline Gomes Bittencourt, MD, PhD.**

#### Editorial Office

**Adilson Montefusco, MSc.**

[montefusco@iaorl.org](mailto:montefusco@iaorl.org)

#### IAO Address

Rua Artur de Azevedo 46, Zip code 05404-000, São Paulo/SP, Brazil

Phone: +55 11 3062 4097

E-mail: [iaorl@iaorl.org](mailto:iaorl@iaorl.org) Websites:

[www.thieme.com/iao](http://www.thieme.com/iao)

[www.internationalarchivesent.org](http://www.internationalarchivesent.org)

### Thieme Publishers Production

#### Coordinator

Paula Di Sessa Vavlis [paula.disessa@thieme.com.br](mailto:paula.disessa@thieme.com.br)

#### Junior Production Coordinator

Tamiris Moreira Rudolf

[tamiris.rudolf@thieme.com.br](mailto:tamiris.rudolf@thieme.com.br)

#### Junior Production Coordinator Marcia Farias Lourenço

[marcia.farias@thieme.com.br](mailto:marcia.farias@thieme.com.br)

## Instruções aos autores

### Escopo e política

CoDAS (on-line ISSN 2317-1782) é uma revista científica e técnica de acesso aberto publicada bimestralmente pela Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia (SBFa). É uma continuação da anterior "Revista de Atualização Científica Pró-Fono" - ISSN 0104-5687, até 2010 e "Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia (JSBFa)" - ISSN 2179-6491, até 2012.

A missão da revista CoDAS é contribuir para a divulgação do conhecimento técnico e científico em Ciências e Distúrbios da Comunicação e áreas associadas - especificamente nas áreas de Linguagem, Audiologia, Voz, Motricidade Orofacial, Disfagia e Saúde Pública - produzido no Brasil e no exterior. O nome da revista CoDAS foi criado com base nas áreas principais dos 'Distúrbios de Comunicação, Audiologia e Deglutição' e foi concebido para ser curto e fácil de lembrar. O título abreviado do periódico é CoDAS, que deve ser usado em bibliografias, notas de rodapé, referências e legendas bibliográficas. A revista é uma publicação da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia.

CoDAS aceita submissões originais em português, espanhol e inglês. Uma vez aprovados, artigos em português ou em espanhol serão traduzidos e publicados na língua original e em inglês. Traduções estão previstas para serem financiadas pelos autores e devem ser feitas por empresas indicadas pela revista CoDAS ou por empresas com comprovada experiência em traduções científicas de artigos na mesma área da revista. Os artigos poderão ser submetidos diretamente em inglês; neste caso os artigos não serão traduzidos para o português, mas o texto escrito em inglês será avaliado e, se necessário, uma revisão de inglês será requerida de modo a ser financiada pelos autores. As políticas do periódico podem ser lidas integralmente em "Instruções aos Autores".

### Tipos de artigos

A revista publica os seguintes tipos de artigos: "Artigos originais", "Artigos de Revisão" (Revisões sistemáticas com ou sem meta-análises, Revisão de Escopo e Revisão Crítica), "Comunicações breves", "Relatos de casos", "Cartas ao editor".

#### A. Artigo original:

Artigos destinados à divulgação de resultados de pesquisa científica e devem ser originais e inéditos. Sua estrutura deverá conter necessariamente os seguintes itens: resumo e descritores, *abstract e keywords*, introdução, método, resultados, discussão, conclusão, agradecimento e referências.

O **resumo** deve conter informações que incentivem a leitura do artigo e, assim, não conter resultados numéricos ou estatísticos. A **introdução** deve apresentar breve revisão de literatura que aborde os objetos de estudo, além de trazer claramente a justificativa. O **método** deve ser descrito com o detalhamento necessário e incluir as informações relevantes para que o estudo possa ser reproduzido. Os **resultados** devem ser interpretados, a fim de indicar a relevância estatística para os dados encontrados, não ser mera apresentação de tabelas, quadros e figuras. Os dados apresentados no texto não devem ser duplicados nas tabelas, quadros e figuras e/ou vice-versa. Recomenda-se que os dados sejam submetidos à análise estatística inferencial quando pertinente. A **discussão** não deve repetir os resultados nem a introdução, e a conclusão deve responder concisamente aos objetivos propostos, indicando clara e objetivamente qual é a relevância do estudo apresentado e sua contribuição para o avanço da Ciência. Agradecimento, quando pertinente, deve ser adicionado para contemplar o(s) fomento(s) à pesquisa recebido(s), bem como

