



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE DA COMUNICAÇÃO HUMANA

RAFAELA DE ALMEIDA SPINDOLA

**EFEITO DO RUÍDO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS EM
FUNÇÃO DA IDADE: REVISÃO SISTEMÁTICA**

Recife

2023

RAFAELA DE ALMEIDA SPINDOLA

**EFEITO DO RUÍDO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS EM
FUNÇÃO DA IDADE: REVISÃO SISTEMÁTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação Humana do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Saúde da Comunicação Humana.

Área de concentração: Fonoaudiologia.

Linha de Pesquisa: Audição e linguagem: desenvolvimento, diagnóstico e intervenção fonoaudiológica

Orientador: Prof^a. Dr^a. Karina Paes Advíncula

Recife

2023

Catálogo na fonte:
Bibliotecário: Aécio Oberdam, CRB4: 1895

S757e Spindola, Rafaela de Almeida.
Efeito do ruído nos potenciais evocados auditivos corticais em função da idade: revisão sistemática / Rafaela de Almeida Spindola – 2023.
73 p.

Orientadora: Karina Paes Advíncula
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Saúde da Comunicação Humana. Recife, 2023.
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Eletrofisiologia. 2. Potenciais evocados auditivos. 3. Ruído. 4. Envelhecimento. 5. Audição. I Advíncula, Karina Paes (orientadora). II Título.

616.855 CDD (23.ed.) UFPE (CCS 2023 - 307)

RAFAELA DE ALMEIDA SPINDOLA

**EFEITO DO RUÍDO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS EM
FUNÇÃO DA IDADE: REVISÃO SISTEMÁTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação Humana do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Saúde da Comunicação Humana.

Área de concentração: Fonoaudiologia.

Aprovado em: 29/08/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Karina Paes Advíncula (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof^a. Dr^a. Denise Costa Menezes (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof^a. Dr^a. Silvana Maria Sobral Griz (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof^a. Dr^a. Ana Cláudia Figueiredo Frizzo (Examinador Externo)
Universidade Estadual Paulista - UNESP

RESUMO

A comunicação em ambientes ruidosos pode ser um desafio até mesmo para ouvintes com limiares auditivos normais. É frequente a ocorrência de indivíduos idosos com queixa na compreensão da fala em ambientes ruidosos e que não apresentam limiares audiométricos alterados. Os potenciais evocados auditivos corticais (PEAC) são medidas eletrofisiológicas que fornecem informações de processos neurais responsáveis pela percepção da fala. O objetivo do presente estudo foi analisar as características referentes ao efeito do ruído nas medidas eletrofisiológicas dos PEAC em diferentes faixas etárias. Foi realizada uma revisão sistemática de literatura de estudos transversais nas seguintes bases de dados eletrônicas: Medline via Pubmed, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) via Bireme, Scopus, Web of Science, Cinahl, Cochrane Library e na literatura cinzenta. Não houve restrições de ano e idioma de publicação. A qualidade metodológica foi examinada utilizando a Escala de Newcastle-Ottawa adaptada para estudos observacionais transversais. Como resultado, sete estudos atenderam aos critérios de elegibilidade. Os estudos mostraram que as respostas do PEAC foram influenciadas pelo ruído de um modo geral para todos os grupos. Houve principalmente um aumento da latência do componente P2 na população de idosos na presença do ruído, sugerindo que o efeito da idade se reflete nas repostas eletrofisiológicas no ruído.

Descritores: eletrofisiologia; potenciais evocados auditivos; ruído; envelhecimento; audição

ABSTRACT

Communicating in noisy environments can be a challenge even for listeners with normal hearing thresholds. The occurrence of elderly individuals with complaints about speech understanding in noisy environments and who do not have altered audiometric thresholds is frequent. Cortical auditory evoked potentials (CAEP) are electrophysiological measures that provide information on neural processes responsible for speech perception. The objective of the present study was to analyze the characteristics related to the effect of noise on electrophysiological measurements of CAEP in different age groups. A systematic literature review of cross-sectional studies was carried out in the following electronic databases Medline/Pubmed, Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences (LILACS)/Bireme, Scopus, Web of Science, Cinahl, Cochrane Library and in the literature gray. There were no restrictions on year and language of publication. Methodological quality was examined using the Newcastle-Ottawa Scale adapted for cross-sectional observational studies. As a result, seven studies met the eligibility criteria. Studies have shown that CAEP responses were influenced by noise in general for all groups. There was mainly an increase in the latency of the P2 component in the elderly population in the presence of noise, suggesting that the effect of age is reflected in electrophysiological responses to noise.

Keywords: electrophysiology; auditory evoked potentials; aging; hearing

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração das ondas dos Potenciais Evocados Auditivos Corticais.....	20
Figura 2 - Classificação dos Potenciais Evocados Auditivos.....	20
Fluxograma - Fluxograma do processo de seleção dos artigos.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala de Newcastle-Ottawa adaptada para estudos observacionais transversais.....	53
Tabela 2 - Características dos estudos incluídos na revisão.....	55
Tabela 3 - Parâmetros de aquisição de aquisição do Potencial Evocado Auditivo Cortical com ruído.....	56
Tabela 4 - Medidas de análises e resumo dos resultados do PEAC com ruído.....	57
Tabela 5 - Avaliação da qualidade metodológica dos estudos transversais incluídos na revisão sistemática pelo Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale adapted for cross-sectional studies.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BMM	Benefício do Mascaramento Modulado
CA	Córtex Auditivo
FFR	<i>Frequency-Following Response</i>
kΩ	Kiloohm
Ms	Milissegundo
NOS	Newcastle-Ottawa
PEA	Potencia Evocado Auditivo
PEAC	Potencia Evocado Auditivo Cortical
PEATE	Potencia Evocado Auditivo de Tronco Encefálico
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>
PROSPERO	International PROSPERative Register of Systematic Reviews
RSR	Relação sinal-ruído
SNAC	Sistema Nervoso Auditivo Central
μV	Microvolt

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	10
2	INTRODUÇÃO	11
2.1	OBJETIVOS.....	12
2.1.1	<i>Objetivo Geral</i>	12
2.1.2	<i>Objetivos Específicos</i>	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO AUDITIVA.....	14
3.2	RECONHECIMENTO DA FALA NO RUÍDO.....	14
3.3	PROCESSAMENTO AUDITIVO TEMPORAL.....	15
3.4	MASCARAMENTO TEMPORAL.....	16
3.5	MASCARAMENTO TEMPORAL EM IDOSOS.....	17
3.6	POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO.....	19
3.7	POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO CORTICAL.....	21
4	MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1	DELINEAMENTO DO ESTUDO E PROTOCOLO DE REGISTRO.....	24
4.2	FORMULAÇÃO DA PERGUNTA DE PESQUISA.....	24
4.3	FONTES DE BUSCA.....	24
4.4	ESTRATÉGIAS DE BUSCA.....	25
4.5	CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE.....	26
4.5.1	<i>Critérios de inclusão</i>	26
4.5.2	<i>Critérios de exclusão</i>	26
4.6	SELEÇÃO DOS ESTUDOS.....	26
4.7	EXTRAÇÃO DOS DADOS.....	27
4.8	AVALIAÇÃO DO RISCO DE VIÉS.....	28
4.9	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	28
5	RESULTADOS	30
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICE A - ESTRATÉGIA COMPLETA DE BUSCA	68
	ANEXO A - NORMAS DA REVISTA CODAS	70

1. APRESENTAÇÃO

A presente dissertação está estruturada de acordo com as normas do Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação Humana (PPgSCH) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). A linha de pesquisa que estudo em questão é “Audição e linguagem: desenvolvimento, diagnóstico e intervenção fonoaudiológica”.

O corpo da dissertação está dividido de acordo com os seguintes tópicos: introdução, referencial teórico, materiais e métodos e resultados, este último compreende a elaboração de um artigo científico já estruturado nas normas da revista CODAS.

O estudo trata-se de uma Revisão Sistemática que compreendeu o estudo do efeito do ruído nos Potenciais Evocados Auditivos Corticais em diferentes faixas etárias com o objetivo de comparar as características das respostas em indivíduos adultos e idosos.

2. INTRODUÇÃO

A comunicação em ambientes ruidosos pode ser um desafio até mesmo para ouvintes com limiares auditivos normais. A presença do ruído pode acarretar a degradação ou distorção da fala, muitas vezes tornando-a ininteligível. A capacidade de extrair a fala no ruído está relacionada ao processamento auditivo temporal (ADVÍNCULA; MENESES; PACÍFICO; COSTA *et al.*, 2018; PIENKOWSKI, 2017).

O mascaramento temporal é caracterizado como a diminuição da audibilidade de um som alvo pela presença de outro som mascarante que pode aparecer de forma simultânea ou não simultânea (PEIXE; SILVA; BIAGGIO; BRUNO *et al.*, 2018). Quando o ruído é apresentado junto com o estímulo sonoro, é chamado de mascaramento simultâneo (*simultaneous making*). A apresentação do sinal sonoro antes do ruído mascarador é chamada de *backward masking* e após o ruído mascarador é denominada de *forward masking* (MUSIEK; CHERMAK, 2015).

Vários fatores influenciam na codificação auditiva cortical da fala no ruído. Um deles seria o nível do sinal e sua relação com o ruído (relação sinal-ruído) que pode afetar o tempo e a magnitude das respostas corticais. Além disso, as propriedades do espectro temporal da interação do sinal e do ruído podem também afetar a codificação neural (BILLINGS; TREMBLAY; STECKER; TOLIN, 2009).

Uma das características importantes que também envolve o mascaramento temporal é o chamado Benefício do Mascaramento Modulado (BMM) que é a melhora na percepção das pistas acústicas da fala em decorrência dos breves períodos de mascaramento mínimo do ruído modulado (GRIZ; ANDRADE; MARQUES; PINHEIRO *et al.*, 2019; GROSE; MENEZES; PORTER; GRIZ, 2016). Estudos demonstram que ruídos modulados ou interrompidos produzem respostas corticais mais fortes do que as apresentadas em ruído não modulado, essa característica se dá devido a capacidade do ouvinte de aproveitar as lacunas do ruído para compreensão do sinal (BENNETT; BILLINGS; MOLIS; LEEK, 2012).

A normalidade da função auditiva periférica é fundamental para o processamento eficiente dos eventos acústicos necessários para a percepção de fala. Entretanto, alguns estudos têm mostrado a ocorrência de indivíduos idosos com queixa na compreensão da fala em ambientes ruidosos e que não apresentam limiares audiométricos alterados, determinando, dessa forma, uma relação entre a dificuldade

no reconhecimento da fala e o processo de envelhecimento (NEVES; FEITOSA, 2003).

A avaliação com medidas objetivas pode ajudar a determinar que aspectos do mascaramento temporal estão relacionados ao processamento da fala em função da idade (GRIZ; ANDRADE; MARQUES; PINHEIRO *et al.*, 2019). Alguns estudos já demonstraram diferenças na latência e amplitude das ondas do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) na presença do ruído, quando comparadas à condição de silêncio (ROSTAMI; MOOSSAVI; AHADI; JALAEI, 2018).

Os potenciais evocados auditivos corticais (PEAC) são medidas eletrofisiológicas que avaliam a atividade bioelétrica na região tálamo-cortical por meio da análise do complexo de ondas denominado P1-N1-P2. Esses potenciais fornecem informações importantes sobre a entrada da informação auditiva no córtex e sobre os processos neurais responsáveis pela percepção da fala (FRIZZO; ADVÍNCULA, 2018; SILVA; MAGLIARO; CARVALHO; MATAS, 2017).

A avaliação dos Potenciais Evocados Auditivos Corticais na presença do ruído pode auxiliar a compreender o comportamento do sistema auditivo frente a presença do mascaramento e analisar as consequências do mesmo em função da idade. Dessa forma, faz-se necessária a análise das características das respostas corticais sob o efeito do ruído em diferentes faixas etárias.

A compreensão desses achados pode permitir a idealização de alternativas para o diagnóstico e tratamento de idosos que apresentam queixas importantes com relação a compreensão da fala no ruído e melhorar significativamente a comunicação e qualidade de vida desses pacientes. Além disso, a análise dos parâmetros utilizados nos estudos, pode permitir a reflexão sobre a otimização e sistematização dos protocolos a serem utilizados em pesquisas futuras.

Esse estudo tem o objetivo de responder o seguinte questionamento: Quais os achados característicos do efeito do ruído nas medidas eletrofisiológicas do PEAC em função da idade? A hipótese é de que o ruído modifica as medidas dos PEAC de forma mais acentuada na população idosa.

2. 1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente estudo foi analisar as características referente ao efeito do ruído nas medidas eletrofisiológicas dos PEAC em diferentes faixas etárias.

2.1.2 Objetivos Específicos

- a) Descrever os principais parâmetros de aquisição utilizados no PEAC com e sem ruído mascarante;
- b) Caracterizar os principais parâmetros de análise utilizados no PEAC com e sem ruído mascarante;
- c) Caracterizar os resultados do PEAC com e sem ruído;
- d) Comparar as diferenças entre as respostas com e sem ruído nas diferentes faixas etárias.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO AUDITIVA

No cérebro, os sinais provenientes das vias ipsi e contralateral contemplam informações sobre o tempo e a intensidade do sinal acústico. O processamento dos estímulos acústicos é definido como uma série de conexões neuroanatômicas originadas nos neurônios da cóclea e finalizada no córtex auditivo (CA) (FRIZZO; ADVÍNCULA, 2018).

São funções do Sistema Nervoso Auditivo Central (SNAC) a capacidade de detectar e discriminar o som, de separá-lo do ruído de fundo, de compreendê-lo, de reconhecê-lo como familiar, dentre outras (FRIZZO; ADVÍNCULA, 2018).

Segundo Shunn (2007), os processos auditivos centrais são mecanismos responsáveis pelos fenômenos de localização e lateralização sonora; discriminação auditiva; reconhecimento do padrão auditivo; aspectos temporais da audição (que incluem resolução temporal, mascaramento temporal, ordenação temporal e integração temporal); performance auditiva com sinal acústico competitivo; e performance auditiva com sinal acústico degradado.

3.2 RECONHECIMENTO DA FALA NO RUÍDO

O reconhecimento de fala em situações acústicas cotidianas pode ser desafiador, mesmo para ouvintes que têm limiares auditivos normais. A percepção de alguns atributos do som (por exemplo, timbre, localização) dependem da codificação de informações temporais. Ambientes acústicos normalmente contêm fontes sonoras concorrentes e energia reverberante que degradam a estrutura temporal do som que chega ao ouvinte. Essa degradação pode tornar a informação espacial sobre uma única fonte difusa e tornar a fala menos inteligível (JØRGENSEN; DAU, 2011; STELLMACK; BYRNE; VIEMEISTER, 2010).

O ambiente ruidoso compromete a compreensão da fala porque o ruído pode degradar a estruturas da informação acústica, tornando o discurso ininteligível (PIENKOWSKI, 2017). O reconhecimento de fala em situações ruidosas está relacionado com a capacidade de processamento auditivo temporal (ANDERSON; KRAUS, 2013; FOGERTY; BOLOGNA; AHLSTROM; DUBNO, 2017; MAMO; GROSE;

BUSS, 2016), que é definida como a capacidade do sistema auditivo de perceber e diferenciar estímulos e suas características acústicas ao longo do tempo.

Em muitas situações de comunicação por meio da linguagem oral, a fala do interlocutor é apenas um dos sons presentes no ambiente. Outros sons concorrentes presentes também podem mascarar, ainda que parcialmente, o estímulo de fala que se pretende ouvir. Isso acontece quando o tempo e/ou espectro de frequência do ruído ambiental coincide com o da fala, caracterizando, dessa forma, uma audição com condição de baixa redundância. Nessa situação, o ouvinte ouve apenas os fragmentos de fala cujas características acústicas e temporais não coincidem com a do ruído de mascaramento. O resultado é a percepção de um sinal intermitente e/ou fala distorcida. Para que o ouvinte consiga realizar adequadamente o reconhecimento de fala em tais momentos, é necessário que seja capaz de encontrar significado em um discurso com incontáveis janelas de tempo ou de frequência ausente (S; A, 2004).

3.3 PROCESSAMENTO AUDITIVO TEMPORAL

O processamento temporal auditivo pode ser definido como a percepção do som ou da alteração do som dentro de um limite restrito ou definido no domínio do tempo. Na verdade, o processamento temporal seria o componente subjacente da maioria das capacidades de processamento auditivo. O que corrobora com essa afirmação é que muitas características que abrangem a informação auditiva são, de alguma forma, influenciadas pelo tempo (SHINN; MUSIEK, 2003).

O processamento auditivo temporal envolve a competência para processar as mudanças nas características do som com o decorrer do tempo. E grande parte das informações que são transmitidas através de sons, como fala e música, por exemplo, são complexas e apresentam variações com o tempo (NEVES; FEITOSA, 2003).

Segundo Moore (1997) o processamento auditivo temporal é definido como a percepção de sons que variam com o tempo, especialmente no que se refere aos limites da capacidade de detectar mudanças com o tempo. A variável tempo é importante na percepção dos sons como a fala e a música, porque a maior parte da informação que estes sons transportam está contida em suas variações ao longo do tempo.

A codificação sensorial dessas informações temporais como duração, intervalo e ordem de diferentes padrões de estímulo promove informações importantes para o

sistema nervoso. Todas estas pistas, que fazem parte do processamento temporal, são indispensáveis para a percepção da fala e da música, pois a estrutura desses eventos apresenta-se como rápidas mudanças do sinal acústico (SAMELLI; SCHOCHAT, 2008).

