

Potencial evocado auditivo de longa latência-verbal e ganho cortical em indivíduos com zumbido

Long-latency auditory evoked potentials-verbal and cortical gain in patients with tinnitus

Potencial evocado auditivo verbal de latencia larga y ganancia cortical en individuos con tinnitus

Héllinton Goulart Moreira¹ 

Fabiana Cristina Toillier¹ 

Larissa Coradini¹ 

Bruna Ribas Maia¹ 

Rubens Jonatha dos Santos Ferreira² 

Michele Vargas Garcia¹ 

Resumo

Objetivo: Analisar se a presença do zumbido pode alterar as amplitudes e a relação das ondas P2/P1 no Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL) cortical com estímulo verbal em adultos jovens. **Metodologia:** estudo observacional de corte transversal analítico, com amostra de conveniência composta por pacientes escolarizados, destros, sem perda auditiva e sem queixas auditivas além do zumbido. Foram excluídos pacientes em tratamento farmacológico para o zumbido ou com quadros que pudessem comprometer a pesquisa. Participaram 20 indivíduos divididos em dois grupos: grupo estudo (GE) [7 mulheres/ 5 homens de 19-35 anos (média= 24 anos), foram avaliadas 11 orelhas direita e 12 orelhas esquerdas; 11 casos de zumbido bilateral e 1 caso de zumbido unilateral na OE]; grupo controle

¹ Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

² Universidade de São Paulo, SP, Brasil.

Contribuição dos autores:

HGM: concepção do estudo; metodologia; coleta de dados e esboço do artigo.

LC; BRM; JHZ: coleta de dados; esboço do artigo.

VCM; RJSF: revisão crítica.

MVG: orientação.

E-mail para correspondência: rubensjonatha@gmail.com

Recebido: 06/02/2025

Aprovado: 27/05/2025



(GC) [5 mulheres/ 3 homens de 19-35 anos (média= 25 anos); foram avaliadas 8 orelhas direitas e 8 orelhas esquerdas. Todos os indivíduos submeteram-se a avaliações: audiológica básica, processamento auditivo central, neuropsicológica, emissões otoacústicas transientes, potencial evocado auditivo de tronco encefálico e, como procedimento de pesquisa, o PEALL. A análise dos dados foi realizada por meio do teste U de Mann-Whitney, adotando p-valor $\leq 0,05$. **Resultados:** Foram observadas diferenças estatisticamente significantes somente para componente P2 na orelha esquerda, com valores médios de 4,42 para o grupo controle e 6,39 para o grupo estudo (p-valor= 0,017). **Conclusão:** A presença do zumbido em adultos jovens com audiometria normal esteve associada a maior amplitude do componente P2 no PEALL com estímulo verbal, especificamente na orelha esquerda. Contudo, não foram observadas alterações significativas na relação P2/P1 entre os grupos.

Palavras-chave: Zumbido; Potenciais Evocados Auditivos; Adulto; Sistema Nervoso Central; Córtex auditivo.

Abstract

Objective: To analyze whether the presence of tinnitus can alter the amplitudes and the P2/P1 wave ratio in the cortical Long-Latency Auditory Evoked Potential (LLAEP) with verbal stimulus in young adults. **Methodology:** Observational, analytical, cross-sectional study with a convenience sample consisting of educated, right-handed patients without hearing loss and without auditory complaints other than tinnitus. Patients undergoing pharmacological treatment for tinnitus or presenting conditions that could compromise the research were excluded. Twenty individuals participated, divided into two groups: study group (SG) [7 women/5 men aged 19–35 years (mean = 24 years); 11 right ears and 12 left ears were evaluated; 11 cases of bilateral tinnitus and 1 case of unilateral tinnitus in the left ear]; control group (CG) [5 women/3 men aged 19–35 years (mean = 25 years); 8 right ears and 8 left ears were evaluated]. All participants underwent basic audiological assessment, central auditory processing evaluation, neuropsychological assessment, transient otoacoustic emissions, brainstem auditory evoked potential, and the LLAEP as the research procedure. Data analysis was performed using the Mann-Whitney U test, adopting a significance level of $p \leq 0.05$. **Results:** Statistically significant differences were observed only for the P2 component in the left ear, with mean values of 4.42 for the control group and 6.39 for the study group ($p = 0.017$). **Conclusion:** The presence of tinnitus in young adults with normal audiometry was associated with higher amplitude of the P2 component in the LLAEP with verbal stimulus, specifically in the left ear. However, no significant changes were observed in the P2/P1 ratio between the groups.