empresas/instituições que colaboraram para o desenvolvimento da pesquisa em questão. Das **referências** citadas (máximo 30), pelo menos **90%** deverão ser constituídas de artigos publicados em periódicos indexados da literatura nacional e estrangeira preferencialmente **nos últimos cinco anos**. Não devem ser incluídas citações de teses ou trabalhos apresentados em congressos científicos. O arquivo não deve conter mais do que 30 páginas, incluindo tabelas, gráficos e imagens. Sugere-se que a escrita científica deste tipo de estudo siga guias de acordo com o tipo de estudo científico, a saber: CONSORT Statement (Consolidated Standards of Reporting Trials) para ensaios clínicos randomizados, STROBE Statement (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology) para estudos observacionais, e STARD (Standards for Reporting Studies of Diagnostic Accuracy) para estudos diagnósticos.

O número de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, bem como a afirmação de que todos os indivíduos envolvidos (ou seus responsáveis) assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, no caso de pesquisas envolvendo pessoas ou animais (assim como levantamentos de prontuários ou documentos de uma instituição), são obrigatórios e devem ser citados na seção do método. O documento de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido devem ser digitalizados e anexados no sistema, no momento da submissão do artigo, documento restrito aos editores.

## Preparo do manuscrito

O texto deve ser formatado em Microsoft Word, RTF ou WordPerfect, em papel tamanho ISO A4 (212x297mm), digitado em espaço duplo, fonte Arial tamanho 12, margem de 2,5cm de cada lado, justificado, com páginas numeradas em algarismos arábicos; cada seção deve ser iniciada em uma nova página, na seguinte sequência: título do artigo, em português (ou espanhol) e inglês, resumo e descritores, *abstract* e *keywords*, texto (de acordo com os itens necessários para a seção para a qual o artigo foi enviado), referências, tabelas, quadros, figuras (gráficos, fotografias e ilustrações) citados no texto e anexos, ou apêndices, com suas respectivas legendas.

Consulte a seção "[Tipos de artigos](#)" destas Instruções para preparar seu artigo de acordo com o tipo e as extensões indicadas.

Tabelas, quadros, figuras, gráficos, fotografias e ilustrações devem estar citados no texto e apresentados no manuscrito, após as referências, e ser apresentados também em anexo no sistema de submissão, tal como indicado acima. À parte do manuscrito, em uma folha separada, apresente a página de identificação, tal como indicado anteriormente. O manuscrito não deve conter dados de autoria – estes dados devem ser apresentados somente na Página de Identificação.

### Título, Resumo e descritores

O manuscrito deve ser iniciado pelo título do artigo, em português (ou espanhol) e inglês, seguido do resumo, em português (ou espanhol) e Inglês, de não mais que 250 palavras. Deverá ser estruturado de acordo com o tipo de artigo, contendo resumidamente as principais partes do trabalho, e ressaltando os dados mais significativos.

Assim, para Artigos originais, a estrutura deve ser, em português: objetivo, método, resultados, conclusão; em inglês: *purpose, methods, results, conclusion*. Para Revisões sistemáticas ou meta-análises, a estrutura do resumo deve ser, em português: objetivo, estratégia de pesquisa, critérios de seleção, análise dos dados, resultados, conclusão; em inglês: *purpose, research strategies, selection criteria, data analysis, results, conclusion*. Para Relatos de casos, o resumo não deve ser estruturado. Abaixo do resumo, especificar no mínimo cinco e no máximo dez descritores/*keywords* que definam o assunto do trabalho. Os descritores deverão ser baseados no DeCS (Descritores em Ciências da Saúde) publicado pela Bireme, disponível no endereço eletrônico: <http://decs.bvs.br>.

### Texto

Deverá obedecer a estrutura exigida para cada tipo de trabalho. A citação dos autores no texto deverá ser numérica e sequencial, utilizando algarismos arábicos entre parênteses e sobrescritos, sem data e preferencialmente sem referência ao nome dos autores, como no exemplo:

“... Qualquer desordem da fala associada tanto a uma lesão do sistema nervoso quanto a uma disfunção dos processos sensório-motores subjacentes à fala, pode ser classificada como uma desordem motora(11-13) ...”

Palavras ou expressões em inglês que não possuam tradução oficial para o português devem ser escritas em itálico. Os numerais até dez devem ser escritos por extenso. No texto, deve estar indicado o local de inserção das tabelas, quadros, figuras e anexos, da mesma forma que estes estiverem numerados, sequencialmente. Todas as tabelas e quadros devem ser em preto e branco; as figuras (gráficos, fotografias e ilustrações) podem ser coloridas. Tabelas, quadros e figuras devem ser dispostos ao final do artigo, após as referências, e ser apresentados também em anexo no sistema de submissão, tal como indicado acima.