Os aspectos temporais da audição podem ser subdivididos em quatro categorias (MUNIZ; ROAZZI; SCHOCHAT, 2007; SHINN; MUSIEK, 2003):

1. Resolução temporal: é o mínimo de tempo requerido para segregar ou resolver eventos acústicos;
2. Integração temporal: refere-se a soma das atividade resultante da duração adicional da energia sonora, ou seja, a medida que a duração de um sinal breve é aumentada em níveis acima do limite, o som é percebido como sendo mais alto;
3. Ordenação temporal: refere-se ao processamento de múltiplos estímulos auditivos na sua ordem de ocorrência;
4. Mascaramento temporal: está relacionado com a mudança do limiar de um som na presença de outro estímulo.

O objeto desse trabalho é o estudo do mascaramento temporal em função da idade, por isso esse aspecto do processamento auditivo temporal será abordado mais detalhadamente no tópico a seguir.

3.4 MASCARAMENTO TEMPORAL

Na maioria dos ambientes, a fala ocorre concomitantemente com o ruído e esse som mascarante possui o potencial de degradar a estrutura temporal do som alvo, ou seja, da fala. O processo de compreensão da fala no ruído envolve o conceito de mascaramento temporal (ADVÍNCULA; MENESES; PACÍFICO; COSTA *et al.*, 2018).

Os aspectos temporais de decodificação do sinal sonoro possuem uma função importante no processo de compreensão de fala, isso porque a maioria das informações contidas no som de fala está presente em suas variações ao longo do tempo. Estes aspectos temporais constituem o que se chama de processamento auditivo temporal (GUIMARÃES; SANTOS; RABELO; MAGALHÃES, 2015).

O mascaramento temporal ocorre quando um estímulo sonoro (ruído mascarante) é apresentado com duração e intensidade suficientes para promover a redução de outro estímulo sonoro (som alvo) e pode ser apresentado antes, durante

e depois do estímulo. Quando o ruído é apresentado junto com o estímulo sonoro, é chamado de mascaramento simultâneo (simultaneous making). Se o som-alvo preceder o ruído mascarador, o efeito é chamado de “pré-mascaramento” (backward masking) e se o som-alvo vier após o ruído mascarador, o efeito é chamado de “pós-mascaramento” (forward masking) (FILIPPINI; SCHOCHAT, 2014; PEIXE; SILVA; BIAGGIO; BRUNO *et al.*, 2018).

Tem sido observado há muito tempo que os limiares de reconhecimento de fala são geralmente mais baixos na presença de um ruído modulado do que em um ruído constante para ouvintes com audição normal (GROSE; MENEZES; PORTER; GRIZ, 2016). Este benefício de ouvir em um mascarador modulado pode ser definido como “Benefício do Mascaramento Modulado” (BMM), ou seja, a diferença nos limiares de reconhecimento entre o mascaramento modulado e contínuo (art6). Dessa forma o BMM é a melhora na percepção das pistas acústicas da fala que não coincidem com as características acústicas (intensidade ou frequência) do ruído mascarante modulado (ADVÍNCULA; MENESES; PACÍFICO; COSTA *et al.*, 2018).

Estudos demonstram que, em ouvintes com audição normal, o reconhecimento da fala é substancialmente melhor na presença de um ruído modulado em comparação com o ruído estável (GROSE; MENEZES; PORTER; GRIZ, 2016). A melhora da percepção de fala de ouvir em um ambiente com ruído modulado é provavelmente multifatorial, até porque o sinal de fala testado pode variar de fonemas simples a frases completas. A disponibilidade de fragmentos de fala dentro dos mínimos de mascaramento dependem de efeitos de mascaramento temporal, mas o fragmentos extraídos também devem ser unidos com sucesso para reconstruir uma imagem inteligível sinal de fala (TANNER; SPITZER; HYZY; GROSE, 2019).

3.5 MASCARAMENTO TEMPORAL EM IDOSOS

O interesse na relação entre o envelhecimento e o processamento auditivo temporal tem sido crescente nos últimos anos, por causa da existência de idosos que frequentemente queixam-se de dificuldades para compreender a fala.

Sabe-se que a dificuldade no reconhecimento dos sons da fala em ruído ambientais aumenta com o avanço da idade. A perda auditiva sensorioneural, comum na população idosa, é apontada como uma das causas da dificuldade em reconhecer sons da fala no ruído (HUMES; CHRISTOPHERSON, 1991). No entanto, alguns

estudos demonstraram que, independentemente de qualquer déficit na sensibilidade auditiva, adultos mais velhos com os limiares auditivos dentro dos padrões normalidade têm uma maior dificuldade em reconhecer a fala em ambientes ruidosos quando comparados com jovens ouvintes (S; A, 2004; VERSFELD; DRESCHLER, 2002).

Ouvintes mais velhos, mesmo aqueles com audiogramas relativamente normais, são menos capazes de se beneficiar das pistas da fala alvo que ocorrem quando o ruído de fundo flutuante está momentaneamente em menor intensidade no pós-mascaramento (GROSE; MAMO; HALL, 2009; STUART; PHILLIPS, 1996). Essa capacidade reduzida de aproveitar breves períodos de baixa energia do ruído mascarador se deve em parte a déficits relacionados à idade no processamento temporal.

Uma das explicações para a dificuldade de compreensão da fala nessa população é que parece haver uma menor habilidade do sistema auditivo senescente em perceber as pistas acústicas da fala que não estão mascaradas no espaço de tempo em que a intensidade do ruído diminui em decorrência da modulação. E a hipótese para a diminuição dessa habilidade seria a ocorrência de um maior efeito do pós-mascaramento em idosos do que em jovens (ADVÍNCULA; MENESES; PACÍFICO; COSTA *et al.*, 2018; GIFFORD; BACON; WILLIAMS, 2007).

Esse fenômeno pode ser explicado por alterações no funcionamento neural que podem estar relacionados a um tempo maior de recuperação das fibras neurais aferentes no sistema auditivo senescente, justificando o aumento do pós-mascaramento. Ou seja, com o avançar da idade, as fibras auditivas nervosas perdem a capacidade de se recuperar espontaneamente ou diminuem a sua velocidade de recuperação (GIFFORD; BACON, 2005).

Uma redução na população das fibras nervosas auditivas reduz o aprimoramento na fidelidade da codificação temporal em núcleos superiores ao longo da via auditiva (JORIS; CARNEY; SMITH; YIN, 1994). Estudos em modelos animais demonstraram que a superexposição acústica e o envelhecimento precoce podem danificar as sinapses aferentes sem elevar limiares em silêncio (FURMAN; KUJAWA; LIBERMAN, 2013; LIBERMAN; SUZUKI; LIBERMAN, 2015; MAKARY; SHIN; KUJAWA; LIBERMAN *et al.*, 2011; SERGEYENKO; LALL; LIBERMAN; KUJAWA, 2013).

Segundo Grose (2016), o mascaramento temporal está relacionado com a maior dificuldade do idoso em reconhecer a fala em ambientes ruidosos. Uma possibilidade é um declínio natural na capacidade de reconhecer fala de baixa redundância - mais especificamente, neste caso, a fala intermitente (segmentada no tempo), semelhante à fala percebida em ambientes ruidosos.

No estudo de Gifford e colegas (GIFFORD; BACON, 2005; GIFFORD; BACON; WILLIAMS, 2007) que encontraram ambos limiares de fala mais altos em mascaradores modulados e maior suscetibilidade para a ocorrência de mascaramento em ouvintes mais velhos que, de outra forma, eram pareados com ouvintes mais jovens em termos de perfil audiométrico. Dubno *et al* (2003) também encontraram uma associação inversa entre o reconhecimento de fala em um mascarador com ruído interrompido e o limiar das respostas com pós-mascaramento para um breve sinal tonal em um estudo de ouvintes mais velhos e mais jovens com audição audiométrica normal. No mesmo sentido, Gehr e Sommers (1999) encontraram limiar com pré-mascaramento elevado em ouvintes mais velhos, apesar audição audiométrica relativamente normal, e sugeriram que isso pode contribuir para pior percepção de fala em ouvintes idosos.

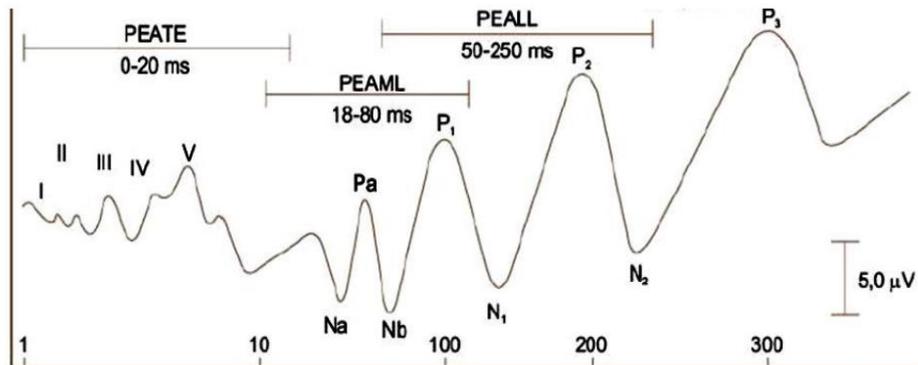
Estudos mostram que o efeito do benefício do mascaramento modulado pode ser encontrado em diferentes regiões do sistema auditivo, incluindo nervo auditivo, núcleo coclear, córtex auditivo primário, mesencéfalo (GRIZ; ANDRADE; MARQUES; PINHEIRO *et al.*, 2019).

3.6 POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO

Os potenciais evocados auditivos (PEA) são atividades bioelétricas provocadas por uma estimulação auditiva que podem ser registradas em vários estágios da via auditiva dependendo do tempo de análise entre a apresentação do estímulo auditivo e a captação da resposta (FRIZZO, 2022; HALL, 2015; PICTON, 2010).

Em geral, esses potenciais são registrados por meio de eletrodos posicionados na superfície do couro cabeludo, fronte, lóbulo das orelhas ou mastóides, e que após um processo de filtragem e amplificação podem ser observadas em formas de ondas representando os potenciais de ação gerados no nervo auditivo, no tronco encefálico ou no córtex cerebral (OLIVEIRA; DIDONÉ; DURANTE, 2019).

Figura 1 – Ilustração das ondas dos Potenciais Evocados Auditivos



Fonte: Boèchat e Figueiredo (2014) adaptado, p. 854

Várias são as classificações que determinam os tipos de PEA. Uma das mais utilizadas é a que tem por base a análise da latência, ou seja, o tempo transcorrido entre a apresentação do estímulo e o aparecimento das respostas em milissegundos (ms). Segundo essa definição, os PEA podem ser divididos em potenciais de curta latência, que ocorrem antes de 10ms; de média latência, que ocorrem entre 10 e 80ms; e de longa latência que ocorrem de 80 a 750ms (HALL, 2015; LEGATT, 2015; PICTON, 2010). De acordo com Frizzo (2022), a classificação baseada no tipo e na origem da resposta é mais atual e específica e por isso tem se tornado a mais utilizada entre os clínicos e pesquisadores da área. Na figura 2 a classificação, os componentes e valores de latências dos Potenciais Evocados Auditivos são detalhados.

Figura 2- Classificação dos Potenciais Evocados Auditivos

Classificação	Origem	Tipo	Componentes	Latência ¹ (ms)
Curta	Subcorticais	PEATE	I, III e V	1-10
			Na, Pa, Nb e Pb	10-50
Média	Corticais	PEAML	P1/P60	50-100
			N1/N100	80-150
Longa	Corticais	Exógeno	P2/P200	145-180
			N2/N200	180-250
			MMN	180-240
	Cognitivos	Endógeno	P3/P300	220-380

¹ Tanto para estímulos tonais quanto para os estímulos de fala.

PEATE = Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico; PEAML = Potencial Evocado Auditivo de Média Latência.

Fonte: Frizzo (2022), p. 236

Na maioria das avaliações, as medidas utilizadas para mensuração e análise clínica dos PEA são baseadas nos valores de latência (intervalo de tempo entre a apresentação do estímulo e início do primeiro pico positivo da onda) e amplitude (diferença de tensão elétrica de um pico e seu precedente em uma onda) com o objetivo de investigar o domínio temporal da resposta (HALL, 2015; KRIZMAN; KRAUS, 2019; MATAS; MAGLIARO, 2015).

Segundo Hodge *et al* (2018), nos potenciais evocados auditivos os valores das latências das ondas são as características mais importantes a serem analisadas no domínio temporal. As alterações ou comprometimentos no processamento dos estímulos sonoros complexos na via neural podem ser representados por atrasos na latência das ondas ou seu não aparecimento. Além das latências, a análise da amplitude é outro parâmetro muito importante na avaliação dos PEA, pois é a medição do tamanho da atividade elétrica medida em microvolts (μV) feita da linha de base do registro até o pico da onda (CEPONIENE; ALKU; WESTERFIELD; TORKI *et al.*, 2005; FRIZZO, 2022).

3.7 POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO CORTICAL

Os potenciais evocados auditivos corticais (PEAC) são medidas eletrofisiológicas de longa latência que avaliam a atividade bioelétrica na região tálamo-cortical por meio da análise do complexo de ondas denominado P1-N1-P2. Esses potenciais fornecem informações importantes sobre a entrada da informação auditiva no córtex, sobre os processos neurais responsáveis pela percepção da fala e sobre a qualidade do processamento da informação auditiva (FRIZZO; ADVÍNCULA, 2018).

A presença do complexo de ondas P1-N1-P2 é obrigatória para um sistema auditivo íntegro que responde às características físicas do estímulo como frequência, intensidade e duração. Esse complexo é sensorial, automático e involuntário apresentando latência entre 50-300ms e sua presença indica que o estímulo foi detectado de modo eficiente no córtex auditivo (FRIZZO, 2022).

No que se refere às características de cada componente, a onda P1 tem o pico positivo e está relacionada à detecção e codificação das características do estímulo acústico, tais como frequência e tempo. O componente N1 consiste em uma onda com

pico negativo e está associado à decodificação das características acústicas, sendo sensível a mudanças iniciais do som, modulações de frequência e intensidade de um sinal complexo ou tom sustentado. Por fim, o componente de polaridade positiva, P2, está fortemente relacionado à discriminação auditiva, sendo identificado na literatura como biomarcador da aprendizagem dos aspectos auditivos e linguísticos (FRIZZO; ADVÍNCULA, 2018; MELO; BIAGGIO; RECHIA; SLEIFER, 2016).

Para a captação do PEAC, a disposição dos eletrodos deve ser realizada de acordo com o Sistema Internacional 10/20 (manual-41). Na audiologia, os principais pontos anatômicos de fixação dos eletrodos são Cz ou vértex (linha média e central da cabeça), Fz (frontal, linha mediana), A1 (lóbulo esquerdo) e A2 (lóbulo direito) (FRIZZO, 2022). Em relação ao estímulo, podem ser utilizados estímulos tonais e de fala complexos e de longa duração, de voz natural ou sintetizada (HALL, 2015). Segundo Martin *et al* (2007), os estímulos de fala complexos trazem informações importantes sobre as habilidades de discriminação auditiva e percepção de fala.

Os PEAC são respostas eletrofisiológicas eficientes na análise das alterações neurofisiológicas do sistema nervoso central, sendo importante para explorar o processamento neural que é associado com a percepção auditiva, visto que podem fornecer informações sobre a codificação temporal de neurônios corticais, com a descrição do complexo P1, N1 e P2 por meio das amplitudes e latências (BILLINGS; TREMBLAY; STECKER; TOLIN, 2009; DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022).

Estudos recentes têm utilizado o exame de PEAC com ruído para explorar o processamento neural que é associado com a percepção auditiva no ruído (DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022; FAUCETTE; STUART, 2020a; MAAMOR; BILLINGS, 2017). Os pesquisadores tinham como objetivo compreender os fatores que afetam os PEAC desencadeados em ruído como relação sinal-ruído, nível de sinal, tipo de sinal, tipo de ruído.

A avaliação com medições objetivas pode ajudar a esclarecer aspectos do déficit no processamento de fala em função da idade e determinar até que ponto o ruído oculta informações acústicas da fala limitando o benefício do mascaramento modulado nas situações comunicativa do dia-a-dia (GRIZ; ANDRADE; MARQUES; PINHEIRO *et al.*, 2019).

Compreender como a fala no ruído é codificada neuralmente pode melhorar nossa compreensão dos mecanismos subjacentes que contribuem para percepção

adequada do estímulo frente ao ruído, permitindo melhor manejo e tratamento dos indivíduos com dificuldades de percepção da fala no ruído.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO E PROTOCOLO DE REGISTRO

O estudo trata-se de uma Revisão Sistemática de literatura que está de acordo com os itens do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Statement* – PRISMA (MOHER; LIBERATI; TETZLAFF; ALTMAN *et al.*, 2009). O protocolo foi registrado em 25 de junho de 2022 no banco de dados *Internacional Prospective Register of Systematic Reviews* – PROSPERO (<https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/>) sob o número de registro CRD42022339784.

4.2 FORMULAÇÃO DA PERGUNTA DE PESQUISA

A pergunta condutora do estudo foi elaborada de acordo com a estratégia do modelo PECOT, seguindo os componentes do seu acrônimo no inglês: (P) – população ou contexto de interesse; (E) – exposição a ser investigada; (C) – comparador ou controle para cada intervenção; (O) – resultado clínico de interesse; (T) – tipo do estudo (THOMAS *et al.*, 2019).