Keywords: Tinnitus; Auditory Evoked Potentials; Adult; Central Nervous System; Auditory Cortex.

Resumen

Objetivo: Analizar si la presencia de acúfeno puede alterar las amplitudes y la relación de las ondas P2/P1 en el Potencial Evocado Auditivo de Larga Latencia (PEALL) cortical con estímulo verbal en adultos jóvenes. **Metodología:** Estudio observacional, analítico y transversal, con una muestra por conveniencia compuesta por pacientes escolarizados, diestros, sin pérdida auditiva y sin quejas auditivas además del acúfeno. Se excluyeron los pacientes que estaban en tratamiento farmacológico para el acúfeno o que presentaban condiciones que pudieran comprometer la investigación. Participaron 20 individuos, divididos en dos grupos: grupo de estudio (GE) [7 mujeres/5 hombres de 19 a 35 años (media = 24 años); se evaluaron 11 oídos derechos y 12 oídos izquierdos; 11 casos de acúfeno bilateral y 1 caso de acúfeno unilateral en el oído izquierdo]; grupo control (GC) [5 mujeres/3 hombres de 19 a 35 años (media = 25 años); se evaluaron 8 oídos derechos y 8 oídos izquierdos]. Todos los participantes se sometieron a evaluaciones audiológicas básicas, evaluación del procesamiento auditivo central, evaluación neuropsicológica, emisiones otoacústicas transitorias, potencial evocado auditivo de tronco encefálico y el PEALL como procedimiento de investigación. El análisis de los datos se realizó mediante la prueba U de Mann-Whitney, adoptando un valor de $p \leq 0,05$. **Resultados:** Se observaron diferencias estadísticamente significativas únicamente para el componente P2 en el oído izquierdo, con valores medios de 4,42 para el grupo control y 6,39 para el grupo de estudio ($p = 0,017$). **Conclusión:** La presencia de



acúfeno en adultos jóvenes con audiometría normal se asoció con una mayor amplitud del componente P2 en el PEALL con estímulo verbal, específicamente en el oído izquierdo. Sin embargo, no se observaron cambios significativos en la relación P2/P1 entre los grupos.

Palabras clave: Zumbido; Potenciales evocados auditivos; Adulto; Sistema nervioso central; Corteza auditiva.

Introdução

Diversas são as teorias que buscam compreender os mecanismos neurofisiológicos relacionados à percepção do zumbido¹. Atualmente, sabe-se que 90% dos casos encontram-se relacionados à redução do *input* auditivo². No entanto, há indivíduos portadores do sintoma que não apresentam anormalidades na avaliação audiológica convencional³. Desse modo, pesquisas recentes objetivaram mensurar as modificações a nível de Sistema Nervoso Auditivo Central (SNAC) advindas da percepção do sintoma^{1,3,4}.

Dentre as teorias relacionadas à percepção, destaca-se o modelo do ganho central, que é a mais aceita para a explicação da fisiopatologia do zumbido⁴. Esta teoria centra-se nos mecanismos de desaferentação neural e sugere que pequenas mudanças na entrada da via auditiva ocasionam múltiplas alterações difusas em diversas áreas cerebrais, gerando uma hiperatividade tálamo-cortical e no córtex auditivo primário e secundário, assim como um aumento da sincronia neural⁵. Nesse sentido, ocorre uma reorganização neuroplástica da via auditiva, de modo que a sua responsividade neural aumenta para compensar as reduções e, consequentemente, propicia a percepção e/ou manutenção do sintoma. Outros autores também apontaram a disritmia tálamo-cortical como principal causa fisiopatológica do zumbido⁶, corroborando com a teoria do ganho central.

Para investigar os mecanismos subjacentes do zumbido relacionando-o à neuroplasticidade, pesquisadores³ utilizam os Potenciais Evocados Auditivos (PEA). Trata-se de medidas neuroelétricas da via auditiva, eliciadas por estímulos acústicos e registradas por meio de eletrodos de superfície^{3,7}. Desse modo, por meio dessas medidas, torna-se possível observar o recrutamento neural, bem como compreender as mudanças ocasionadas a nível de SNAC. Também, através dos PEA, é possível visualizar a ativação de estruturas a nível de SNAC reagentes e envolvidas na fisiopatologia do sintoma, justificando a relevância desta avaliação.