## Referências

Devem ser numeradas consecutivamente, na mesma ordem em que foram citadas no texto, e identificadas com números arábicos. A apresentação deverá estar baseada no formato denominado “Vancouver Style”, conforme exemplos abaixo, e os títulos de *Journal Indexed in Index Medicus*, da *National Library of Medicine* e disponibilizados no endereço: <ftp://ftp.nlm.nih.gov/online/journals/archive/ljiweb.pdf>

Para todas as referências, citar todos os autores até seis. Acima de seis, citar os seis primeiros, seguidos da expressão et al.

## Recomendações gerais:

- Utilizar preferencialmente referências publicadas em revistas indexadas nos últimos cinco anos.
- Sempre que disponível devem ser utilizados os títulos dos artigos em sua versão em inglês.
- Sempre que possível incluir o DOI dos documentos citados.
- Devem ser evitadas as referências de teses, dissertações ou trabalhos apresentados em congressos científicos.

### ARTIGOS DE PERIÓDICOS

Shriberg LD, Flipsen PJ Jr, Thielke H, Kwiatkowski J, Kertoy MK, Katcher ML et al. Risk for speech disorder associated with early recurrent otitis media with effusions: two retrospective studies. *J Speech Lang Hear Res.* 2000;43(1):79-99.

Wertzner HF, Rosal CAR, Pagan LO. Ocorrência de otite média e infecções de vias aéreas superiores em crianças com distúrbio fonológico. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2002;7(1):32-9.

### LIVROS

Northern J, Downs M. *Hearing in children.* 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1983.

### CAPÍTULOS DE LIVROS

Rees N. An overview of pragmatics, or what is in the box? In: Irwin J. *Pragmatics: the role in language development.* La Verne: Fox; 1982. p. 1-13.

### CAPÍTULOS DE LIVROS (mesma autoria)

Russo IC. Intervenção fonoaudiológica na terceira idade. Rio de Janeiro: Revinter; 1999. Distúrbios da audição: a presbiacusia; p. 51-82.

### DOCUMENTOS ELETRÔNICOS

ASHA: American Speech and Hearing Association [Internet]. Rockville: American Speech-Language-Hearing Association; c1997-2008. Otitis media, hearing and language development. [cited 2003 Aug 29]; [about 3 screens]

## Tabelas

Apresentar as tabelas separadamente do texto, cada uma em uma página, ao final do documento e apresentá-las também em anexo, no sistema de submissão. As tabelas devem ser digitadas com espaço duplo e fonte Arial 8, numeradas sequencialmente, em algarismos arábicos, na ordem em que foram citadas no texto. Todas as tabelas deverão ter título reduzido, autoexplicativo, inserido acima da tabela. Todas as colunas da tabela devem ser

identificadas com um cabeçalho. No rodapé da tabela, deve constar legenda para abreviaturas e testes estatísticos utilizados.

O número de tabelas deve ser apenas o suficiente para a descrição dos dados de maneira concisa. As tabelas não devem repetir informações apresentadas no corpo do texto e, quanto à forma de apresentação, devem ter traçados horizontais separando o cabeçalho, o corpo e a conclusão da tabela. Devem ser abertas lateralmente. Serão aceitas, no máximo, cinco tabelas.

### **Quadros**

Devem seguir a mesma orientação da estrutura das tabelas, diferenciando apenas na forma de apresentação, que podem ter traçado vertical e devem ser fechados lateralmente. Serão aceitos no máximo dois quadros. Apresentar os quadros separadamente do texto, cada um em uma página, ao final do documento e apresenta-los também em anexo, no sistema de submissão.

### **Figuras (gráficos, fotografias e ilustrações)**

As figuras deverão ser encaminhadas separadamente do texto, ao final do documento, numeradas sequencialmente, em algarismos arábicos, conforme a ordem de aparecimento no texto. Todas as figuras devem ser apresentadas também em anexo, no sistema de submissão. Todas as figuras deverão ter qualidade gráfica adequada (podem ser coloridas, em preto e em branco ou escala de cinza, sempre com fundo branco) e apresentar título em legenda, digitado em fonte Arial 8. Para evitar problemas que comprometam o padrão de publicação da CoDAS, o processo de digitalização de imagens ("scan") deverá obedecer aos seguintes parâmetros: para gráficos ou esquemas, usar 800 dpi/*bitmap* para traço; para ilustrações e fotos, usar 300 dpi/RGB ou *grayscale*.