A formulação desta revisão sistemática buscou responder a seguinte pergunta: “*Quais os achados característicos do efeito do ruído nas medidas eletrofisiológicas dos PEAC em função da idade?*”

A população de interesse (P) são pessoas acima de 18 anos com limiares normais de audição que foram expostas (E) ao ruído durante a avaliação dos PEAC. O comparador (C) são pessoas de diferentes faixas etárias; o resultado clínico de interesse (O) serão as características das medidas eletrofisiológicas (latência e amplitude) e os estudos serão do tipo (T) transversais.

4.3 FONTES DE BUSCA

As fontes primárias de busca foram as seguintes bases de dados eletrônicas de informação: Medline via Pubmed, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) via Bireme, Embase, Scopus, Web of Science e Cochrane Library.

A literatura cinzenta também foi consultada nas bases de dados: Open Grey, Research Gate e Banco de teses e dissertações brasileiras (BDTD).

4.4 ESTRATÉGIAS DE BUSCA

A estratégia de busca foi adaptada para cada base de dados tendo como parâmetro testagens prévias contendo referências sentinelas potencialmente elegível para verificar a eficácia da cadeia de busca.

A estratégia de busca foi elaborada de acordo com os descritores disponíveis em “Descritores em Ciências da Saúde” (DeCS) pela Biblioteca Virtual em Saúde (<http://decs.bvs.br/>), “Medical Subject Headings” (MeSH) pela Medline-Pubmed (<https://www.nlm.nih.gov/mesh/meshhome.html>), termos “Emtree” pela Elsevier-Embase (<https://www.elsevier.com/solutions/embase-biomedical-research/emtree>), bem como palavras-chaves relacionadas, como: Evoked Potentials, Auditory, Perceptual Masking, masking, noise, stimuli.

Com o objetivo abranger o maior número possível de estudos relevantes os termos foram reunidos para cada conceito e combinados com os operadores booleanos “AND” e “OR”. Assim, foram incorporados além dos termos referidos acima, “Entry Terms” e outros termos livre, considerando variantes na ortografia, sinônimos, acrônimos, e aspectos semânticos e sintáticos, quando aplicável, para maximizar a abrangência (ou sensibilidade) dos estudos recuperados com precisão razoável.

A estratégia de busca inicialmente elaborada para identificar os artigos pertinentes com a questão proposta foi a seguinte: (Cortical auditory evoked potential OR Auditory evoked potential OR Evoked potential, auditory OR Potentials, auditory evoked OR Auditory evoked response OR Auditory evoked responses OR Evoked response, auditory OR Evoked responses, auditory OR Auditory evoked potentials OR Evoked auditory cortical OR Auditory cortical processing OR P1-N1-P2 OR CAEP OR P1 OR N2 OR P2) AND (Noise OR Masking OR Forward-masking OR signal-to-noise OR signal-in-noise OR Speech-in-noise OR Speech-perception-in-noise) AND (Elderly OR senile OR Age-related OR Aged OR Aging OR Ageing Effect OR Ageing OR older OR 50 years OR 60 years OR 65 years OR 70 years).

As buscas foram realizadas no período entre 17 e 26 de junho de 2022. As estratégias completas de busca eletrônica construídas para cada base de dados, a primeira data da busca realizada na etapa de identificação das referências e a quantidade de referências inicialmente recuperadas estão descritas em material complementar (Apêndice A). Não houve restrição ao idioma e ano de publicação

4.5 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

4.5.1 Critérios de inclusão

Foram considerados elegíveis estudos que avaliaram a resposta dos Potenciais Evocados Auditivos Corticais, especificamente o complexo P1-N1-P2 ou pelo menos dois desses componentes, nas situações com e sem a presença de ruído em diferentes faixas etárias.

4.5.2 Critérios de exclusão

Foram excluídos da pesquisa estudos que envolveram: 1) apenas participantes com perdas auditivas de qualquer tipo e grau; 2) participantes com idade inferior a 18 anos; 3) participantes com alteração de processamento auditivo central, alterações neurais e cognitivas; 4) experimentos *in vitro*, *ex-vivo*, com modelos animais; 5) revisões, editoriais, índices, notícias, notas, cartas, abreviações, apêndices, relatórios.

4.6 SELEÇÃO DE ESTUDOS

O processo de seleção dos estudos foi realizado em quatro etapas de acordo com o diagrama do fluxo de itens de relatórios preferenciais para análises sistemáticas e meta-análises (PRISMA) (MOHER; LIBERATI; TETZLAFF; ALTMAN *et al.*, 2009): identificação, triagem, conformação da elegibilidade e inclusão dos estudos. A análise para seleção ocorreu de forma pareada, independente e mascarada.

Na etapa de identificação foram identificadas todas as referências recuperadas na busca eletrônica nas bases de dados e literatura cinzenta por meio de consulta independente entre dois revisores. O software *Rayyan* (<https://www.rayyan.ai/>) foi utilizado para gerenciar, armazenar, analisar e remover as referências duplicadas.

Na etapa de triagem, dois pesquisadores realizaram a leitura dos títulos e resumos dos artigos identificados na etapa inicial, descartando os estudos que não atenderam aos critérios de elegibilidade pré-estabelecidos. As discordâncias foram resolvidas por consenso.

Na etapa de conformação de elegibilidade foi realizada a leitura completa dos artigos selecionados na fase de triagem para avaliar se as referências atendiam aos requisitos de elegibilidade estabelecidos. A leitura completa foi realizada por dois revisores de forma independente, pareada e mascarada. Quando não houve consenso, um terceiro pesquisador foi chamado para decidir sobre a elegibilidade do artigo.

Na etapa de inclusão foram incorporados todos os estudos que atenderam as etapas anteriores para análise dos dados de interesse.

4.7 EXTRAÇÃO DOS DADOS

Os dados principais dos artigos eleitos para compor o estudo foram extraídos de forma independente pelos dois pesquisadores e inseridos em um banco de dados o qual foi dividido em seções de acordo com a disponibilidade das informações contidas nos estudos:

Seção 1 - Referência completa do estudo;

Seção 2 - Informações sobre o método: desenho do estudo, população e características da amostra;

Seção 3 - Protocolo do exame de PEAC: transdutor, posicionamento dos eletrodos, características do estímulo utilizado (tipo, duração, intensidade e polaridade), orelha estimulada, taxa de amostragem, número de varreduras, filtragem, janela de visualização, impedância e critérios de rejeição de artefatos;

Seção 4 - Informações sobre análise dos componentes P1, N1 e P2 (ou pelo menos dois desses componentes) e análise estatística;

Seção 5 - Informações sobre os resultados da análise dos componentes P1, N1 e P2 (desfechos: latências, amplitudes, outros);

Seção 6 - Informações sobre as conclusões principais dos estudos;

Seção 7- Outros: informações adicionais relevantes não contidas nas seções anteriores.

O formulário foi previamente testado, pelos dois revisores com o objetivo de se familiarizar com o instrumento e definir ajustes antes da sua aplicação. Após a finalização da extração dos dados, o conteúdo contido nos formulários foi organizado em tabelas para facilitar a comparação dos estudos. As discordâncias foram resolvidas por um terceiro pesquisador com experiência em diagnóstico auditivo eletrofisiológico.

4.8 AVALIAÇÃO DO RISCO DE VIÉS

O risco de viés de cada artigo elegido foi avaliado por dois pesquisadores por meio da Escala de *Newcastle-Ottawa* (NOS), adaptada para estudos observacionais transversais (WELLS *et al.*, 2006). Essa escala é composta pelas seguintes seções de investigação:

Seleção, comparabilidade e resultados nos seguintes itens:

- 1) representatividade da amostra;
- 2) tamanho da amostra;
- 3) não-respondentes;
- 4) verificação da exposição (fator de risco);
- 5) comparabilidade de sujeitos em diferentes grupos de resultados com base no desenho ou análise (controle dos fatores de confusão);
- 6) avaliação do resultado;
- 7) testes estatísticos.

A NOS utiliza um sistema estelar para pontuar os estudos de acordo com critérios específicos. Para classificação dos estudos transversais incluídos serão utilizados critérios definidos previamente na literatura (WELLS, 2006) que classificam a qualidade do estudo de acordo com a seguinte pontuação: pontuações de 0-4 como qualidade baixa; pontuações de 5-6 como qualidade moderada e pontuações maiores ou iguais a 7 como de qualidade alta. Estudos observacionais transversais podem pontuar no máximo cinco estrelas para os critérios de seleção, duas estrelas para os critérios de comparabilidade e três estrelas para os critérios de resultado, totalizando um máximo de nove estrelas.

4.9 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Os dados extraídos dos estudos incluídos na revisão sistemática foram analisados e caracterizados de forma qualitativa e quantitativa e apresentados em formato tabular e síntese narrativa. Não foi possível realizar uma meta-análise devido insuficiência de dados comparáveis, existência de subgrupos da mesma população e variações nas medidas de aquisição e análise do PEAC com ruído.

5 RESULTADOS

Os resultados do estudo foram organizados de acordo com as normas da revista científica (ANEXO A) possibilitando a elaboração de um artigo científico original intitulado “Efeito do ruído nos Potenciais Evocados Auditivos Corticais em função da idade: Revisão Sistemática”.

5.1 Artigo original: Efeito do ruído nos Potenciais Evocados Auditivos Corticais em função da idade: Revisão Sistemática

EFEITO DO RUÍDO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS EM FUNÇÃO DA IDADE: REVISÃO SISTEMÁTICA

RESUMO

A comunicação em ambientes ruidosos pode ser um desafio até mesmo para ouvintes com limiares auditivos normais. É frequente a ocorrência de indivíduos idosos com queixa na compreensão da fala em ambientes ruidosos e que não apresentam limiares audiométricos alterados. Os potenciais evocados auditivos corticais (PEAC) são medidas eletrofisiológicas que fornecem informações de processos neurais responsáveis pela percepção da fala. O objetivo do presente estudo foi analisar as características referente ao efeito do ruído nas medidas eletrofisiológicas dos PEAC em diferentes faixas etárias. Foi realizada uma revisão sistemática de literatura de estudos transversais nas seguintes bases de dados eletrônicas Medline via Pubmed, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) via Bireme, Scopus, Web of Science, Cinahl, Cochrane Library e na literatura cinzenta. Não houve restrições de ano e idioma de publicação. A qualidade metodológica foi examinada utilizando a Escala de Newcastle-Ottawa adaptada para estudos observacionais transversais. Como resultado, sete estudos atenderam aos critérios de elegibilidade. Os estudos mostraram que as respostas do PEAC foram influenciadas pelo ruído de um modo geral para todos os grupos. Houve principalmente um aumento da latência do componente P2 na população de idosos na presença do ruído, sugerindo que o efeito da idade se reflete nas repostas eletrofisiológicas no ruído.

Descritores: Eletrofisiologia; Potenciais evocados auditivos; ruído; envelhecimento; audição

ABSTRACT

Communicating in noisy environments can be a challenge even for listeners with normal hearing thresholds. The occurrence of elderly individuals with complaints about speech understanding in noisy environments and who do not have altered audiometric thresholds is frequent. Cortical auditory evoked potentials (CAEP) are electrophysiological measures that provide information on neural processes responsible for speech perception. The objective of the present study was to analyze the characteristics related to the effect of noise on electrophysiological measurements of CAEP in different age groups. A systematic literature review of cross-sectional studies was carried out in the following electronic databases Medline/Pubmed, Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences (LILACS)/Bireme, Scopus, Web of Science, Cinahl, Cochrane Library and in the literature gray. There were no restrictions on year and language of publication. Methodological quality was examined using the Newcastle-Ottawa Scale adapted for cross-sectional observational studies. As a result, seven studies met the eligibility criteria. Studies have shown that CAEP responses were influenced by noise in general for all groups. There was mainly an increase in the latency of the P2 component in the elderly population in the presence of noise, suggesting that the effect of age is reflected in electrophysiological responses to noise.

Keywords: Electrophysiology; Auditory evoked potentials; Aging; Hearing

INTRODUÇÃO

A comunicação em ambientes ruidosos pode ser um desafio até mesmo para ouvintes com limiares auditivos normais. A presença do ruído pode acarretar a degradação ou distorção da fala, muitas vezes tornando-a ininteligível. A capacidade de extrair a fala no ruído está relacionada com o processamento auditivo temporal (ADVÍNCULA; MENESES; PACÍFICO; COSTA *et al.*, 2018; PIENKOWSKI, 2017).

O mascaramento temporal é caracterizado como a diminuição da audibilidade de um som alvo pela presença de outro som mascarante que pode aparecer de forma simultânea ou não simultânea (PEIXE; SILVA; BIAGGIO; BRUNO *et al.*, 2018). Quando o ruído é apresentado junto com o estímulo sonoro, é chamado de mascaramento simultâneo (*simultaneous making*). A apresentação do sinal sonoro antes do ruído mascarador é chamada de *backward masking* e após o ruído mascarador é denominada de *forward masking* (MUSIEK; CHERMAK, 2015).

Vários fatores influenciam na codificação auditiva cortical da fala no ruído. Um deles seria o nível do sinal e sua relação com o ruído (relação sinal-ruído) que pode afetar o tempo e a magnitude das respostas corticais. Além disso, as propriedades do espectro temporal da interação do sinal e do ruído podem também afetar a codificação neural (BILLINGS; TREMBLAY; STECKER; TOLIN, 2009).

Uma das características importantes que também envolve o mascaramento temporal é o chamado Benefício do Mascaramento Modulado (BMM) que é a melhora na percepção das pistas acústicas da fala em decorrência dos breves períodos de mascaramento mínimo do ruído modulado (GRIZ; ANDRADE; MARQUES; PINHEIRO *et al.*, 2019; GROSE; MENEZES; PORTER; GRIZ, 2016). Estudos demonstram que ruídos modulados ou interrompidos produzem respostas corticais mais fortes do que as apresentadas em ruído não modulado, essa característica se dá devido a capacidade do ouvinte de aproveitar as lacunas do ruído para compreensão do sinal (BENNETT; BILLINGS; MOLIS; LEEK, 2012).

A normalidade da função auditiva é fundamental para o processamento eficiente dos eventos acústicos necessários para a percepção de fala. Entretanto, alguns estudos têm mostrado a ocorrência de indivíduos idosos com queixa na compreensão da fala em ambientes ruidosos e que não apresentam limiares audiométricos alterados, determinando, dessa forma, uma relação entre a dificuldade no reconhecimento da fala e o processo de envelhecimento (NEVES; FEITOSA, 2003).

A avaliação com medidas objetivas pode ajudar a determinar que aspectos do mascaramento temporal estão relacionados ao processamento da fala em função da idade (GRIZ; ANDRADE; MARQUES; PINHEIRO *et al.*, 2019). Alguns estudos já demonstraram diferenças na latência e amplitude das ondas do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) na presença do ruído, quando comparadas à condição de silêncio (ROSTAMI; MOOSSAVI; AHADI; JALAEI, 2018).

Os potenciais evocados auditivos corticais (PEAC) são medidas eletrofisiológicas que avaliam a atividade bioelétrica na região tálamo-cortical por meio da análise do complexo de ondas denominado P1-N1-P2. Esses potenciais fornecem informações importantes sobre a entrada da informação auditiva no córtex e sobre os processos neurais responsáveis pela percepção da fala (FRIZZO; ADVÍNCULA, 2018).

A avaliação dos Potenciais Evocados Auditivos Corticais na presença do ruído pode auxiliar a compreender o comportamento do sistema auditivo frente a presença do mascaramento e analisar as consequências do mesmo em função da idade. Dessa forma, faz-se necessária a análise das características das respostas corticais sob o efeito do ruído em diferentes faixas etárias.

Sendo assim, essa revisão sistemática teve como objetivo analisar as características referente ao efeito do ruído nas medidas eletrofisiológicas dos PEAC em diferentes faixas etárias.

MÉTODO

A formulação desta revisão sistemática buscou responder a seguinte pergunta: “*Quais os achados característicos do efeito do ruído nas medidas eletrofisiológicas dos PEAC em função da idade?*”, construída com a ajuda da estratégia do modelo PICO. O estudo foi delineado de acordo com os itens do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Statement* – PRISMA (MOHER; LIBERATI; TETZLAFF; ALTMAN *et al.*, 2009). O protocolo foi registrado em 25 de junho de 2022 no banco de dados *Internacional Prospective Register of Systematic Reviews* – PROSPERO (<https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/>) sob o número de registro CRD42022339784.

Fontes e estratégias de busca

As fontes primárias de busca foram as seguintes bases de dados eletrônicas de informação: Medline via Pubmed, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) via Bireme, Embase, Scopus, Web of Science e Cochrane Library. A literatura cinzenta também foi consultada nas bases de dados: Open Grey, Research Gate e Banco de teses e dissertações brasileiras (BDTD).

A estratégia de busca foi elaborada de acordo com os descritores disponíveis em “Descritores em Ciências da Saúde” (DeCS) pela Biblioteca Virtual em Saúde (<http://decs.bvs.br/>), “Medical Subject Headings” (MeSH) pela Medline-Pubmed (<https://www.nlm.nih.gov/mesh/meshhome.html>), termos “Emtree” pela Elsevier-Embase (<https://www.elsevier.com/solutions/embase-biomedical-research/emtree>), bem como palavras-chaves relacionadas, como: Evoked Potentials, Auditory, Perceptual Masking, masking, noise, stimuli.