Pesquisas fizeram o uso do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com estímulo clique (PEATE-clique) para mensurar o ganho central, concluindo que o exame é promissor para esta análise por demonstrar o aumento da responsividade neural, ou seja, as estruturas do tronco encefálico e suas mudanças neurobiológicas⁷. Uma pesquisa sugere que a relação entre as amplitudes das ondas no PEATE pode ser usada como uma métrica confiável de identificar objetivamente o zumbido e como um biomarcador de alterações na plasticidade central resultante de diferentes tratamentos⁸.

Ainda, sabe-se que o Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL) exerce um papel importante na análise de pacientes com zumbido, mas pouco se conhece sobre a responsividade neural nesta região^{3,9}. Assim, questionou-se se o PEALL também seria um instrumento de diagnóstico importante, a nível cortical. O PEALL é utilizado na clínica fonoaudiológica como uma ferramenta que busca fornecer informações sobre o funcionamento das estruturas corticais, que indicam a chegada de informações acústicas ao córtex auditivo e o início do processamento auditivo cortical, por meio dos picos P1, N1, P2, N2 e P300¹⁰. Tendo em vista que o zumbido pode ocasionar uma alteração na região tálamo-cortical e do córtex auditivo primário/secundário e estas regiões são ativadas, respectivamente, nas ondas P1 e P2 do PEALL¹¹, é possível justificar a presente pesquisa, tendo em vista a importância de tais estruturas e a necessidade de compreensão do funcionamento delas, podendo esta ser uma nova análise empregada na clínica.

Além disso, neste estudo, foi utilizado o estímulo verbal no PEALL devido ao zumbido ocasionar mudanças de percepção de fala. Também é evidente que o estímulo verbal proporciona um maior recrutamento neural. Desse modo, estudar o potencial com o estímulo de fala parece mais relevante nessa população¹².

Os registros do potencial evocado auditivo cortical/endógeno (PEAC) são relativamente baratos, não invasivos e é uma técnica clinicamente viável

para coletar informações objetivas sobre alterações inibitórias e/ou excitatórias no SNAC e, portanto, a natureza do sintoma zumbido. A hipótese do estudo centra-se em que presença do zumbido em adultos jovens está associada a alterações significativas nas amplitudes das ondas no PEALL cortical, já que pode ocorrer uma desorganização difusa em múltiplas áreas cerebrais, especialmente nas regiões tálamo-cortical e córtex auditivo primário e secundário, e, conseqüentemente, mudanças de responsividade neural.

Portanto, o objetivo da pesquisa é analisar se a presença do zumbido pode alterar as amplitudes e a relação das ondas P2/P1 no PEALL cortical com estímulo verbal em adultos jovens.

Método

Trata-se de um estudo observacional de corte transversal analítico, realizado de acordo com a Resolução nº 466/12 e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, sob o protocolo de número 57700721.0.0000.5346. Os participantes foram instruídos sobre os procedimentos a serem realizados e no caso de aceite, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, autorizando a sua participação voluntária nesta pesquisa. O presente estudo foi nortado pela ferramenta *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE).

Foram critérios de inclusão para ambos os grupos: os indivíduos deveriam ser escolarizados (no mínimo 12 anos de estudo), destros, falantes do português brasileiro, com limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade (até 19 dBNA em todas as frequências convencionalmente avaliadas- 250 a 8000 Hz)¹³, mobilidade normal do sistema tímpano-ossicular, presença em níveis normais dos reflexos acústicos estapedianos contralaterais, sem queixas autopercebidas, normalidade nas habilidades auditivas e cognitivas avaliadas e integridade no funcionamento coclear e a nível de tronco encefálico.

Para o grupo estudo foi incluído mais um critério: a presença de zumbido unilateral ou bilateral, com no mínimo, três meses de percepção do sintoma e nota na Escala Visual Analógica (EVA) superior a 4.

Foram critérios de exclusão para ambos os grupos: os participantes não poderiam realizar tratamento farmacológico para o zumbido, ter ex-

posição ao ruído, queixas de tontura, percepção de zumbido objetivo ou com indícios de componente vascular (do tipo pulsátil), ter comprometimento neurológico, psiquiátrico ou cognitivo evidente/diagnosticado ou indivíduos com infecção por Sars-Cov-19.