Em todos os casos, os arquivos deverão ter extensão .tif e/ou .jpg. Também serão aceitos arquivos com extensão .xls (Excel), .eps, .wmf para ilustrações em curva (gráficos, desenhos, esquemas). Se as figuras já tiverem sido publicadas em outro local, deverão vir acompanhadas de autorização por escrito do autor/editor e constando a fonte na legenda da ilustração. Serão aceitas, no máximo, cinco figuras.

### **Legendas**

Apresentar as legendas usando espaço duplo, acompanhando as respectivas tabelas, quadros, figuras (gráficos, fotografias e ilustrações) e anexos.

### **Abreviaturas e siglas**

Devem ser precedidas do nome completo quando citadas pela primeira vez no texto. As abreviaturas e siglas usadas em tabelas, quadros, figuras e anexos devem constar na legenda com seu nome por extenso. Não devem ser usadas no título dos artigos e nem no resumo.

### **ORCID**

Todos os autores devem ter o número de registro no ORCID ([Open Researcher and Contributor ID](#)) associado aos seus respectivos cadastros no sistema ScholarOne.



## GUIDE FOR AUTHORS

### INTRODUCTION

The BJORL is an open-access peer-reviewed journal dedicated to the advancement of patient care in Otorhinolaryngology - Head and Neck Surgery. The BJORL publishes original articles relating to both the clinical and basic science aspects of Otorhinolaryngology. The Journal reserves the right to exclusive publication of all accepted manuscripts. Manuscripts previously published or under review by another publication will not be considered by any chance. Once accepted for review, the manuscript must not be submitted elsewhere. Unethical publishing, such as plagiarism, undisclosed conflicts of interest, inappropriate authorship, and duplicate publication are forbidden. This includes publication in a non-otorhinolaryngology journal or in another language. In case of doubt, disclosure is essential, and the Editor is available for consultation. Transfer of copyright to BJORL is a prerequisite of publication. All authors must sign a [Copyright Transfer Agreement form](#). This form must be uploaded in the submission files.

Authors must disclose any financial relationship(s) at the time of submission. Information that could be perceived as potential conflict(s) of interest, such as grants or funding, employment, affiliations, patents, inventions, honoraria, consultancies, royalties, stock options/ownership, or expert testimony, must be stated.

The BJORL welcomes manuscripts related to general otolaryngology; head and neck surgery; respiratory sleep disorders; allergy/rhinology; otology/neurotology; laryngology/broncho-esophagology; pediatric otolaryngology; cranio-facial surgery; skull base surgery; head and neck oncology; phoniatrics; upper airway related diseases; and facial plastics and reconstructive surgery.

Please note that articles submitted as of **May 1, 2022**, which are accepted for publication will be subject to a fee (**Article Publishing Charge, APC**) payment by the author or research funder to cover the costs associated with publication. **All articles must be submitted in English.** More information, including the APC, can be found at the [open access information page](#).

#### **Manuscript categories and requirements**

The Brazilian Journal of Otorhinolaryngology publishes Original Reports, Contemporary Reviews, Systematic and Evidence-Based Reviews, Letters to the Editor, and Invited Articles and Reviews. Topics of interest include all subjects that relate to the practice of medicine and the betterment of public health worldwide.

#### **Original Reports**

Original articles are concise (1) reports of clinical data, (2) reports of basic science data, or (3) meta-analyses studies, that represent advanced information, and should present data that have not yet been published.

These reports typically include randomized trials, intervention studies, cohort studies, case-control studies, epidemiologic assessments, other observational studies, surveys with high response rates, cost-effectiveness analyses and decision analyses, and studies of screening and diagnostic tests. Each manuscript should clearly state an objective or hypothesis; the design and methods (including the study setting and dates, patients or participants with inclusion and exclusion criteria and/or participation or response rates, or data sources, and how these were selected for the study); the essential features of any interventions; the main outcome measures; the main results of the study; a discussion section placing the results in context with the published literature and addressing study limitations; and the conclusions and relevant implications for clinical practice or health policy.

Authors are encouraged to adhere to study standards, for example the [PROBE](#) guideline for observational studies, or [STARD](#) guideline for diagnostic/prognostic studies. Data included in research reports must be original and should be as timely and current as possible. A structured abstract is required.

*Word count:* 3,000 words (max), excluding abstract and references.

*Abstract:* 300 words maximum. Do not use subheadings or abbreviations; write as a continuous paragraph. Must be structured with the headings: Objective(s), Methods, Results, Conclusion.

*References:* 75 references (max).

*Figures/Tables:* Total of no more than 8 figures and tables.