Com o objetivo abranger o maior número possível de estudos relevantes os termos foram reunidos para cada conceito e combinados com os operadores booleanos “AND” e “OR”. Assim, foram incorporados além dos termos referidos acima, “Entry Terms” e outros termos livre, considerando variantes na ortografia, sinônimos, acrônimos, e aspectos semânticos e sintáticos, quando aplicável, para maximizar a abrangência (ou sensibilidade) dos estudos recuperados com precisão razoável.

A estratégia de busca inicialmente elaborada para identificar os artigos pertinentes com a questão proposta foi a seguinte: (Cortical auditory evoked potential OR Auditory evoked potential OR Evoked potential, auditory OR Potentials, auditory evoked OR Auditory evoked response OR Auditory evoked responses OR Evoked response, auditory OR Evoked responses, auditory OR Auditory evoked potentials OR Evoked auditory cortical OR Auditory cortical processing OR P1-N1-P2 OR CAEP OR P1 OR N2 OR P2) AND (Noise OR Masking OR Forward-masking OR signal-to-noise OR signal-in-noise OR Speech-in-noise OR Speech-perception-in-noise) AND (Elderly OR senile OR Age-related OR Aged OR Aging OR Ageing Effect OR Ageing OR older OR 50 years OR 60 years OR 65 years OR 70 years).

As buscas foram realizadas no período entre 17 e 26 de junho de 2022. As estratégias completas de busca eletrônica construídas para cada base de dados, a primeira data da busca realizada na etapa de identificação das referências e a quantidade de referências inicialmente recuperadas estão descritas em material complementar (Apêndice 1). Não houve restrição ao idioma e ano de publicação

Critérios de elegibilidade

Foram considerados elegíveis estudos que avaliaram a resposta dos Potenciais Evocados Auditivos Corticais, especificamente o complexo P1-N1-P2, nas situações com e sem a presença de ruído em diferentes faixas etárias.

Foram excluídos da pesquisa estudos que envolveram: 1) participantes com perdas auditivas de qualquer tipo e grau; 2) participantes com idade inferior a 18 anos; 3) participantes com alteração de processamento auditivo central, alterações neurais e cognitivas; 4) experimentos *in vitro*, *ex-vivo*, com modelos animais; 5) revisões, editoriais, índices, notícias, notas, cartas, abreviações, apêndices, relatórios.

Seleção dos estudos

O processo de seleção dos estudos foi realizado em quatro etapas de acordo com o diagrama do fluxo de itens de relatórios preferenciais para análises sistemáticas e meta-análises (PRISMA) (MOHER; LIBERATI; TETZLAFF; ALTMAN *et al.*, 2009): identificação, triagem, conformação da elegibilidade e inclusão dos estudos. A análise para seleção ocorreu de forma pareada, independente e mascarada.

Na etapa de identificação foram identificadas todas as referências recuperadas na busca eletrônica nas bases de dados e literatura cinzenta por meio de consulta independente entre dois revisores. O software *Rayyan* (<https://www.rayyan.ai/>) foi utilizado para gerenciar, armazenar, analisar e remover as referências duplicadas.

Na etapa de triagem, dois pesquisadores realizaram a leitura dos títulos e resumos dos artigos identificados na etapa inicial, descartando os estudos que não atenderam aos critérios de elegibilidade pré-estabelecidos. As discordâncias foram resolvidas por consenso.

Na etapa de conformação de elegibilidade foi realizada a leitura completa dos artigos selecionados na fase de triagem para avaliar se as referências atendiam aos requisitos de elegibilidade estabelecidos. A leitura completa foi realizada por dois revisores de forma independente, pareada e mascarada. Quando não houve consenso, um terceiro pesquisador foi chamado para decidir sobre a elegibilidade do artigo.

Na etapa de inclusão foram incorporados todos os estudos que atenderam as etapas anteriores para análise dos dados de interesse.

Extração dos dados

Os dados principais dos artigos eleitos para compor o estudo foram extraídos de forma independente pelos dois pesquisadores e inseridos em um banco de dados.

Os itens coletados foram: 1) referência completa do estudo; 2) informações sobre o método: desenho do estudo, população e características da amostra; 3) protocolo do exame de PEAC: transdutor, posicionamento dos eletrodos, características do estímulo utilizado (tipo, duração, intensidade e polaridade), orelha estimulada, taxa de amostragem, número de varreduras, filtragem, janela de visualização, impedância e critérios de rejeição de artefatos; 4) informações sobre análise dos componentes P1, N1 e P2 (ou pelo menos dois desses componentes) e análise estatística; 5) informações sobre os resultados da análise dos componentes P1, N1 e P2 (desfechos: latências, amplitudes, outros); 6) informações sobre as conclusões principais dos estudos; 7) informações adicionais relevantes não contidas nas seções anteriores.

Após a finalização da extração dos dados, o conteúdo contido nos formulários foi organizado em tabelas para facilitar a comparação dos estudos. As discordâncias foram resolvidas por um terceiro pesquisador com experiência em diagnóstico auditivo eletrofisiológico.

Avaliação do risco de viés

O risco de viés de cada artigo elegido foi avaliado por dois pesquisadores por meio da Escala de *Newcastle-Ottawa* (NOS), adaptada para estudos observacionais transversais (WELLS, 2006). Os itens avaliados foram: 1) representatividade da amostra; 2) tamanho da amostra; 3) não-respondentes; 4) verificação da exposição (fator de risco); 5) comparabilidade de sujeitos em diferentes grupos de resultados com base no desenho ou análise (controle dos fatores de confusão); 6) avaliação do resultado; 7) testes estatísticos (Tabela 1).

Análise e interpretação dos dados

Os dados extraídos dos estudos incluídos na revisão sistemática foram analisados e caracterizados de forma qualitativa e quantitativa e apresentados em formato tabular e síntese narrativa. Não foi possível realizar uma meta-análise devido

insuficiência de dados comparáveis, existência de subgrupos da mesma população e variações nas medidas de aquisição e análise do PEAC com ruído.

RESULTADOS

Seleção dos estudos

Durante a etapa de identificação foi selecionado um total de 5.640 artigos. Os artigos identificados através das bases de dados eletrônicas corresponderam a 97,1% (n = 5.463) e os estudos identificados na literatura cinzenta corresponderam a 2,9% (n = 127). Após a remoção das duplicatas, foram incluídos 3.151 artigos para a etapa de triagem. Na triagem, após a leitura de títulos e resumos, foram excluídos 3.134 artigos pelos seguintes motivos: in vitro, ex-vivo ou modelos animais (286), revisões, editoriais, índices, notícias, notas, cartas, abreviações, apêndices, relatórios, livros e capítulos (20), outros objetivos (2.045), outros tipos de exames (348), perdas auditivas (223), menores de 18 anos (210), alterações neurais, cognitivas e de PAC (9).

Após a triagem, 17 artigos foram selecionados para leitura na íntegra compondo a etapa de conformação da elegibilidade. Nessa fase foram excluídos 10 artigos pelos motivos a seguir: não utilizou ruído (2), método de análise diferente nas condições com e sem ruído (2), não analisou P1-N1-P2 com ruído (3), grupos diferenciados separados por testes comportamentais e não pela idade (1), não faz avaliação nas condições com e sem ruído (1). Por fim, foram incluídos 7 estudos para extração de dados (Fig. 1).

Características dos estudos

As características dos estudos inseridos nessa revisão sistemática estão descritas na Tabela 2 que apresentam informações sobre a identificação dos estudos (autor, ano e local), tamanho da amostra, distribuição amostral, faixa etária e média de idade.

Os estudos selecionados foram produzidos entre os anos de 2005 e 2022. Dos sete estudos, quatro foram realizados nos Estados Unidos (BILLINGS; PENMAN; MCMILLAN; ELLIS, 2015; FAUCETTE; STUART, 2020a; MAAMOR; BILLINGS, 2017;

MCCULLAGH; SHINN, 2013), um no Brasil (DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022), um na Suíça (BERTOLI; SMURZYNSKI; PROBST, 2005) e um na Korea (KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012).

A distribuição da amostra de todas as pesquisas variou por grupos categorizados de acordo com a faixa etária. A maioria dividiu a amostra em dois grupos definidos como adultos e idosos. Apenas um estudo fez a divisão em três grupos separando o grupo de adultos em indivíduos jovens e de meia idade (DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022). O tamanho amostral variou de 16 (KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012) a 36 sujeitos (FAUCETTE; STUART, 2020a). Sete estudos descreveram o sexo da população e incluíram homens e mulheres (BERTOLI; SMURZYNSKI; PROBST, 2005; BILLINGS; PENMAN; MCMILLAN; ELLIS, 2015; DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022; FAUCETTE; STUART, 2020a; MAAMOR; BILLINGS, 2017). A faixa etária e média de idade variou de 18 (FAUCETTE; STUART, 2020a) a 80 anos (FAUCETTE; STUART, 2020a).

No que se refere a condição de normalidade auditiva dos sujeitos, os estudos apresentaram indivíduos com limiares melhores ou iguais a 20 ou 25dB NA em frequências específicas variadas de acordo com o estímulo utilizado em cada pesquisa.

Por fim, todos os estudos tiveram como base a avaliação por meio da pesquisa dos PEAC com ruído em diferentes faixas etárias e com parâmetros variados, os quais serão descritos nos tópicos a seguir.

Parâmetros de aquisição do PEAC com ruído

A Tabela 3 mostra a descrição dos parâmetros utilizados para a realização do PEAC com ruído. Entre os estudos, foram observadas algumas variações em relação aos parâmetros escolhidos de acordo com o objetivo de cada pesquisa.

Na aquisição do PEAC, os estímulos variaram entre o uso de fala e tom puro. Os estudos que optaram pelo estímulo de fala utilizaram as sílabas /da/ e /ba/ (BILLINGS; PENMAN; MCMILLAN; ELLIS, 2015; DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022; FAUCETTE; STUART, 2020a; MAAMOR; BILLINGS, 2017). Os demais estudos fizeram uso dos tons de 500 e 1000Hz (BERTOLI; SMURZYNSKI; PROBST, 2005; KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012; MCCULLAGH; SHINN, 2013). A maioria

das pesquisas adotaram intensidades fixas para o estímulo que variaram de 50 dB SPL (MCCULLAGH; SHINN, 2013) a 75dBHL (DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022). Diferentes intensidades foram utilizadas em dois artigos variando de 50 a 100dB SPL (BILLINGS; PENMAN; MCMILLAN; ELLIS, 2015; KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012). A duração do estímulo variou entre 100 (KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012) e 450ms (BILLINGS; PENMAN; MCMILLAN; ELLIS, 2015).

No que se refere as características do ruído, a maioria utilizou o mascaramento com ruído simultâneo e diferentes relações sinal-ruído e apenas uma pesquisa fez uso do ruído antes do estímulo apresentando um Delta-t de 64ms (DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022) e avaliando o efeito do pós-mascaramento. Dois estudos fizeram a avaliação com ruído contínuo e interrompido (KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012; MAAMOR; BILLINGS, 2017). Apenas três estudos utilizaram ruído de fala (BERTOLI; SMURZYNSKI; PROBST, 2005; BILLINGS; PENMAN; MCMILLAN; ELLIS, 2015; MAAMOR; BILLINGS, 2017) para aquisição do PEAC com mascaramento, um deles utilizou fala contínua e modulada (MAAMOR; BILLINGS, 2017).

No que se refere ao posicionamento dos eletrodos, a maioria utilizou a fixação dos eletrodos positivos no vértex (Cz), apenas um estudo fez a opção de registro do eletrodo positivo na frente (Fz) (KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012). Em relação ao eletrodo de referência, três estudos optaram pela fixação nas mastóides (M1 e M2) (BERTOLI; SMURZYNSKI; PROBST, 2005; FAUCETTE; STUART, 2020a; KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012), um estudo utilizou a região dos lóbulos das orelhas (A1 e A2) (DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022) e um estudo optou pelo posicionamento na nuca (MCCULLAGH; SHINN, 2013). Os eletrodos terra foram posicionados na região da testa (Fpz), apenas um estudo posicionou o eletrodo terra na ponta do nariz (BERTOLI; SMURZYNSKI; PROBST, 2005).

Em relação ao transdutor, todos os testes foram realizados com fone de inserção para o estímulo e o ruído. Um estudo utilizou alto-falante em 0° azimuth como gerador do ruído nos testes com mascaramento (MCCULLAGH; SHINN, 2013) e outro eliciou o ruído na orelha contralateral ao estímulo (BERTOLI; SMURZYNSKI; PROBST, 2005). A maioria dos registros foram realizados de forma monoaural na orelha direita, apenas um estudo fez a avaliação de forma binaural (MCCULLAGH; SHINN, 2013).

Os valores da taxa de apresentação do estímulo variaram de 0,7 (DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022; KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012) a 1.9 (BILLINGS; PENMAN; MCMILLAN; ELLIS, 2015). O número total de varreduras variou entre 100 (DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022) a 500 (BERTOLI; SMURZYNSKI; PROBST, 2005) estímulos. O tamanho da janela variou de 500 (FAUCETTE; STUART, 2020a; KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012) a 800ms (DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022). Os filtros utilizados nos estudos foram passa-baixo de 1Hz e passa-alto de 30Hz, apenas dois estudos optaram pelo filtro passa-baixo de 0,1Hz (BILLINGS; PENMAN; MCMILLAN; ELLIS, 2015; DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022). As impedâncias foram mantidas abaixo de 3 quiloohm (k Ω) em um dos estudos (MCCULLAGH; SHINN, 2013) e nos demais menor que 5 k Ω . O número de varreduras variou de 100 (DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022; KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012) a 500 (BERTOLI; SMURZYNSKI; PROBST, 2005) estímulos.

Medidas de análise do PEAC com ruído

A maioria dos estudos realizaram a análise das latências e amplitudes das ondas do complexo P1, N1 e P2 no silêncio e no ruído nas diferentes faixas etárias. Dois estudos fizeram a avaliação apenas das ondas N1 e P2 (KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012; MCCULLAGH; SHINN, 2013).

O exame de PEAC foi predominantemente realizado de forma passiva e sem execução de tarefa. Apenas um estudo optou pela condição ativa do indivíduo durante o exame por meio de atividade de contagem (MCCULLAGH; SHINN, 2013). Uma das pesquisas realizou a avaliação de binaural (MCCULLAGH; SHINN, 2013) os demais utilizaram o lado direito como opção de lado para aquisição das respostas.

Resultados do PEAC com ruído em função da idade

Os dados referentes à análise dos resultados dos artigos selecionados estão resumidos na Tabela 4. Devido a heterogeneidade metodológica das pesquisas, não foi possível realizar análise estatística entre os estudos. A seguir serão descritos os

principais achados encontrados referentes ao PEAC com ruído em cada um dos estudos.

Duarte *et al.* (2022) realizaram a avaliação dos componentes P1, N1 e P2 por meio do estímulo de fala sintético /da/ nas condições sem ruído e com ruído. O ruído foi eliciado antes do estímulo (Delta-t 64ms) com o objetivo de avaliar o efeito do pós-mascaramento. Os indivíduos foram divididos em três grupos: jovens adultos (18-25 anos), adultos (31-59 anos) e idosos (60-75 anos). Os resultados mostraram um aumento nas latências e uma diminuição na amplitude na condição com ruído. Foi verificado que, na condição sem mascaramento, a latência do componente P1 foi significativamente menor no grupo de adultos jovens e, na condição com mascaramento, as latências dos componentes P1 e N1 foram significativamente maiores no grupo de idosos. Um aumento na latência de todos os componentes foi observado em ambas as condições, principalmente na condição com mascaramento, em função da idade. Dessa forma, foi concluído que os idosos são mais influenciados pelo ruído do que ouvintes adultos mais jovens.

Maarmor e Billings (2017) pesquisaram as repostas dos PEAC com estímulo de fala /ba/ e /da/ produzidos naturalmente. A latência e amplitude das ondas P1, N1 e P2 foram obtidas em silêncio e com diferentes tipos de ruídos gerados simultaneamente ao estímulo. Foram utilizados ruídos contínuos, modulados e de múltiplos falantes em diferentes relações sinais-ruídos. Os indivíduos foram divididos em três grupos: jovens com audição normal (média de idade: 27,1), idosos com audição normal (média de idade: 67,2) e idosos com perda auditiva (média de idade: 68,8). Os dados referentes ao grupo com perda auditiva não foram utilizados nesta revisão. A análise das respostas mostrou que houve um aumento da latência e diminuição da amplitude na condição com mascaramento, ocorrendo de forma mais sistemática quando o ruído foi contínuo. Efeitos em relação a idade foram encontrados apenas para a latência do componente P2 onde a morfologia do pico foi dramaticamente mais fraca para os grupos de idosos do que para o grupo mais jovem. Os autores avaliaram também a diferença entre as respostas do PEAC na condição de ruído contínuo e ruído modulado como uma forma de verificar o Benefício do Mascaramento Modulado (BMM). Nessa análise, efeitos em relação a idade foram encontrados apenas para a latência do componente P2, mais especificamente na comparação entre as respostas com ruído contínuo e com o ruído de balbúcio, onde

o grupo mais jovem apresentou maior diferença entre os tipos de ruído, evidenciando um possível benefício maior na condição de ruído modulado para essa população.