A amostra e o número de participantes foram definidos por conveniência. Tais participantes buscaram atendimento no ambulatório de audiologia de uma clínica escola, no período de julho de 2021 a maio de 2022.

No total, foram atendidos 77 indivíduos, sendo que 57 foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão. Assim, foram incluídos 20 adultos jovens de ambos os sexos, pareados quanto à idade e escolaridade, que foram divididos em dois grupos:

- **Grupo estudo (GE):** composto por 7 mulheres e 5 homens com idade entre 19-35 anos (média= 24 anos± 2,08). Assim, foram avaliadas 11 orelhas direitas (OD) e 12 orelhas esquerdas (OE). Desses, 11 casos apresentaram zumbido bilateral e 1 caso zumbido unilateral na orelha esquerda.
- **Grupo Controle (GC):** constituído por 5 mulheres e 3 homens, com idades entre 19-35 anos (média= 25 anos±4,08). Nesse sentido, foram avaliadas 8 orelhas direitas e 8 orelhas esquerdas.

Todos os participantes foram submetidos a uma anamnese semi-estruturada, Audiometria Tonal Liminar - 250 a 8000 Hz¹³, Logaudiometria¹³ e Medidas de Imitação Acústica (timpanometria, seguindo a classificação de Jerger, Jerger e Mauldin¹³, e os reflexos acústicos estapedianos de modo contralateral, referenciado por Jerger e Jerger¹³), avaliação neuropsicológica, avaliação comportamental das habilidades auditivas do processamento auditivo central, Emissões Otoacústicas Transientes (EOATs), PEATE e como procedimento de pesquisa o PEALL. Para os pacientes com zumbido, foi aplicada a EVA.

Os procedimentos foram realizados em dois dias, com duração de aproximadamente duas horas cada. No primeiro momento, foi realizado o diagnóstico audiológico, a avaliação cognitiva e a avaliação comportamental das habilidades auditivas do processamento auditivo central. No segundo momento (uma semana após o primeiro encontro), foram realizados os procedimentos eletroacústicos e eletrofisiológicos: PEATE-clique, EOATs e PEALL-verbal.

Compondo a avaliação do Processamento Auditivo Central, a avaliação neuropsicológica foi realizada com o Instrumento de Avaliação Neuropsicológica Breve-NEUPSILIN. O instrumento é validado para indivíduos com idade de 12 a 90 anos. Tal procedimento é constituído por 32 subtestes, que avaliam nove funções cognitivas, sendo elas: Orientação Têmporo-espacial, Atenção, Percepção, Memória, Habilidades Aritméticas, Linguagem Oral e Escrita, Praxias e Funções Executivas. Tem por objetivo fornecer um perfil neuropsicológico breve, quantitativo e qualitativo, por meio da identificação de preservação ou prejuízo das habilidades neuropsicológicas. Para o presente estudo, tendo em consideração a influência dos aspectos atencionais e de memória na resposta do PEALL-verbal, foram analisadas apenas as subtarefas de atenção e memória. Utilizaram-se como critérios de normalidade os já propostos para a média da idade e escolaridade da população estudada¹⁴.

A avaliação comportamental das habilidades auditivas do Processamento Auditivo Central foi realizada em uma cabine tratada acusticamente, utilizando fones de ouvido supra-aurais (*Telephonics* TDH39), audiômetro de dois canais (*Interacoustics* AD629B), conectado a um notebook. Foram selecionados os seguintes testes: Teste de Padrão de Frequência-Auditec (TPF), *Masking Level Difference* (MLD)¹⁵, Teste Dicótico de Dígitos (TDD), Teste de Fala com Ruído (FR) (ipsilateral com ruído competitivo a uma relação sinal/ruído (S/N) de +5 dBNA¹⁶) e o *Gap In Noise* (GIN) (monoaural- aplicado à faixa 1, em ambas as orelhas)¹⁷. As avaliações foram selecionadas com o objetivo de atender à bateria de testes mínimos sugeridos, de acordo com as recomendações da Academia Brasileira de Audiologia¹⁸. Em ambos os grupos, os indivíduos precisavam apresentar normalidade na bateria de testes selecionados, em decorrência da influência do Processamento Auditivo Central no PEALL.