Number the pages of the manuscript consecutively, beginning with the Title Page as page 1. Please use a spell-checker in addition to careful editing of the manuscript before submission. Authors should not add line numbering as this is automatically added by the submission system.

*Original Reports should be formatted as follows:*

- Abstract
- Keywords
- [Level of Evidence](#)
- Introduction
- Materials and Methods
- Results
- Discussion
- Conclusion
- References

### *Highlights*

Highlights are required for original articles. They consist of a small collection of topics (bullets, markers) that summarize the main findings of the article. They must be sent in an editable file, including 3 to 5 topics (maximum 85 characters including spaces, per topic). Please name the file "Highlights". Some examples can be found on our page at Internet: <https://www.elsevier.com/authors/tools-and-resources/highlights>.

## **PREPARATION**

### **Double anonymized review**

This journal uses double anonymized review, which means the identities of the authors are concealed from the reviewers, and vice versa. [More information](#) is available on our website. To facilitate this, please include the following separately: *Title page (with author details)*: This should include the title, authors' names, affiliations, acknowledgements and any Declaration of Interest statement, and a complete address for the corresponding author including an e-mail address. *Anonymized manuscript (no author details)*: The main body of the paper (including the references, figures, tables and any acknowledgements) should not include any identifying information, such as the authors' names or affiliations.

### *Use of word processing software*

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Guide to Publishing with Elsevier](#)). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

The complete paper must not exceed 25 pages of A4 (21 cm x 29.7 cm) size paper, written in size 12 Times New Roman type, double spacing between the lines. If the reviewer considers necessary, he/she may suggest the author to suppress figures or tables or even to condense the text.

### **Article structure**

#### *Introduction*

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

#### *Methods*

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

#### *Results*

Results should be clear and concise.

#### *Discussion*

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

#### *Conclusions*

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

### **Essential title page information**

#### **Title Page**

- Manuscript title (Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.);
- A short running title of 40 characters;

- The full names of the authors and highest degrees;
- The author's institutional affiliations where the work was conducted;
- Funding and Conflict of Interests;
- A note indicating the corresponding author, including full contact details (postal codes, telephone and a valid e-mail; please note this will be published with the paper and that post-acceptance correspondence will be directed to this e-mail address);
- Meeting information, if applicable (society name, city, state, country, and exact date the meeting was held);
- Acknowledgments.

• **Author names and affiliations, including ORCID iD.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author. Author affiliations should be presented in decreasing hierarchical order (e.g. Harvard University, Harvard Business School, Boston, USA) and should be written as established in its own language (e.g. Universit  Paris-Sorbonne; Harvard University, Universidade de São Paulo). The ORCID iD must be inserted in all authors profile. To that Click 'Change Details' to update the 'My Information' page, Select 'Link to ORCID'. The ORCID website will open in a new window: Enter your ORCID username and password. If any of the authors does not have an ORCID ID, it can be registered at <https://orcid.org/register>.

• **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**

• **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### Highlights

Highlights are mandatory for original and review articles. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the examples here: [example Highlights](#).

Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

### Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions, with no more than 300 words. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, references must be avoided. Also, non-standard or uncommon abbreviations must be avoided. For original and review articles, the abstract must be structured in: Objective(s), Methods, Results, and Conclusion(s).

### Keywords

Three to five keywords must be listed, and they can be found on MeSH (Medical Subject Headings, <http://www.nlm.nih.gov/mesh/>).

### Abbreviations

Do not use abbreviations in the title or abstract and limit their use in the text. Expand all abbreviations at first mention in the text.

### Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading/proofreading the article, etc.).

### Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, it is recommended to include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

## Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

## References

### *Citation in text*

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

### *Reference links*

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, Crossref and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged.

A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

### *Reference style*

Authors are responsible for the accuracy and completeness of their references and for correct text citation. Number references in the order they appear in the text; do not alphabetize. In text, tables, and legends, identify references with superscript arabic numerals. When listing references, follow AMA style and abbreviate names of journals according to the journals list in PubMed. List all authors and/or editors up to 6; if more than 6, list the first 6 followed by et al. Any articles that are not in English must be translated. See Cumulative Index Medicus for abbreviating journal titles.

## AFTER ACCEPTANCE

### *Proofs*

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. To ensure a fast publication process of the article, we kindly ask authors to provide us with their proof corrections within two days. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to [download the free Adobe Reader](#), version 9 (or higher). Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system requirements are given at the [Adobe site](#).

If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and scan the pages and return via e-mail. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only

be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

## AUTHOR INQUIRIES

Visit the [Elsevier Support Center](#) to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch.

You can also [check the status of your submitted article](#) or find out [when your accepted article will be published](#).