Billings *et al.* (2015) avaliaram os valores de latência e amplitude do complexo P1-N1-P2 fazendo uso de estímulo de fala /ba/ produzido naturalmente na condição de silêncio e na condição de mascaramento simultâneo. O ruído utilizado foi um espectro de fala contínuo. O objetivo foi avaliar a resposta em diferentes relações sinais-ruídos em indivíduos de diferentes grupos divididos de acordo com a faixa etária. As diferentes relações sinais-ruídos eram obtidas por meio de diferentes níveis de intensidade do estímulo e do ruído. O primeiro grupo foi composto por 15 jovens com audição normal (idade/média: 23-34 anos/27,6), 15 idosos com audição normal (idade/média: 60-78 anos/69,4) e idosos com perda auditiva (idade/média: 63-84 anos/72,8). Os dados referentes ao grupo com perda auditiva não foram utilizados nesta revisão. O estudo revelou latências mais curtas e amplitudes maiores para o grupo de adultos jovens quando comparado com o grupo de idosos. Os efeitos da idade na latência foram apenas significativos para P2 em níveis de sinal de 70 e 80dB quando a SNR foi de 25 dB.

Maccullaghi e Shinn (2013) realizaram estudo dos PEAC fazendo uso de estímulos tonais de 500 e 1000Hz em paradigma *oddball*. Os participantes foram orientados a contar os estímulos raros e foram levados em consideração para o estudo os valores de latência e amplitude das ondas N1 e P2 evocadas durante o estímulo frequente. O mascaramento foi realizado com ruído branco contínuo em diferentes relações sinais-ruídos e gerado por um alto-falante em 0° azimute e 42cm de distância. Os participantes foram separados em dois grupos: 20 adultos jovens (19-20 anos; média: 21,4) e 15 idosos (62-77 anos; média: 66,4). Os resultados demonstraram que as latências de N1 e P2 aumentaram e as amplitudes diminuíram da condição silenciosa para a condição de 0 (zero) relação sinal-ruído para cada grupo. As latências absolutas de P2 foram maiores para o grupo de idosos comparado ao grupo de jovens adultos em cada condição de escuta. As latências médias de N1 foram semelhantes entre os grupos. E Por fim, as amplitudes de N1 e P2 foram maiores na condição silenciosa para o grupo de idosos do que para o grupo de adultos jovens, mas foram semelhantes entre os grupos na condição 0 de relação sinal-ruído.

Bertoli *et al.* (2005) estudaram as latências e amplitudes das ondas P1, N1 e P2 nas condições com e sem ruído fazendo uso de estímulos de tons puros de 1000

Hz e três estímulos desviantes diferindo em 64, 32 e 16 Hz. O ruído utilizado foi uma gravação de fala de 100 pessoas conversando em uma cantina e foi eliciado na orelha contralateral ao estímulo. A avaliação foi realizada em três grupos: 10 jovens com audição normal (idade/média: 20-38 anos/26,2), 10 idosos com audição normal (idade/média: 67-79 anos/67,5) e idosos com perda auditiva (idade/média: 67-79 anos/72,8). Os dados referentes ao grupo com perda auditiva não foram utilizados nesta revisão. Os resultados não demonstraram diferenças significativas entre os grupos para as latências P1 e N1, porém os idosos tiveram latência de P2 aumentada em relação aos jovens. No que se refere a amplitude, os valores de P1 foram menores para os jovens. Foi observado que no ruído a amplitude de N1 aumentou para o grupo de jovens e diminuiu para o grupo de idosos. Não houve diferença em relação aos grupos para a amplitude da onda P2. Os autores concluíram que o ruído não afetou de forma significativa o processamento auditivo de forma diferente em adultos e idosos, ou seja, na presença do ruído as amplitudes diminuíram e as latências aumentaram de forma semelhante para os dois grupos.

Faucette e Stuart (2020a) avaliaram o PEAC com mascaramento em dois grupos: 18 jovens (18-30 anos) e 18 idosos (60-80 anos). O estímulo utilizado foi a sílaba /da/ apresentada no silêncio, no ruído contínuo e no ruído interrompido com diferentes relações sinais-ruídos (+10, 0, -10). Dois paradigmas foram utilizados, no primeiro, a fala foi mantida numa intensidade constante e o ruído foi variando para pesquisar as diferentes relações sinais-ruídos. No segundo paradigma, o ruído permaneceu fixo e a intensidade do estímulo de fala foi diminuindo para pesquisar o limiar do PEAC no ruído. Os resultados mostraram que houve aumento da latência e diminuição das amplitudes com a presença do ruído para ambos os grupos. No que se refere aos efeitos referente a idade, foram observadas latências mais curtas para o grupo mais jovem apenas para o componente P2. Para os valores da amplitude, foi observado um aumento da amplitude de P1 e N1 para o grupo de idosos. Foi realizada uma comparação entre as respostas da amplitude no silêncio e no ruído, onde foi observado que no grupo de idosos houve uma maior redução da resposta no ruído principalmente em ruído contínuo e relação sinal-ruído menor. No que se refere a comparação do limiar do PEAC entre ruídos contínuos e modulados, não foi observada diferença significativa entre os grupos, ou seja, não houve diferença que indicasse um maior benefício do mascaramento modulado para jovens ou idosos.

Kim *et al.* (2012) realizaram a pesquisa dos componentes N1 e P2 fazendo uso de estímulos de tons de 1000Hz nas condições de silêncio e de ruído. Durante a avaliação, o estímulo foi apresentado em diferentes intensidades (60dB a 100dB) e o ruído permaneceu em intensidade constante obtendo, dessa forma, respostas em diferentes relações sinais-ruídos. Os sujeitos avaliados foram divididos em dois grupos para posterior comparação: 8 jovens com audição normal (idade/média: 24-29 anos/26,5) e 8 idosos com audição normal (idade/média: 60-76/65,7). Os resultados mostraram que a latência de N1 no ruído foi mais atrasada para o grupo de idosos quando o estímulo foi eliciado nas intensidades mais baixas, porém sem diferença estatisticamente significativa. Na condição com ruído a latência de P2 aumentou com a diminuição da intensidade para ambos os grupos. Apesar da diferença não ser estatisticamente significativa, foi observado que no grupo de idosos as latências foram mais atrasadas nas menores intensidades. Em relação a amplitude de N1-P2 não foram observadas diferenças significativas entre os grupos no ruído.

Qualidade metodológica

Os estudos foram classificados como de qualidade moderada devido a classificação final encontrada que variou entre cinco a seis estrelas na escala NOS, adaptada para estudos observacionais transversais. A análise da qualidade dos artigos incluídos é fornecida na Tabela 5. Todos os estudos definiram adequadamente os critérios de inclusão e exclusão.

A qualidade metodológica moderada atribuiu-se majoritariamente a falta de representatividade da amostra, baixo tamanho amostral e falta de não respondentes. Os métodos estavam bem descritos e avaliação apresentou vinculação aos registros obtidos. Por fim, todos os trabalhos apresentaram testes estatísticos apropriados, com descrição detalhada dos testes utilizados e dos níveis de significância.

DISCUSSÃO

A maioria dos estudos mostrou um aumento da latência e diminuição da amplitude das ondas P1, N1 e P2 na condição com ruído para todas as faixas etárias

(BERTOLI; SMURZYNSKI; PROBST, 2005; DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022; FAUCETTE; STUART, 2020a; MAAMOR; BILLINGS, 2017; MCCULLAGH; SHINN, 2013).

Em relação a comparação das respostas das ondas do PEAC no ruído entre as faixas etárias, foram observadas variações nos valores de latência e amplitude a depender do componente do complexo de ondas, do estímulo, do tipo de ruído e da relação sinal-ruído utilizada.

No estudo de Duarte *et al.* (2022) a pesquisa foi feita com a apresentação do ruído antes do estímulo e nessa condição com mascaramento foram observadas latências mais atrasadas em todos os componentes (P1, N1 e P2) para o grupo de idosos em comparação com o grupo de adultos mais jovens, comprovando uma maior influência de ruído nas respostas dos sujeitos mais velhos.

Esses achados demonstram que o efeito do pós-mascaramento pode ser mais acentuado na população idosa. Esse efeito pode ser definido como a excitação dos neurônios do sistema auditivo por meio da apresentação do ruído que permanece após a sua interrupção, provocando, dessa forma, a diminuição da quantidade de neurônios responsáveis pela resposta do estímulo de fala subsequente (HAN; LEE; LEE, 2020). Outros estudos já evidenciaram a ocorrência desse efeito através da eletrofisiologia com o uso dos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE) e Frequency Following Response (FFR) (GRIZ; ANDRADE; MARQUES; PINHEIRO *et al.*, 2019; HODGE; MENEZES; BROWN; GROSE, 2018; WALTON; ORLANDO; BURKARD, 1999).

Os demais estudos utilizaram o ruído apresentado simultaneamente com o estímulo variando o tipo de ruído e a relação sinal-ruído. Nesses artigos, não foram observados efeito significativo em relação à idade nas latências dos componentes P1 e N1, ou seja, as latências desses componentes aumentaram de forma semelhante no ruído para o grupo de jovens e idosos. Entretanto, na pesquisa de Kim *et al.* (2012), apesar da diferença não ser estatisticamente significativa, foram observadas latências mais atrasadas da onda N1 em idosos na condição de ruído. Segundo Näätänen e Picton (1987) o componente N1 é uma resposta que reflete a ativação neural síncrona das estruturas no segmento talâmico-cortical no sistema nervoso central e valores maiores da latência desse componente sugerem atraso na sincronia do disparo neural.

Diferenças importantes entre as respostas de jovens e idosos no ruído foram encontradas em relação a latência do componente P2. Latências maiores para o grupo de idosos foram observadas em determinadas condições de ruído (BILLINGS; PENMAN; MCMILLAN; ELLIS, 2015; MAAMOR; BILLINGS, 2017; MCCULLAGH; SHINN, 2013).

O aumento de P2 em idosos no ruído pode ser decorrente da diminuição da taxa de transmissão para neurônios corticais auditivos que contribuem para esse componente e que pode ser resultado do aumento do período de resistência neural e/ou da mielinização associada ao envelhecimento (PETERS, 2002). Wang (2011) afirma que os geradores de P2 podem ser mais sensíveis à idade em ambientes ruidosos, resultando a diminuição do disparo síncrono e/ou períodos refratários aumentados.

Respostas semelhantes entre adultos e idosos em intensidades aumentadas na latência de N1 sugere que os dois grupos parecem sincronizar bem as repostas aos tons de forte intensidade compatível com os achados de Tremblay *et al.* (2004). De acordo com Tremblay *et al.* (2014), a onda N1 aparenta ser uma resposta que representa a acústica do estímulo, já o componente P2 mostra ser sensível a processamento de alto nível como aqueles associados a exposição de estímulo e aprendizado.

Nos estudos de Bertoli *et al.* (2005) e Kim *et al.* (2012) não foram observados efeito de idade para a latência da onda P2. Para Kim *et al.* (2012) não houve diferença significativa na latência de P2 entre ruído e silêncio. Porém, com a diminuição da intensidade, a latência de P2 tendeu a ser maior em idosos. Diferentemente, outros estudos relataram atraso a latência P2 em idosos (TREMBLAY; BILLINGS; ROHILA, 2004; TREMBLAY; PISKOSZ; SOUZA, 2003). Segundo os autores, esse resultado não significativo pode ter ocorrido devido o tamanho da amostra ou devido o tipo do estímulo. Eles concluíram que o uso do estímulo complexo, utilizado nos outros estudos, pode ter influenciado no atraso da onda devido a sincronia neural resultante da complexidade do estímulo (TREMBLAY; BILLINGS; ROHILA, 2004). Talvez a utilização do estímulo de fala junto com ruído pode ser o método mais adequado para revelar efeitos da idade (BERTOLI; SMURZYNSKI; PROBST, 2005).

Na maioria dos estudos não foram observadas diferenças significativas na amplitude das ondas P1 e N1 entre os grupos na condição do ruído (BERTOLI;

SMURZYNSKI; PROBST, 2005; BILLINGS; PENMAN; MCMILLAN; ELLIS, 2015; DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022; KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012; MAAMOR; BILLINGS, 2017; MCCULLAGH; SHINN, 2013). Já os achados de Faucette e Stuart (2020a) demonstraram que o grupo de idosos tem amplitude de P1 e N1 maiores no silêncio quando comparado aos indivíduos mais jovens, porém, na medida que a relação sinal-ruído diminui, as amplitudes aumentam para os jovens e diminuem para os idosos, e dessa forma, nas relações sinais-ruídos mais baixas, as amplitudes entre os grupos não apresentam diferença significativa. Pesquisas mostram que maiores amplitudes de P1 e N1 em idosos não indica, necessariamente, aumento da percepção comportamental para idosos (FAUCETTE; STUART, 2020b; STUART; CARPENTER, 1999).

O aumento da amplitude em idosos pode ser resultado da redução da inibição neural que ocorre a níveis corticais em idosos relacionando a redução de neurotransmissores inibitórios pré e pós sinápticos. Assim, idosos podem ter uma redução do volume da substância cinzenta no córtex auditivo, mas o impacto da redução de neurotransmissores podem aumentar a resposta dos neurônios corticais auditivos (MCCULLAGH; SHINN, 2013). Ainda sobre os valores de amplitude aumentados de N1-P2 alguns estudos interpretaram esse achado como um declínio relacionado à idade na inibição neural (KELLY-BALLWEBER; DOBIE, 1984; WOODS; CLAYWORTH, 1986).

Em relação a amplitude da onda P2, efeitos de grupo ocorreram em três estudos, onde a amplitude na condição do ruído foi menor para os indivíduos mais velhos (BILLINGS; PENMAN; MCMILLAN; ELLIS, 2015; DUARTE; GRIZ; ROCHA; BRITTO *et al.*, 2022; MAAMOR; BILLINGS, 2017). Nos demais estudos, a presença do ruído diminuiu a amplitude de P2 de forma semelhante entre os grupos (BERTOLI; SMURZYNSKI; PROBST, 2005; FAUCETTE; STUART, 2020a; KIM; AHN; JEONG; KIM *et al.*, 2012; MCCULLAGH; SHINN, 2013). O mesmo efeito de amplitude maior para os idosos no silêncio e semelhante entre os grupos no ruído, foi encontrado em relação a onda P2 em McCullaghi e Shinn (2013). Willott (1991) afirma que esses efeitos podem ocorrer devido a menor sincronia neural associada aos efeitos centrais do envelhecimento.

Dois estudos (FAUCETTE; STUART, 2020a; MAAMOR; BILLINGS, 2017) realizaram a comparação das respostas com ruídos contínuos e modulados, na

tentativa de avaliar a existência do benefício de mascaramento modulado por meio das respostas eletrofisiológicas. As latências mais curtas e amplitudes maiores em ruído interrompido pode ser interpretado como um benefício do mascaramento modulado. Em ambos os estudos foram encontradas repostas melhores no ruído modulado para o grupo mais jovem em comparação com o grupo de idosos, sugerindo que os indivíduos mais velhos têm um menor benefício quando comparado com os adultos mais jovens.

Segundo Maamor e Billings (2017), o ruído de balbucio utilizado na pesquisa tinha variações tanto no envelope temporal quanto no espectro, resultando na maior semelhança com os estímulos que foram usados, o que pode explicar a morfologia da forma de onda mais pobre com esse tipo de mascaramento na população mais velha. De acordo com Festen e Plomp (1990) esse fato acontece porque enquanto o sinal energético produz uma interação previsível entre sinal e ruído sobreposto na cóclea, o mascaramento informacional causa interações disruptivas que vão além das interações periféricas.

Apesar dos diferentes protocolos e parâmetros utilizados nos estudos, foi possível observar que a latência do componente P2 foi a medida mais afetada em relação aos efeitos causados pelo ruído na população idosa. Além disso, o estudo do pós-mascaramento e do BMM utilizando as medidas dos PEAC parecem ser promissores para a compreensão dos efeitos do envelhecimento na via auditiva cortical.

Por fim, fica claro que o PEAC é uma alternativa promissora para avaliação da influência do ruído no processamento de fala. Nesta revisão, foram observados parâmetros heterogêneos da realização dos exames, dificultando uma análise de forma mais precisa sobre os efeitos do ruído nas respostas corticais de adultos e idosos. Aparentemente, o estímulo de fala é o mais adequado para esse tipo de análise, além disso, a pesquisa do efeito do pós-mascaramento e BMM são importantes medidas de avaliações e devem ser estudadas em pesquisas futuras.

A variabilidade dos protocolos utilizados é uma limitação desse estudo porque dificulta uma análise mais precisa por meio da associação dos dados das pesquisas, porém não teria como ser diferente pois o avanço tecnológico permitiu muitas pesquisas de base e conseqüentemente protocolos e repostas variadas. Os achados apresentados nessa revisão nos permite a constatação de que, apesar da variabilidade de parâmetros de aquisição e análise do PEAC com ruído, os resultados

a respeito dos efeitos do envelhecimento da audição foram observados na maioria dos estudos.

Devido ao aumento da expectativa de vida da população idosa, que ainda chegará ao seu ápice em 2025, os estudos que envolvem essa população são recentes e pouco se sabe sobre os processos que envolvem o envelhecimento da via auditiva. Dessa forma, a maior contribuição dessa pesquisa é a busca de padrões mais consolidados para compreender o córtex auditivo e as áreas subjacentes. Futuramente, com a sistematização dos parâmetros adequados para a avaliação do PEAC com ruído, o exame pode ser utilizado para permitir uma análise objetiva do comportamento da via auditiva em situações de ambientes ruidosos.

O aprofundamento nos estudos sobre eletrofisiologia associada ao ruído é importante para permitir possibilidades referentes ao diagnóstico e tratamento de pacientes idosos que apresentam dificuldades de discriminação de fala em ambientes ruidosos e conseqüentemente promover alternativas que possibilitem a melhora na qualidade de vida dessa população.