Os procedimentos eletroacústicos (EOATs) e eletrofisiológico (PEATE-clique) foram realizados no equipamento da marca *Intelligent Hearing Systems* (IHS). Para registrar os potenciais, os participantes foram posicionados em uma cadeira confortável e instruídos de acordo com cada teste. Para a realização das EOAT, foi utilizado o estímulo clique não-linear e a resposta analisada em uma janela de 20 ms, a uma intensidade de 80 dB Nível de Pressão Sonora (NPS). Foram aceitos até 15%

de artefatos. Considerou-se como normalidade do funcionamento coclear a presença de resposta em 3 das 5 frequências avaliadas - 1, 1,5, 2, 3 e 4 kHz - a uma relação sinal/ruído > 3 dB¹⁹.

Antes de iniciar os procedimentos eletrofisiológicos, realizou-se a higienização da pele dos participantes nos locais em que os eletrodos foram posicionados, utilizando uma pasta abrasiva. Logo após, os eletrodos descartáveis foram fixados nos pontos específicos para cada potencial. A impedância dos eletrodos foi mantida em valores inferiores a 3 Kiloohm(kΩ) e a impedância do intereletrodo menor que 2 kΩ. O transdutor utilizado foi o ER-3A para ambos os potenciais.

O PEATE foi realizado com o intuito de constatar a integridade da via auditiva a nível de tronco encefálico. Para o exame, os eletrodos foram posicionados em Fpz, Fz, A1 e A2. Utilizou-se o estímulo clique de 100 ms, em polaridade rarefeita e intensidade de 80 dBNA. No total, foram apresentados 2.048 estímulos, com velocidade de 27.7/segundo, ganho de 100.0 K e filtro passa banda de 100-3.000 Hz, em uma janela de registro de 12 ms. Foi considerada como normalidade na sincronia da via auditiva quando os valores de latência das ondas I, III e V, seus intervalos interpicos I-III, III-V e I-V, diferença interaural da onda V e relação das ondas V/I apresentaram valores dentro dos padrões de referência. Os parâmetros do exame e o padrão de normalidade utilizados foram os sugeridos por Webster²⁰, utilizando dois desvios padrão. Durante a realização deste procedimento, o indivíduo permaneceu relaxado e de olhos fechados.

Para comparação entre os dois grupos, foi realizado o PEALL-verbal. O exame eletrofisiológico foi realizado com o objetivo de obter informações sobre o funcionamento neural do SNAC e para mensurar o possível ganho cortical, por meio da análise das amplitudes (em *microvolts*) e da relação das ondas P2/P1.

Para o registro, foi utilizado o equipamento e a impedância já citados nos procedimentos eletrofisiológicos para composição amostral. Os eletrodos foram posicionados nos pontos Fpz, A1, A2 e Cz. Foram aplicados 150 estímulos verbais (*sweeps*), em uma intensidade de 80 dBNHL, compostos pela sílaba /ba/, que representou o estímulo frequente (80% das vezes- 120 estímulos), e pela sílaba /di/, que representou o estímulo raro (20% das vezes- 30 estímulos), no paradigma *oddball* tradicional. A velocidade do estímulo foi de 1.1/sec, com filtro

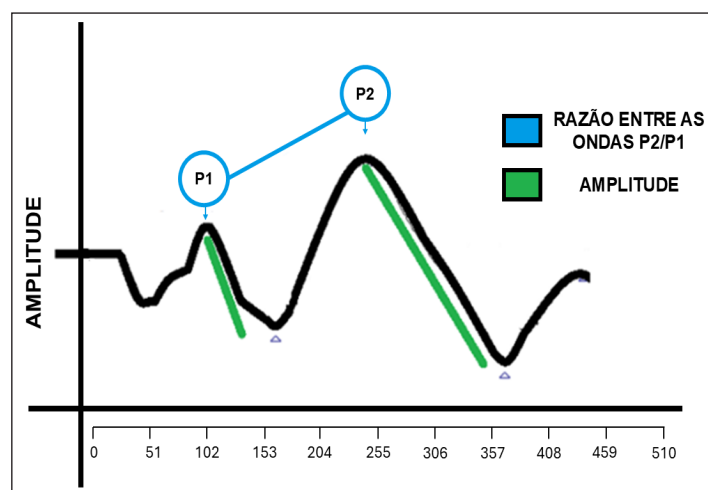
de 1-30 Hz, ganho de 100 K e em uma janela de tempo de 510 ms²¹.

As orelhas foram pesquisadas de modo binaural, separadamente, e a partir da estimulação foram geradas duas ondas: uma onda frequente e outra onda rara. A marcação dos componentes P1 e P2 foi realizada apenas no traçado frequente. Foi selecionado o traçado frequente para a marcação, devido a sua representação neural dos componentes eliciados P1-N1-P2, tendo em vista que este demonstra os potenciais corticais relacionados à chegada do estímulo em córtex auditivo, e o traçado raro demonstra o P300, contribuindo para mensuração da atenção, discriminação, reconhecimento

e memorização²². No entanto, para a marcação considerou-se a replicabilidade nos dois traçados, ou seja, a comparação entre morfologia dos dois (frequente e raro) para observar a ausência ou presença de ondas.

Para este estudo, a marcação da amplitude dos componentes foi realizada do pico da onda até o vale seguinte. Os indivíduos mantiveram-se em estado de alerta e prestaram atenção nos estímulos “raros”, bem como realizaram a contagem desses estímulos percebidos mentalmente²¹.

Abaixo, tem-se a Figura 1, que demonstra a marcação dos componentes para análise.



Legenda: P2/P1: razão entre as ondas. Fonte: adaptado de Bruno et al.²¹

Figura 1. Representação gráfica da marcação da amplitude e relação das ondas

Os valores de referência utilizados para marcação dos componentes foram os propostos por Bruno et al.²¹, utilizando dois desvios-padrão. A marcação dos resultados foi realizada por dois juízes com experiência em eletrofisiologia da audição, e os resultados foram considerados válidos somente na concordância entre as marcações.

Os dados foram analisados no *Software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 21.0 para *Windows*. Posteriormente à coleta, os dados foram inseridos em uma planilha do *Excel* para análise estatística. A normalidade das variáveis foi analisada utilizando o teste de *Shapiro-Wilk*. Posteriormente, foi utilizado um teste U de *Mann-Whitney* para verificar a homogeneidade

dos dados, bem como para comparar as amplitudes das ondas P1 e P2 e as relações das ondas P2/P1 para a análise e comparação das orelhas com e sem zumbido. Para critérios de comparação e diferenças estatísticas entre os grupos, foram adotados valores de 5%, ou seja, $p < 0,05$.

Resultados

Na Tabela 1, pode-se observar os valores de amplitude para os componentes do PEALL por orelha. A amplitude média do componente P2 na orelha esquerda foi 4,42 no GE e 6,39 no GC com diferença estatisticamente significativa na comparação entre grupos ($p = 0,017$).

Tabela 1. Análise da amplitude dos componentes P1 e P2 do PEALL-verbal, por orelha

COMPONENTE	GRUPO	N	MÉDIA	DP	P-VALOR
OD P1	GC	8	4,13	1,82	0,741
	GE	11	4,15	2,31	
OD P2	GC	8	4,62	1,78	0,364
	GE	11	5,93	3,38	
OE P1	GC	8	3,83	1,93	0,709
	GE	12	4,36	1,48	
OE P2	GC	8	4,42	1,47	0,017*
	GE	12	6,39	2,90	

Legenda: OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; GC: Grupo controle; GE: Grupo estudo; N= número de orelhas; DP=desvio-padrão; * diferença estatisticamente significativa. Fonte: autores do estudo.

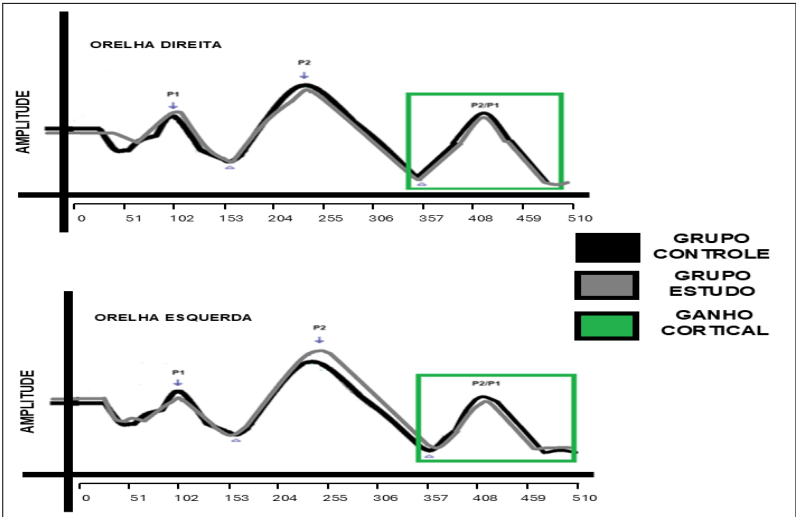
Na Tabela 2, pode-se observar os valores entre as razões das ondas P2 e P1, sem diferenças estatisticamente significantes para orelha direita ($p=0,804$) e orelha esquerda ($p=0,119$).