CONCLUSÃO

Os estudos selecionados mostraram que as respostas do PEAC foram influenciadas pelo ruído de um modo geral para todos os grupos. Os resultados foram modulados diferencialmente de acordo com o tipo do ruído, a relação sinal-ruído e as idades dos participantes. A maioria dos estudos demonstrou uma influência maior do ruído nas respostas da população mais velha, sugerindo que o efeito da idade se reflete nas repostas eletrofisiológicas no ruído e tem uma função importante na compreensão da fala no ruído. As implicações desses resultados são importantes para compreensão de como os testes eletrofisiológicos a partir do PEAC podem ser eficientes para os estudos da percepção de fala no ruído da população idosa.

REFERÊNCIAS

ADVÍNCULA, K. P.; MENESES, D. C.; PACÍFICO, F. A.; COSTA, M. L. *et al.* Efeito da idade no processamento auditivo temporal : benefício da modulação do mascaramento e efeito do pós-mascaramento. *Audiology Communication Research*. 23 2018.

BENNETT, K. O.; BILLINGS, C. J.; MOLIS, M. R.; LEEK, M. R. Neural encoding and perception of speech signals in informational masking. **Ear Hear**, 33, n. 2, p. 231-238, 2012.

BERTOLI, S.; SMURZYNSKI, J.; PROBST, R. Effects of age, age-related hearing loss, and contralateral cafeteria noise on the discrimination of small frequency changes: psychoacoustic and electrophysiological measures. **J Assoc Res Otolaryngol**, 6, n. 3, p. 207-222, Sep 2005.

BILLINGS, C. J.; PENMAN, T. M.; MCMILLAN, G. P.; ELLIS, E. M. Electrophysiology and Perception of Speech in Noise in Older Listeners: Effects of Hearing Impairment and Age. **Ear Hear**, 36, n. 6, p. 710-722, 2015.

BILLINGS, C. J.; TREMBLAY, K. L.; STECKER, G. C.; TOLIN, W. M. Human evoked cortical activity to signal-to-noise ratio and absolute signal level. **Hear Res**, 254, n. 1-2, p. 15-24, Aug 2009.

DUARTE, D. S. B.; GRIZ, S. M. S.; ROCHA, M. F. B.; BRITTO, D. B. L. A. *et al.* The effect of noise on the amplitude and morphology of cortical auditory evoked potentials. **Braz J Otorhinolaryngol**, 88 Suppl 3, n. Suppl 3, p. S59-S65, 2022.

FAUCETTE, S. P.; STUART, A. An examination of electrophysiological release from masking in young and older adults. **J Acoust Soc Am**, 148, n. 4, p. 1786, Oct 2020a.

FAUCETTE, S. P.; STUART, A. Effect of presentation level and age on release from masking: Behavioral measures. **J Acoust Soc Am**, 148, n. 3, p. 1510, Sep 2020b.

FESTEN, J. M.; PLOMP, R. Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. **J Acoust Soc Am**, 88, n. 4, p. 1725-1736, Oct 1990.

FRIZZO, A. C. F.; ADVÍNCULA, K. P. Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência: conceitos e aplicações clínicas. *In*: MENEZES, P. E. A. O. (Ed.). **Tratado de Eletrofisiologia para Audiologia**. 1ª ed. Ribeirão Preto: Booktoy, 2018. p. 139-150.

GRIZ, S.; ANDRADE, K. C.; MARQUES, M. C.; PINHEIRO, N. S. *et al.* Exame do potencial evocado auditivo de tronco encefálico com estímulo fala: efeito do pós-mascaramento. *Distúrbios da Comunicação*. 31: 522-525 p. 2019.

- GROSE, J. H.; MENEZES, D. C.; PORTER, H. L.; GRIZ, S. Masking Period Patterns and Forward Masking for Speech-Shaped Noise: Age-Related Effects. **Ear Hear**, 37, n. 1, p. 48-54, 2016.
- HAN, J. H.; LEE, J.; LEE, H. J. Noise-Induced Change of Cortical Temporal Processing in Cochlear Implant Users. **Clin Exp Otorhinolaryngol**, 13, n. 3, p. 241-248, Aug 2020.
- HODGE, S. E.; MENEZES, D. C.; BROWN, K. D.; GROSE, J. H. Forward Masking of the Speech-Evoked Auditory Brainstem Response. **Otol Neurotol**, 39, n. 2, p. 150-157, Feb 2018.
- KELLY-BALLWEBER, D.; DOBIE, R. A. Binaural interaction measured behaviorally and electrophysiologically in young and old adults. **Audiology**, 23, n. 2, p. 181-194, 1984.
- KIM, J. R.; AHN, S. Y.; JEONG, S. W.; KIM, L. S. *et al.* Cortical auditory evoked potential in aging: effects of stimulus intensity and noise. **Otol Neurotol**, 33, n. 7, p. 1105-1112, Sep 2012.
- MAAMOR, N.; BILLINGS, C. J. Cortical signal-in-noise coding varies by noise type, signal-to-noise ratio, age, and hearing status. **Neurosci Lett**, 636, p. 258-264, Jan 01 2017.
- MCCULLAGH, J.; SHINN, J. B. Auditory cortical processing in noise in younger and older adults. **Hearing, Balance and Communication**, 11, p. 182-190, 2013.
- MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **J Clin Epidemiol**, 62, n. 10, p. 1006-1012, Oct 2009.
- MUSIEK, F. E.; CHERMAK, G. D. Psychophysical and behavioral peripheral and central auditory tests. **Handb Clin Neurol**, 129, p. 313-332, 2015.
- NEVES, V. T.; FEITOSA, M. A. Controvérsias ou complexidade na relação entre processamento temporal auditivo e envelhecimento? : Revista Brasileira de Otorrinolaringologia. 69: 242-249 p. 2003.
- NÄÄTÄNEN, R.; PICTON, T. The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and an analysis of the component structure. **Psychophysiology**, 24, n. 4, p. 375-425, Jul 1987.
- PEIXE, B. P.; SILVA, D. D. D.; BIAGGIO, E. P. V.; BRUNO, R. S. *et al.* Applicability of Evoked Auditory Brainstem Responses with Complex Stimuli in Adults with Hearing Loss. **Int Arch Otorhinolaryngol**, 22, n. 3, p. 239-244, Jul 2018.
- PETERS, A. The effects of normal aging on myelin and nerve fibers: a review. **J Neurocytol**, 31, n. 8-9, p. 581-593, 2002.

- PIENKOWSKI, M. On the Etiology of Listening Difficulties in Noise Despite Clinically Normal Audiograms. **Ear Hear**, 38, n. 2, p. 135-148, 2017.
- ROSTAMI, S.; MOOSSAVI, A.; AHADI, M.; JALAEI, S. Brainstem Correlates of Comodulation Masking Release for Speech in Normal Hearing Adults. **J Audiol Otol**, 22, n. 3, p. 128-133, Jul 2018.
- STUART, A.; CARPENTER, M. Unilateral auditory temporal resolution deficit: a case study. **J Commun Disord**, 32, n. 5, p. 317-324; quiz 324-315, 1999.
- TREMBLAY, K. L.; BILLINGS, C.; ROHILA, N. Speech evoked cortical potentials: effects of age and stimulus presentation rate. **J Am Acad Audiol**, 15, n. 3, p. 226-237; quiz 264, Mar 2004.
- TREMBLAY, K. L.; PISKOSZ, M.; SOUZA, P. Effects of age and age-related hearing loss on the neural representation of speech cues. **Clin Neurophysiol**, 114, n. 7, p. 1332-1343, Jul 2003.
- TREMBLAY, K. L.; ROSS, B.; INOUE, K.; MCCLANNAHAN, K. *et al.* Is the auditory evoked P2 response a biomarker of learning? **Front Syst Neurosci**, 8, p. 28, 2014.
- WALTON, J.; ORLANDO, M.; BURKARD, R. Auditory brainstem response forward-masking recovery functions in older humans with normal hearing. **Hear Res**, 127, n. 1-2, p. 86-94, Jan 1999.
- WANG, M.; WU, X.; LI, L.; SCHNEIDER, B. A. The effects of age and interaural delay on detecting a change in interaural correlation: The role of temporal jitter. **Hear Res**, 275, n. 1-2, p. 139-149, May 2011.
- WELLS, G. E. A. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. *Visual Communication Quarterly*. 13: 110-115 p. 2006.
- WILLOTT, J. F. **Aging and the auditory system: Anatomy, physiology and psychophysics**. San Diego, CA: Singular Pub Group, 1991.
- WOODS, D. L.; CLAYWORTH, C. C. Age-related changes in human middle latency auditory evoked potentials. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol**, 65, n. 4, p. 297-303, Jul 1986.

Tabela 1 - Escala de Newcastle-Ottawa adaptada para estudos observacionais transversais

I Seleção: (máximo: 5 estrelas)

1. Representatividade da amostra:
 - a) Verdaderamente representativo da média na população-alvo. ★ (todos os sujeitos ou amostra randomizada)
 - b) Um pouco representativo da média na população-alvo. ★ (amostra não randomizada)
 2. Grupo de usuários selecionados:
 - a) Seleção relevante de indivíduos para excluir fatores que influenciam os resultados (como certas doenças ou medicamentos que têm um efeito negativo/positivo em alguma condição). ★
 3. Tamanho da amostra:
 - a) justificada e satisfatória (poder do cálculo incluído). ★
 4. Diagnóstico:
 - a) Caracterização do diagnóstico. ★★
 - b) Determinação da exposição. ★
-

II Comparabilidade: (máximo: 2 estrelas)

1. Os sujeitos em diferentes grupos de resultados são comparáveis, com base no desenho ou análise do estudo. Fatores de confusão são controlados.
 - a) O estudo controla o fator mais importante (selecione um). ★
 - b) O controle do estudo para qualquer fator adicional. ★
-

III Resultados: (máximo: 3 estrelas)

1. Determinação do método:
 - a) Método de medição validado. ★★
 - b) Método de medição não validado, mas o método está disponível ou descrito. ★
 2. Testes estatísticos:
 - a) O teste estatístico usado para analisar os dados é claramente descrito e apropriado, e a medição da associação é apresentada; incluindo DP/EP e o nível de probabilidade (valor de p). ★
-

TOTAL (máximo: 10 estrelas)

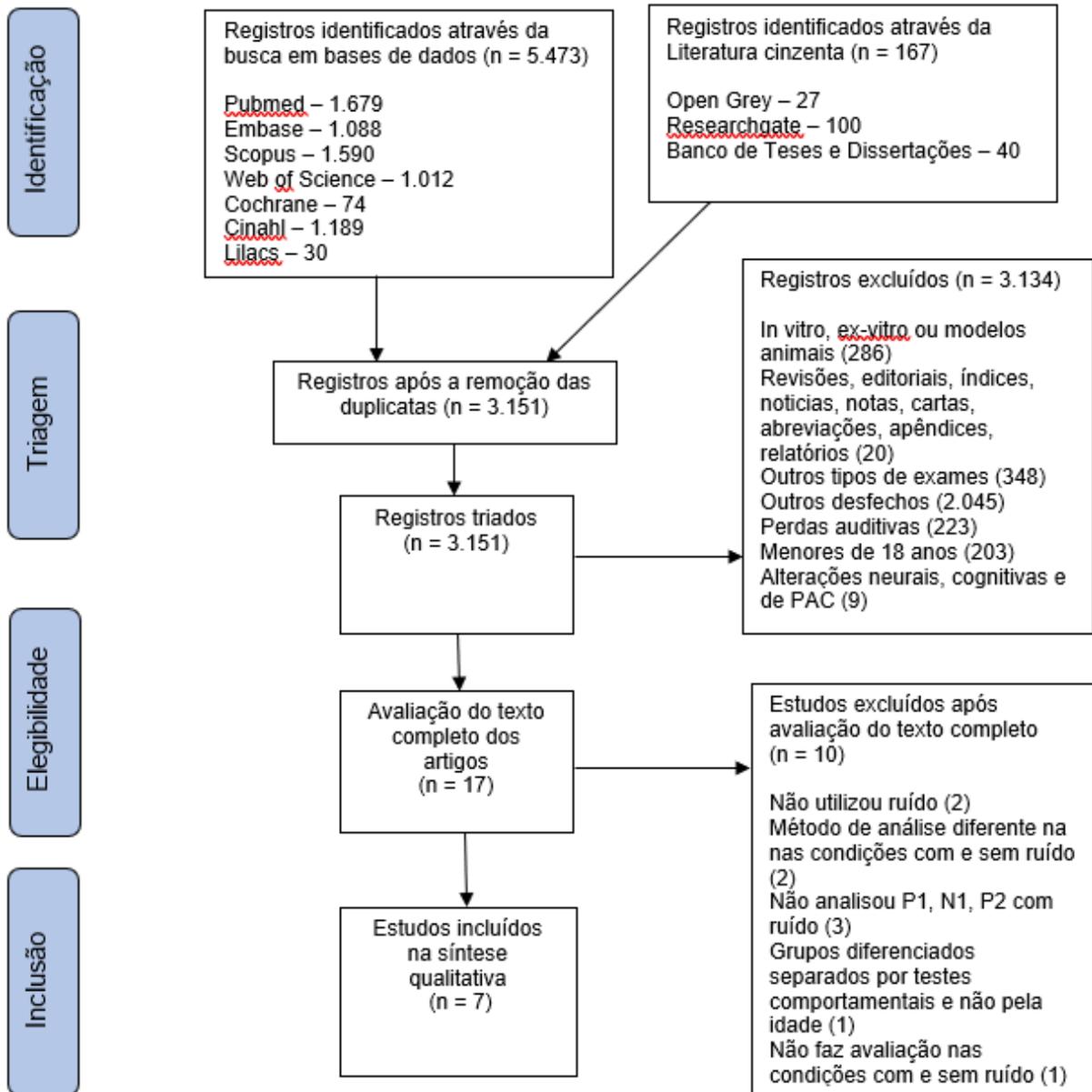


Figura 1 Fluxograma do processo de seleção dos artigos

Tabela 2 - Características dos estudos incluídos na revisão

ID	Estudo (Autores., ano)	País	Desenho do estudo	População	Características amostrais				
					Distribuição em grupos categorizados (n)	Tamanho amostral (n)	Sexo	Idade em anos	Média de idade em anos
1	Duarte et al., 2022	Brasil	Transversal	AN	Três grupos: G1: (n=10) G2: (n=10) G3: (n=10)	30	5M 25F	G1: 20-26 G2: 35-38 G3: 61-75	NR
2	Maarmor & Billings, 2017	EUA	Transversal	AN	Dois grupos: G1: (n=10) G2: (n=10)	20	8M 12F	NR	G1: 27,1 G2: 67,2
3	Billings et al., 2015	EUA	Transversal	AN	Dois grupos: G1: (n=15) G2: (n=15)	30	16M 14F	G1: 23-34 G2: 60-78	G1: 27,6 G2: 69,4
4	Mccullagh & Shinn, 2013	EUA	Transversal	AN	Dois grupos: G1: (n=20) G2: (n=15)	35	NR	G1: 19-29 G2: 62-77	G1: 21,4 G2: 66,4
5	Bertoli et al., 2005	Suíça	Transversal	AN	Dois grupos: G1: (n=10) G2: (n=10)	20	11M 9M	G1: 20-38 G2: 67-79	G1: 26,2 G2: 67,5
6	Faucette & Stuart, 2020	EUA	Transversal	AN	Dois grupos: G1: (n=18) G2: (n=18)	36	14M 22F	G1: 18-30 G2: 60-80	NR
7	Kim et al., 2012	Korea	Transversal	AN	Dois grupos: G1: (n=8) G2: (n=8)	16	NR	G1: 24-29 G2: 60-76	G1: 26,5 G2: 65,7

LEGENDA: AN, audição normal; F, feminino; G1, grupo um; G2, grupo dois; G3, grupo três; ID, identificação; M, masculino; NR não reportado

Tabela 3 - Parâmetros de aquisição do Potencial Evocado Auditivo Cortical com ruído

Estudo (Autores , ano)	Características do estímulo			Características do ruído			Orelha	Montagem dos eletrodos	Taxa de apresentação	Nº de varreduras	Janela (ms)	Filtros (passa-alta – passa-baixa) (Hz)	Impedância dos eletrodos (Kohms)	Fone	Equipamento
	Tipo	Intensidade	Duração (ms)	Tipo	Relação com o estímulo	Relação sinal-ruído (dB)									
Duarte et al., 2022	Fala /da/	75dB HL	79,05	SSN contínuo (365ms)	Anterior (Delta-t 64 ms)	NR	OD	Cz (+), A1 e A2 (-) e Fpz (neutro)	0,7s	100	800	1 a 30	≤5	ER3	IHS Opti-Amp 8008
Maarmor & Billings, 2017	Fala /ba/ e /da/	65dB SPL	150	Fala contínua/modulada/balucio	Simultâneo	+9, +3, -3	OD	Cz (+), Fpz (neutro) (-)	1,6s	375	NR	1 a 30	NR	NR	Neuroscan Synamps RT/Scan 4.5
Billings et al., 2015	Fala /ba/	50 a 80dB SPL	450	Fala contínua	Simultâneo	-5 a +35	OD	Cz (+), Fpz (neutro) (-)	1,9s	150	NR	0,1 a 30	NR	ER2	Neuroscan Stim2/Scan 4.5
Mccullagh & Shinn, 2013	Tom 0,5 e 1KHz	50dB SPL	40	Ruído branco contínuo	Simultâneo	0, +10, +20	OD/OE	Cz (+), nuca (-), Fpz (neutro)	0,9s	NR	NR	1 a 30	<3	ER-3A e Alto-falante	IHS SmartEP
Bertoli et al., 2005	Tom 1KHz	70dB SPL	220	Fala (balucio de 100 locutores) contínuo	Simultâneo	0	OD	Cz (+), M1 e M2 (-), nariz (neutro)	500Hz	500	700	0,1 a 30	<5	ER3	Neuroscan Quick-Trace
Faucette & Stuart, 2020	Fala /da/	65dB SPL	160	Ruído contínuo/modulado	Simultâneo	-10, 0, +10	OD	Cz (+), M1 e M2 (-) e Fpz (neutro)	500Hz	300	500	1 a 30	≤0,5	ER-3A	NeuroScan Quik-Cap
Kim et al., 2012	Tom 1KHz	60 a 100dB SPL	100	Contínuo	Simultâneo	-10 a +30	OD	Fz (+), M2 (-) e Fpz (neutro)	0,7Hz	100	500	1 a 30	<0,5	ER-3A	Viking IV

LEGENDA: pontos de estimulação baseado no sistema internacional 10-20 (A1, lóbulo da orelha esquerda; A2, lóbulo da orelha direita; Cz, vértex; Fpz, testa; Fz, frente; M1, mastoide esquerda; M2, mastoide direita); -, eletrodo referência (negativo); +, eletrodo ativo (positivo); dB, decibel; NR, não reportado; OD, orelha direita; OE, orelha esquerda; HL, hearing level; SPL, nível de pressão sonora.