Tabela 2. Análise da amplitude dos componentes P1 e P2 do PEALL-verbal, por orelha

COMPONENTE	GRUPO	N	MÉDIA	DP	P-VALOR
OD P2/P1	GC	8	2,09	2,00	0,804
	GE	11	1,78	1,32	
OE P2/P1	GC	8	1,56	1,13	0,119
	GE	12	1,17	1,35	

Legenda: OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; GC: Grupo controle; GE: Grupo estudo; N= número de orelhas; P2/P1: razão entre as ondas; DP=desvio-padrão. Fonte: autores do estudo.

Na Figura 2, torna-se possível observar a representação gráfica da média para a amplitude e relação das ondas dos componentes do PEALL comparando o GC e GE, com amplitudes maiores do componente P2 em indivíduos com percepção do zumbido na orelha esquerda.



Legenda: GC: grupo controle; GE: grupo estudo; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; P2/P1: razão entre as ondas; DP=desvio-padrão. Fonte: autores do estudo.

Figura 2. Representação gráfica da grande média da amplitude dos componentes P1 e P2 do PEALL e relação das ondas P2/P1

Discussão

A presente pesquisa está em consonância com a clínica do zumbido e a literatura especializada, tendo em vista que atualmente citam-se²³ diferentes perspectivas e parâmetros relacionados à avaliação do PEALL, principalmente, mensurando a latência e a presença ou ausência dos componentes desse potencial. Desse modo, mensurar a amplitude das ondas e o ganho cortical nas regiões corticais/endógenas, torna-se de suma importância para a compreensão dos mecanismos neuroplásticos, uma vez que tal análise ainda é pouco estudada.

Também, os estudos recentes que objetivam mensurar as mudanças neuroplásticas da via auditiva central, principalmente, em regiões corticais auditivas, normalmente apresentam populações não-homogêneas ou com outras variáveis associadas, sejam elas relacionadas à longevidade, patologias ou transtornos da percepção dos sons^{24,25}. Logo, o presente estudo objetivou empregar um grande rigor metodológico, a fim de excluir outras variáveis (cognição, atenção, processamento auditivo central e acuidade auditiva) que poderiam interferir nos achados do exame, e assim, observar especificamente a influência do sintoma zumbido na região cortical, justificando o n amostral menor.

Correlacionando os achados deste estudo com a literatura, uma revisão sistemática objetivou mensurar as alterações na latência e amplitude das ondas de potenciais corticais e cognitivos em indivíduos com zumbido, concluindo que os potenciais relacionados a eventos podem ajudar a determinar o neurotransmissor envolvido na geração do zumbido²⁰. Observou-se, nessa mesma revisão, que a velocidade dos processos cognitivos em pacientes com zumbido não é afetada. Logo, justifica-se a hipótese do presente estudo em mensurar a amplitude e ganho cortical, e não a velocidade/latência das ondas²⁶.

Observou-se um aumento significativo apenas para o componente P2 da orelha esquerda. Este achado ratifica os de um estudo realizado em indivíduos com zumbido crônico e limiares auditivos dentro dos padrões da normalidade², no qual enfatizaram que há prejuízos que podem se manifestar em questões funcionais relacionadas ao processamento da informação acústica e nos aspectos cognitivos, impactando negativamente a qualidade de vida dos indivíduos³. Desse modo, a responsividade maior do componente P2 da orelha

esquerda pode estar associada à assimetria perceptual cerebral e à desorganização do funcionamento neural nas regiões de córtex auditivo primário/secundário e formação reticular, sendo uma forma de compensação para o desempenho da discriminação e atenção auditiva^{3,26}.