Tabela 4: Medidas de análises e resumo dos resultados do PEAC com ruído

Estudo (Autores., ano)	Componentes avaliados	Medidas de análise	Condição de escuta	Condições de análise	Resumo dos resultados	Análise do efeito de grupo em relação a idade
Duarte et al., 2022	P1, N1 e P2	Latência, amplitude e morfologia	Passiva	(1) Silêncio; (2) Com ruído antes do estímulo (Delta-t 64 ms).	- Aumento na latência e diminuição na amplitude na condição com ruído; - A latência do componente P1 foi menor no grupo de adultos jovens no silêncio; - As Latências dos componentes P1 e N1 foram maiores no grupo de idosos no ruído; - Aumento na latência de todos os componentes foi observado em ambas as condições, principalmente na condição com mascaramento, em função da idade.	- Efeito da idade para as latências dos componentes P1, N1 e P2: latências mais atrasadas para o grupo de idosos.
Maarmor & Billings, 2017	P1, N1 e P2	Latência, amplitude e área	Paradigma oddball passivo	(1) Silêncio; (2) Com ruído SSC (RSR +9, +3, -3); (3) Com ruído 1TM (RSR +9, +3, -3); (4) Com ruído 4TB (RSR +9, +3, -3).	- Aumento da latência e diminuição da amplitude na condição com ruído para os dois grupos; - Efeitos em relação a idade foram encontrados apenas para a latência do componente P2 onde a morfologia do pico foi mais fraca para o grupo de idosos; - Na comparação entre ruído contínuo e modulado, o grupo jovem apresentou maior diferença (maior BMM).	- Efeitos da idade para a latência de P2: latência mais atrasada para o grupo de idosos - Efeito da idade para latência do componente P2 na comparação entre ruído contínuo e modulado: grupo jovem apresentou maior diferença (BMM)
Billings et al., 2015	P1, N1, P2 e N2*	Latência, amplitude e área*	Passiva	(1) Silêncio; (2) Com ruído: - Est. 50dB (RSR -5, +5); - Est. 60dB (RSR -5, +5, +15 dB); - Est. 70dB (RSR -5, +5, +15, +25 dB); - Est. 80dB (RSR -5, +5, +15, +25, +35 dB).	- Latências mais curtas e amplitudes maiores para o grupo de adultos jovens; - Efeitos da idade ocorreram na latência de P2 em níveis de sinal de 70 e 80 dB quando a RSR foi de 25 dB.	- Efeitos da idade para a latência do componente P2: latência de P2 mais atrasada para o grupo de idosos.
Mccullagh & Shinn, 2013	N1 e P2	Latência e amplitude	Ativa: contar os estímulos de tom de 1000Hz	(1) Silêncio; (2) Com ruído (RSR 0, +10, +20dB)	- As latências de N1 e P2 aumentaram e as amplitudes diminuíram na condição de RSR de 0dB para cada grupo; - As latências absolutas de P2 foram maiores para o grupo de idosos em cada condição de escuta;	- Efeitos da idade para a latência do componente P2: latência de P2 mais atrasada para o grupo de idosos.

					<ul style="list-style-type: none"> - As latências médias de N1 foram semelhantes entre os grupos; - As amplitudes de N1 e P2 foram maiores na condição silenciosa para o grupo de idosos, mas foram semelhantes entre os grupos na condição de RSR 0dB. 	
Bertoli et al., 2005	P1, N1 e P2	Latência e amplitude	Passiva	(1) Silêncio; (2) Com ruído (RSR de 0dB)	<ul style="list-style-type: none"> - Não houve diferença entre os grupos para as latências P1 e N1; - Latência de P2 aumentada para o grupo de idosos na condição silenciosa; - Amplitude de P1 foi menor para os jovens no silêncio; - No ruído a amplitude de N1 aumentou para o grupo de jovens e diminuiu para o grupo de idosos; - Não houve diferença em relação aos grupos para a amplitude da onda P2 no ruído. 	- Não foi observado efeito da idade entre os grupos para as latências e amplitudes dos componentes N1 e P2.
Entre osFaucette & Stuart, 2020	P1, N1 e P2	Latência e amplitude	Passiva	(1) Silêncio; (2) Com ruído contínuo (RSR - 10dB, 0dB, +10dB); (3) Com ruído modulado (RSR - 10dB, 0dB, +10dB). (4) Medição do limiar do RSR com ruído fixo e modulado (BMM)	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da latência e diminuição das amplitudes com a presença do ruído para ambos os grupos; - Latências mais curtas para o grupo mais jovem apenas para o componente P2; - Aumento da amplitude de P1 e N1 para o grupo de idosos; - Maior redução para os idosos da resposta no ruído principalmente em ruído contínuo e relação sinal-ruído menor; - Não houve diferença entre os grupos dos limiares do PEAC entre ruídos contínuos e modulados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Efeitos da idade para a latência do componente P2: latência de P2 mais atrasada para o grupo de idosos; - Efeito da idade para amplitude de P1 e N1: amplitude maior para o grupo de idosos; - Sem efeito de idade para a comparação de ruído contínuo e modulado (BMM).
Kim et al., 2012	N1 e P2	Latência e amplitude	Passiva	(1) Silêncio; (2) Com ruído (RSR variadas +30 a -10dB)	<ul style="list-style-type: none"> - A latência de N1 no ruído foi mais atrasada para o grupo de idosos no ruído de intensidades mais baixas; - Na condição com ruído a latência de P2 aumentou com a diminuição da intensidade para ambos os grupos; - No grupo de idosos as latências foram mais atrasadas nas menores intensidades; 	- Não foi observado efeito da idade entre os grupos para as latências e amplitudes dos componentes N1 e P2.

- Não foram observadas diferenças na amplitude de N1-P2 entre os grupos no ruído.

LEGENDA: * variável não analisada; SSC, ruído de espectro de fala contínuo; 1TM, ruído modulado de 1 falante; 4TB, ruído de balbucio de 4 locutores; RSR, relação sinal-ruído, Est., estímulo; BMM, benefício do mascaramento modulado.

Tabela 5 - Avaliação da qualidade metodológica dos estudos transversais incluídos na revisão sistemática pelo Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale adapted for cross-sectional studies

Estudos (Autores e ano)	Seleção (Máximo: ★★★★★)			Verificação da exposição	Comparabilidade (Máximo: ★★)		Resultado (Máximo: ★★★)		Score (De 10 ★)	Qualidade (<4: baixa; 5-6: moderada; ≥7: alta)
	Representatividade da amostra	Tamanho da amostra	Não respondentes		Comparabilidade de sujeitos. Fatores de confusão controlados	Avaliação do resultado	Teste estatístico			
Duarte et al., 2022	-	-	-	★	★	★★	★	5	Moderada	
Maarmor & Billings, 2017	-	-	-	★	★	★★	★	5	Moderada	
Billings et al., 2015	-	-	-	★	★	★★	★	5	Moderada	
Mccullagh & Shinn, 2013	-	-	-	★	★	★★	★	5	Moderada	
Bertoli et al., 2005	-	-	-	★	★	★★	★	5	Moderada	
Faucette & Stuart, 2020a	-	-	-	★	★	★★	★	5	Moderada	
Kim et al., 2012	-	-	-	★	★	★★	★	5	Moderada	

LEGENDA: -, critério de qualidade não atendido ou informações insuficientes; ★★, critério de qualidade completamente atendido; ★, critério de qualidade atendido

Os estudos mostraram que as respostas do PEAC foram influenciadas pelo ruído de um modo geral para todos os grupos.

Os resultados foram modulados diferencialmente de acordo com o tipo do ruído, a relação sinal-ruído e as idades dos participantes. A maioria dos estudos demonstraram uma influência maior do ruído nas respostas da população mais velha, sugerindo que o efeito da idade se reflete nas repostas eletrofisiológicas no ruído e tem uma função importante na compreensão da fala no ruído.

As implicações desses resultados são importantes para compreensão de como os testes eletrofisiológicos a partir do PEAC podem ser eficientes para os estudos da percepção de fala no ruído da população idosa. Sem dúvidas, o aprofundamento nos estudos sobre eletrofisiologia associada ao ruído é de extrema importância para a reflexão de novas possibilidades referentes ao diagnóstico e tratamento de pacientes idosos que apresentam dificuldades de discriminação de fala no ruído e consequentemente promover alternativas que possibilitem a melhora na qualidade de vida dessa população.

REFERÊNCIAS

- ADVÍNCULA, K. P.; MENESES, D. C.; PACÍFICO, F. A.; COSTA, M. L. *et al.* Efeito da idade no processamento auditivo temporal : benefício da modulação do mascaramento e efeito do pós-mascaramento. *Audiology Communication Research*. 23 2018.
- ANDERSON, S.; KRAUS, N. The Potential Role of the cABR in Assessment and Management of Hearing Impairment. *Int J Otolaryngol*, 2013, p. 604729, 2013.
- B, S. J. Temporal processing and temporal patterning test. *In: F, M. e D, C. G. (Ed.). Handbook of (central) auditory processing disorder: auditory neuroscience and diagnosis*. San Diego: Plural, 2007.
- BENNETT, K. O.; BILLINGS, C. J.; MOLIS, M. R.; LEEK, M. R. Neural encoding and perception of speech signals in informational masking. *Ear Hear*, 33, n. 2, p. 231-238, 2012.
- BERTOLI, S.; SMURZYNSKI, J.; PROBST, R. Effects of age, age-related hearing loss, and contralateral cafeteria noise on the discrimination of small frequency changes: psychoacoustic and electrophysiological measures. *J Assoc Res Otolaryngol*, 6, n. 3, p. 207-222, Sep 2005.
- BILLINGS, C. J.; PENMAN, T. M.; MCMILLAN, G. P.; ELLIS, E. M. Electrophysiology and Perception of Speech in Noise in Older Listeners: Effects of Hearing Impairment and Age. *Ear Hear*, 36, n. 6, p. 710-722, 2015.
- BILLINGS, C. J.; TREMBLAY, K. L.; STECKER, G. C.; TOLIN, W. M. Human evoked cortical activity to signal-to-noise ratio and absolute signal level. *Hear Res*, 254, n. 1-2, p. 15-24, Aug 2009.
- BOËCHAT, E. M.; FIGUEIREDO, S. S. Biomarcadores corticais – Parâmetros da privação e estimulação auditiva. *In: MARCHESAN, I. Q.; JUSTINO, H., et al (Ed.). Tratado de Especialidades em Fonoaudiologia*. 1ª ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2014. p. 854-860.
- CEPONIENE, R.; ALKU, P.; WESTERFIELD, M.; TORKI, M. *et al.* ERPs differentiate syllable and nonphonetic sound processing in children and adults. *Psychophysiology*, 42, n. 4, p. 391-406, Jul 2005.
- DUARTE, D. S. B.; GRIZ, S. M. S.; ROCHA, M. F. B.; BRITTO, D. B. L. A. *et al.* The effect of noise on the amplitude and morphology of cortical auditory evoked potentials. *Braz J Otorhinolaryngol*, 88 Suppl 3, n. Suppl 3, p. S59-S65, 2022.
- DUBNO, J. R.; HORWITZ, A. R.; AHLSTROM, J. B. Recovery from prior stimulation: masking of speech by interrupted noise for younger and older adults with normal hearing. *J Acoust Soc Am*, 113, n. 4 Pt 1, p. 2084-2094, Apr 2003.

FAUCETTE, S. P.; STUART, A. An examination of electrophysiological release from masking in young and older adults. **J Acoust Soc Am**, 148, n. 4, p. 1786, Oct 2020a.

FAUCETTE, S. P.; STUART, A. Effect of presentation level and age on release from masking: Behavioral measures. **J Acoust Soc Am**, 148, n. 3, p. 1510, Sep 2020b.

FESTEN, J. M.; PLOMP, R. Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. **J Acoust Soc Am**, 88, n. 4, p. 1725-1736, Oct 1990.

FILIPPINI, R.; SCHOCHAT, E. A new paradigm for temporal masking assessment: pilot study. **Codas**, 26, n. 4, p. 302-307, 2014.

FOGERTY, D.; BOLOGNA, W. J.; AHLSTROM, J. B.; DUBNO, J. R. Simultaneous and forward masking of vowels and stop consonants: Effects of age, hearing loss, and spectral shaping. **J Acoust Soc Am**, 141, n. 2, p. 1133, Feb 2017.

FRIZZO, A. C. F. Potencial Evocado Auditivo Cortical. *In*: MENEZES, P. L.; SANFINS, M. D., *et al* (Ed.). **Manual de Eletrofisiologia e Electroacústica: um guia para clínicos**. 1ª ed. Ribeirão Preto: Booktoy, 2022. p. 235-250.

FRIZZO, A. C. F.; ADVÍNCULA, K. P. Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência: conceitos e aplicações clínicas. *In*: MENEZES, P. E. A. O. (Ed.). **Tratado de Eletrofisiologia para Audiologia**. 1ª ed. Ribeirão Preto: Booktoy, 2018. p. 139-150.

FURMAN, A. C.; KUJAWA, S. G.; LIBERMAN, M. C. Noise-induced cochlear neuropathy is selective for fibers with low spontaneous rates. **J Neurophysiol**, 110, n. 3, p. 577-586, Aug 2013.

GEHR, S. E.; SOMMERS, M. S. Age differences in backward masking. **J Acoust Soc Am**, 106, n. 5, p. 2793-2799, Nov 1999.

GIFFORD, R. H.; BACON, S. P. Psychophysical estimates of nonlinear cochlear processing in younger and older listeners. **J Acoust Soc Am**, 118, n. 6, p. 3823-3833, Dec 2005.

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. **J Speech Lang Hear Res**, 50, n. 4, p. 857-864, Aug 2007.

GRIZ, S.; ANDRADE, K. C.; MARQUES, M. C.; PINHEIRO, N. S. *et al*. Exame do potencial evocado auditivo de tronco encefálico com estímulo fala: efeito do pós-mascaramento. **Distúrbios da Comunicação**. 31: 522-525 p. 2019.

GROSE, J. H.; MAMO, S. K.; HALL, J. W. Age effects in temporal envelope processing: speech unmasking and auditory steady state responses. **Ear Hear**, 30, n. 5, p. 568-575, Oct 2009.

- GROSE, J. H.; MENEZES, D. C.; PORTER, H. L.; GRIZ, S. Masking Period Patterns and Forward Masking for Speech-Shaped Noise: Age-Related Effects. **Ear Hear**, 37, n. 1, p. 48-54, 2016.
- GUIMARÃES, A. C. F.; SANTOS, J. N.; RABELO, A. T. V.; MAGALHÃES, M. C. A influência do ruído na habilidade auditiva de ordenação temporal para sons verbais. *Revista CEFAC*. 17: 209-215 p. 2015.
- HALL, J. W. **New handbook of auditory evoked responses**. Pearson Education, 2015.
- HAN, J. H.; LEE, J.; LEE, H. J. Noise-Induced Change of Cortical Temporal Processing in Cochlear Implant Users. **Clin Exp Otorhinolaryngol**, 13, n. 3, p. 241-248, Aug 2020.
- HODGE, S. E.; MENEZES, D. C.; BROWN, K. D.; GROSE, J. H. Forward Masking of the Speech-Evoked Auditory Brainstem Response. **Otol Neurotol**, 39, n. 2, p. 150-157, Feb 2018.
- HUMES, L.; CHRISTOPHERSON, L. Speech identification difficulties in hearing-impaired elderly persons: the contribution of auditory processing deficits. **J Speech Hear Res**, 34, n. 3, p. 668-693, 1991.
- JORIS, P. X.; CARNEY, L. H.; SMITH, P. H.; YIN, T. C. Enhancement of neural synchronization in the anteroventral cochlear nucleus. I. Responses to tones at the characteristic frequency. **J Neurophysiol**, 71, n. 3, p. 1022-1036, Mar 1994.
- JØRGENSEN, S.; DAU, T. Predicting speech intelligibility based on the signal-to-noise envelope power ratio after modulation-frequency selective processing. **J Acoust Soc Am**, 130, n. 3, p. 1475-1487, Sep 2011.
- KELLY-BALLWEBER, D.; DOBIE, R. A. Binaural interaction measured behaviorally and electrophysiologically in young and old adults. **Audiology**, 23, n. 2, p. 181-194, 1984.
- KIM, J. R.; AHN, S. Y.; JEONG, S. W.; KIM, L. S. *et al.* Cortical auditory evoked potential in aging: effects of stimulus intensity and noise. **Otol Neurotol**, 33, n. 7, p. 1105-1112, Sep 2012.
- KRIZMAN, J.; KRAUS, N. Analyzing the FFR: A tutorial for decoding the richness of auditory function. **Hear Res**, 382, p. 107779, Oct 2019.
- LEGATT, A. D. **Electrophysiologic auditory tests**. Elsevier, 2015.
- LIBERMAN, L. D.; SUZUKI, J.; LIBERMAN, M. C. Dynamics of cochlear synaptopathy after acoustic overexposure. **J Assoc Res Otolaryngol**, 16, n. 2, p. 205-219, Apr 2015.
- MAAMOR, N.; BILLINGS, C. J. Cortical signal-in-noise coding varies by noise type, signal-to-noise ratio, age, and hearing status. **Neurosci Lett**, 636, p. 258-264, Jan 01 2017.

MAKARY, C. A.; SHIN, J.; KUJAWA, S. G.; LIBERMAN, M. C. *et al.* Age-related primary cochlear neuronal degeneration in human temporal bones. **J Assoc Res Otolaryngol**, 12, n. 6, p. 711-717, Dec 2011.

MAMO, S. K.; GROSE, J. H.; BUSS, E. Speech-evoked ABR: Effects of age and simulated neural temporal jitter. **Hear Res**, 333, p. 201-209, Mar 2016.

MARTIN, B. A.; TREMBLEY, K. L.; STAPPELLS, D. R. Principle and applications of cortical auditory evoked potentials. *In*: BURKARD, R. D. e DON, M., E. (Ed.). **Auditory Evoked Potentials: basic principles and clinical applications**. Baltimore: The Point, 2007. p. 482-507.

MATAS, G. C.; MAGLIARO, F. C. L. Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico. *In*: BOÉCHAT, E. M. (Ed.). **Tratado de Audiologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015. p. 211-223.

MCCULLAGH, J.; SHINN, J. B. Auditory cortical processing in noise in younger and older adults. **Hearing, Balance and Communication**, 11, p. 182-190, 2013.

MELO, A.; BIAGGIO, E. P. V.; RECHIA, I. C.; SLEIFER, P. Potenciais evocados auditivos corticais em neonatos nascidos a termo e pré-termo. **CODAS**. 28: 491-496 p. 2016.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **J Clin Epidemiol**, 62, n. 10, p. 1006-1012, Oct 2009.

MOORE, B. C., J. **An introduction to the psychology of hearing**. San Diego: Academic Press, 1997.

MUNIZ, L.; ROAZZI, A.; SCHOCHAT, E. Avaliação da habilidade de resolução temporal com uso de tom puro, em crianças com e sem desvio fonológico TT. **Revista CEFAC**, 9, n. 4, p. 550-562, 2007.

MUSIEK, F. E.; CHERMAK, G. D. Psychophysical and behavioral peripheral and central auditory tests. **Handb Clin Neurol**, 129, p. 313-332, 2015.

NEVES, V. T.; FEITOSA, M. A. Controvérsias ou complexidade na relação entre processamento temporal auditivo e envelhecimento? : Revista Brasileira de Otorrinolaringologia. 69: 242-249 p. 2003.

NÄÄTÄNEN, R.; PICTON, T. The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and an analysis of the component structure. **Psychophysiology**, 24, n. 4, p. 375-425, Jul 1987.

OLIVEIRA, L. S.; DIDONÉ, D. D.; DURANTE, A. S. Estimativa do limiar de potenciais evocados auditivos corticais automatizados em recém-nascidos. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, 85, n. 2, p. 206-212, 2019.

PEIXE, B. P.; SILVA, D. D. D.; BIAGGIO, E. P. V.; BRUNO, R. S. *et al.* Applicability of Evoked Auditory Brainstem Responses with Complex Stimuli in Adults with Hearing Loss. **Int Arch Otorhinolaryngol**, 22, n. 3, p. 239-244, Jul 2018.

PETERS, A. The effects of normal aging on myelin and nerve fibers: a review. **J Neurocytol**, 31, n. 8-9, p. 581-593, 2002.

PICTON, T. W. **Human Auditory Evoked Potentials**. California: University of California: Plural Publishing, 2010.

PIENKOWSKI, M. On the Etiology of Listening Difficulties in Noise Despite Clinically Normal Audiograms. **Ear Hear**, 38, n. 2, p. 135-148, 2017.

ROSTAMI, S.; MOOSSAVI, A.; AHADI, M.; JALAEI, S. Brainstem Correlates of Comodulation Masking Release for Speech in Normal Hearing Adults. **J Audiol Otol**, 22, n. 3, p. 128-133, Jul 2018.

S, C. A.; A, S. J. Reconhecimento de fala no ruído em jovens e idosos com perda auditiva. **Rev Bras Otorrinolaringol**, 70, n. 4, p. 525-532, 2004.

SAMELLI, A. G.; SCHOCHAT, E. Processamento auditivo, resolução temporal e teste de detecção de gap: revisão de literatura. *Revista CEFAC*. 10: 369-377 p. 2008.

SERGEYENKO, Y.; LALL, K.; LIBERMAN, M. C.; KUJAWA, S. G. Age-related cochlear synaptopathy: an early-onset contributor to auditory functional decline. **J Neurosci**, 33, n. 34, p. 13686-13694, Aug 21 2013.

SHINN, J. B.; MUSIEK, F. E. Temporal processing: The basics. *Hearing Journal*. 56: 52 p. 2003.

SILVA, L. A. F.; MAGLIARO, F. C. L.; CARVALHO, A. C. M.; MATAS, C. G. Maturation of long latency auditory evoked potentials in hearing children: systematic review. **Codas**, 29, n. 3, p. e20160107, May 15 2017.

STELLMACK, M. A.; BYRNE, A. J.; VIEMEISTER, N. F. Extracting binaural information from simultaneous targets and distractors: effects of amplitude modulation and asynchronous envelopes. **J Acoust Soc Am**, 128, n. 3, p. 1235-1244, Sep 2010.

STUART, A.; CARPENTER, M. Unilateral auditory temporal resolution deficit: a case study. **J Commun Disord**, 32, n. 5, p. 317-324; quiz 324-315, 1999.

STUART, A.; PHILLIPS, D. P. Word recognition in continuous and interrupted broadband noise by young normal-hearing, older normal-hearing, and presbycusis listeners. **Ear Hear**, 17, n. 6, p. 478-489, Dec 1996.

TANNER, A. M.; SPITZER, E. R.; HYZY, J. P.; GROSE, J. H. Masking Release for Speech in Modulated Maskers: Electrophysiological and Behavioral Measures. **Ear Hear**, 40, n. 4, p. 1009-1015, 2019.

TREMBLAY, K. L.; BILLINGS, C.; ROHILA, N. Speech evoked cortical potentials: effects of age and stimulus presentation rate. **J Am Acad Audiol**, 15, n. 3, p. 226-237; quiz 264, Mar 2004.

TREMBLAY, K. L.; PISKOSZ, M.; SOUZA, P. Effects of age and age-related hearing loss on the neural representation of speech cues. **Clin Neurophysiol**, 114, n. 7, p. 1332-1343, Jul 2003.

TREMBLAY, K. L.; ROSS, B.; INOUE, K.; MCCLANNAHAN, K. *et al.* Is the auditory evoked P2 response a biomarker of learning? **Front Syst Neurosci**, 8, p. 28, 2014.

VERSFELD, N. J.; DRESCHLER, W. A. The relationship between the intelligibility of time-compressed speech and speech in noise in young and elderly listeners. **J Acoust Soc Am**, 111, n. 1 Pt 1, p. 401-408, Jan 2002.

WALTON, J.; ORLANDO, M.; BURKARD, R. Auditory brainstem response forward-masking recovery functions in older humans with normal hearing. **Hear Res**, 127, n. 1-2, p. 86-94, Jan 1999.

WANG, M.; WU, X.; LI, L.; SCHNEIDER, B. A. The effects of age and interaural delay on detecting a change in interaural correlation: The role of temporal jitter. **Hear Res**, 275, n. 1-2, p. 139-149, May 2011.

WELLS, G. E. A. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. *Visual Communication Quarterly*. 13: 110-115 p. 2006.

WILLOTT, J. F. **Ageing and the auditory system: Anatomy, physiology and psychophysics**. San Diego, CA: Singular Pub Group, 1991.

WOODS, D. L.; CLAYWORTH, C. C. Age-related changes in human middle latency auditory evoked potentials. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol**, 65, n. 4, p. 297-303, Jul 1986.

APÊNDICE A – ESTRATÉGIA COMPLETA DE BUSCA

Base de dados	Estratégia de busca	Data de busca	Nº de referências recuperadas
MEDLINE/PubMed	(Cortical auditory evoked potential) OR (Auditory evoked potential) OR (Evoked potential, auditory) OR (Potentials, auditory evoked) OR (Auditory evoked response) OR (Auditory evoked responses) OR (Evoked response, auditory) OR (Evoked responses, auditory) OR (Auditory evoked potentials) OR (Evoked auditory cortical) OR (Auditory cortical processing) OR (P1-N1-P2) OR (CAEP) OR (P1) OR (N2) OR (P2) AND (Noise) OR (Masking) OR (Forward-masking) OR (signal-to-noise) OR (signal-in-noise) OR (Speech-in-noise) OR (Speech-perception-in-noise) AND (Elderly) OR (senile) OR (Age-related) OR (Aged) OR (Aging) OR (Ageing Effect) OR (Ageing) OR (older) OR (50 years) OR (60 years) OR (65 years) OR (70 years)	17/06/2022	1733
SCOPUS	(Cortical auditory evoked potential) OR (Auditory evoked potential) OR (Evoked potential, auditory) OR (Potentials, auditory evoked) OR (Auditory evoked response) OR (Auditory evoked responses) OR (Evoked response, auditory) OR (Evoked responses, auditory) OR (Auditory evoked potentials) OR (Evoked auditory cortical) OR (Auditory cortical processing) OR (P1-N1-P2) OR (CAEP) OR (P1) OR (N2) OR (P2) AND (Noise) OR (Masking) OR (Forward-masking) OR (signal-to-noise) OR (signal-in-noise) OR (Speech-in-noise) OR (Speech-perception-in-noise) AND (Elderly) OR (senile) OR (Age-related) OR (Aged) OR (Aging) OR (Ageing Effect) OR (Ageing) OR (older) OR (50 years) OR (60 years) OR (65 years) OR (70 years)	20/06/2022	1590
Cochrane	(Cortical auditory evoked potential) OR (Auditory evoked potential) OR (Evoked potential, auditory) OR (Potentials, auditory evoked) OR (Auditory evoked response) OR (Auditory evoked responses) OR (Evoked response, auditory) OR (Evoked responses, auditory) OR (Auditory evoked potentials) OR (Evoked auditory cortical) OR (Auditory cortical processing) OR (P1-N1-P2) OR (CAEP) OR (P1) OR (N2) OR (P2) AND (Noise) OR (Masking) OR (Forward-masking) OR (signal-to-noise) OR (signal-in-noise) OR (Speech-in-noise) OR (Speech-perception-in-noise)	22/06/2022	74
Embase	(Cortical auditory evoked potential) OR (Auditory evoked potential) OR (Evoked potential, auditory) OR (Potentials, auditory evoked) OR (Auditory evoked response) OR (Auditory evoked responses) OR (Evoked response, auditory) OR (Evoked responses, auditory) OR (Auditory evoked potentials) OR (Evoked auditory cortical) OR (Auditory cortical processing) OR (P1-N1-P2) OR (CAEP) OR (P1) OR (N2) OR (P2) AND (Noise) OR (Masking) OR (Forward-masking) OR (signal-to-noise) OR (signal-in-noise) OR (Speech-in-noise) OR (Speech-perception-in-noise) AND (Elderly) OR (senile) OR (Age-related) OR (Aged) OR (Aging) OR (Ageing Effect) OR (Ageing) OR (older) OR (50 years) OR (60 years) OR (65 years) OR (70 years)	26/06/2022	1088
Cinahl	(Cortical auditory evoked potential) OR (Auditory evoked potential) OR (Evoked potential, auditory) OR (Potentials, auditory evoked) OR (Auditory evoked response) OR (Auditory evoked responses) OR (Evoked response, auditory) OR (Evoked responses, auditory) OR (Auditory evoked potentials) OR (Evoked auditory cortical) OR (Auditory cortical processing) OR (P1-N1-P2) OR (CAEP) OR (P1) OR (N2) OR (P2) AND (Noise) OR (Masking) OR (Forward-masking) OR (signal-to-noise) OR (signal-in-noise) OR (Speech-in-noise) OR (Speech-perception-in-noise) AND (Elderly) OR (senile) OR (Age-related) OR (Aged) OR (Aging) OR (Ageing Effect) OR (Ageing) OR (older) OR (50 years) OR (60 years) OR (65 years) OR (70 years)	26/06/2022	1089

LILACS	(Cortical auditory evoked potential) OR (Auditory evoked potential) OR (Evoked potential, auditory) OR (Potentials, auditory evoked) OR (Auditory evoked response) OR (Auditory evoked responses) OR (Evoked response, auditory) OR (Evoked responses, auditory) OR (Auditory evoked potentials) OR (Evoked auditory cortical) OR (Auditory cortical processing) OR (P1-N1-P2) OR (CAEP) OR (P1) OR (N2) OR (P2) AND (Noise) OR (Masking) OR (Forward-masking) OR (signal-to-noise) OR (signal-in-noise) OR (Speech-in-noise) OR (Speech-perception-in-noise)	26/06/2022	30
Web of Science	(Cortical auditory evoked potential) OR (Auditory evoked potential) OR (Evoked potential, auditory) OR (Potentials, auditory evoked) OR (Auditory evoked response) OR (Auditory evoked responses) OR (Evoked response, auditory) OR (Evoked responses, auditory) OR (Auditory evoked potentials) OR (Evoked auditory cortical) OR (Auditory cortical processing) OR (P1-N1-P2) OR (CAEP) OR (P1) OR (N2) OR (P2) AND (Noise) OR (Masking) OR (Forward-masking) OR (signal-to-noise) OR (signal-in-noise) OR (Speech-in-noise) OR (Speech-perception-in-noise) AND (Elderly) OR (senile) OR (Age-related) OR (Aged) OR (Aging) OR (Ageing Effect) OR (Ageing) OR (older) OR (50 years) OR (60 years) OR (65 years) OR (70 years)	26/06/2022	1012
RESERCHGATE	("Cortical auditory evoked potential" OR "Auditory evoked potential" OR "Potentials auditory evoked" OR "Auditory evoked response" OR "Evoked response auditory" OR "Auditory evoked potentials" OR "Evoked auditory cortical" OR "Auditory cortical processing") AND ("Noise" OR "Masking" OR "Forward-masking" OR "signal-to-noise" OR "signal-in-noise" OR "Speech-in-noise" OR "Speech-perception-in-noise")	26/06/2022	100
BDTD	("Cortical auditory evoked potential" OR "Auditory evoked potential" OR "Potentials auditory evoked" OR "Auditory evoked response" OR "Evoked response auditory" OR "Auditory evoked potentials" OR "Evoked auditory cortical" OR "Auditory cortical processing") AND ("Noise" OR "Masking" OR "Forward-masking" OR "signal-to-noise" OR "signal-in-noise" OR "Speech-in-noise" OR "Speech-perception-in-noise")	26/06/2022	29

ANEXO A – NORMAS DA REVISTA CODAS



Instruções aos autores

Tipos de artigos

B. Artigo de revisão

- **Revisão sistemática com ou sem meta-análises:**

Artigos destinados a responder uma pergunta de pesquisa e analisar criticamente todas as evidências científicas a respeito dessa questão de pesquisa. Resultam de uma pesquisa metodológica com o objetivo de identificar, coletar e analisar, com estratégia adequada de busca para esse tipo de estudo, as pesquisas que testaram uma mesma hipótese, e reúnem os mesmos dados, dispõem estes dados em gráficos, quadros e/ou tabelas e interpretam as evidências. As revisões sistemáticas de literatura devem descrever detalhadamente o método de levantamento dos dados, justificar a escolha das bases de dados consultadas e indicar a relevância do tema e a contribuição para a Ciência. Os resultados numéricos dos estudos incluídos na revisão podem, em muitas circunstâncias, ser analisados estatisticamente por meio de meta-análise. Os artigos com meta-análise devem respeitar rigorosamente as normas indicadas para essa técnica. Revisões sistemáticas e meta-análises devem seguir a estrutura: resumo e descritores, *abstract keywords*, introdução, objetivos, estratégia de pesquisa, critérios de seleção, análise dos dados, resultados, conclusão e referências. Todos os trabalhos selecionados para a revisão sistemática devem ser listados nas referências. O arquivo não deve conter mais do que 30 páginas. Sugere-se que a escrita científica deste tipo de estudo siga o checklist PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, de forma a incluir também o fluxograma recomendado.

Para mais informações, acesse o Editorial Convidado: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20152275>.

Texto temático de responsabilidade dos editores ou de pesquisadores convidados (até 2.000 palavras).

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 Research and Contributor ID](#)) associado aos seus respectivos cadastros no sistema ScholarOne.