Outras duas pesquisas utilizaram o PEALL na análise cortical do indivíduo com zumbido, e encontraram uma redução na amplitude da onda P2^{25,27}. Essa diminuição da responsividade neural do componente, sem alteração na velocidade do disparo neural, pode ser justificada por uma redução na quantidade de neurônios respondendo a uma diminuição na atividade neural e/ou a uma maior dessincronização nos disparos dos neurônios envolvidos. Assim, tal fato pode não ter ido em consonância com a presente pesquisa, pois os participantes somente apresentavam a percepção do sintoma, com as demais variáveis que poderiam interferir nos achados do potencial controladas.

Em contrapartida, Morse *et al.*²⁸ observaram o aumento da responsividade para o P2, sem demais alterações nos outros componentes. Essa amplificação da responsividade neural relacionada à região de córtex auditivo primário/secundário e formação reticular, que são responsáveis pela discriminação auditiva²², também foi evidenciada na presente pesquisa. Desse modo, pode se justificar devido à hipótese de redução da inibição central e/ou aumento da excitação nesta região.

Analisando os demais parâmetros do PEALL, como o componente P1 de ambas as orelhas, P2 da orelha direita e a razão entre as ondas P2/P1 (ganho cortical/endógeno), verificou-se que não demonstraram diferenças entre os grupos (Tabelas 1 e 2). Isso demonstra a possibilidade de que apenas a percepção do zumbido não modifica a responsividade neural de toda região cortical, mas quando associado a outras patologias, ocasiona maiores alterações devido às mudanças difusas proporcionadas pelo somatório de eventos na região cerebral²⁹.

A amplitude de P2 de indivíduos com queixa de zumbido na orelha esquerda demonstra que indivíduos com a percepção do sintoma pior em uma orelha, tem uma maior ativação neural no córtex auditivo primário/secundário homolateral. Este achado não vai em consonância com a maioria das pesquisas realizadas na população estudada²⁵, mas é um achado promissor, visto que demonstra que a gravidade da percepção do sintoma também

é um fator influente na desorganização da via auditiva central.

Como citado anteriormente, o ganho central associado à teoria do caos parece ser a teoria mais aceita para explicação da percepção do zumbido. Desse modo, para mensurar objetivamente o aumento da responsividade neural, sugere-se o PEATE; porém, tendo em vista os prejuízos na capacidade funcional, o PEALL-verbal também pode auxiliar na mensuração das alterações, bem como verificar os impactos na qualidade de vida e a compreensão da capacidade neurobiológica.

Apesar de no presente estudo não ter sido evidenciada uma diferença estatisticamente significativa nos demais parâmetros, salienta-se que a grande variabilidade nos valores de amplitude e o tamanho amostral podem ter contribuído para esses resultados. Acredita-se que a mudança na amplitude possa refletir na resposta adaptativa do processo cerebral ao zumbido e que aponte para o envolvimento auditivo central na sensação do sintoma.

Destaca-se como limitação no do presente estudo o número amostral limitado. Assim, há necessidade da realização de outros estudos com a metodologia empregada, com maior n amostral, para que os resultados sejam representativos da população de interesse, evitando vies e proporcionando uma base sólida para conclusões válidas. Tais achados devem ser considerados com cautela para generalização dos dados. Mensurar outros parâmetros podem proporcionar achados interessantes na compreensão dos mecanismos neurobiológicos relacionados à percepção do sintoma zumbido, como por exemplo, mensurar os valores N1 e N2. Na presente pesquisa, adotou-se apenas os corticais/endógenos, devido à necessidade da exclusão neste primeiro momento, da influência dos aspectos cognitivos relacionados à atenção e memória (N2-P3). Dessa maneira, ainda existe a necessidade de maiores pesquisas, visto a relevância do conteúdo para uma análise completa da via auditiva do indivíduo com zumbido e para a compreensão do funcionamento neuroelétrico em regiões mais altas da via auditiva, sendo o PEALL uma ferramenta importante na clínica e promissora para o tratamento do zumbido. Neste sentido, o exame pode ser uma ferramenta útil na população estudada.

Conclusão

Indivíduos com o sintoma zumbido e audiometria normal apresentaram valores e amplitude do componente P2 no PEALL com estímulo verbal, especificamente na orelha esquerda, mas não foram observadas alterações significativas na relação das ondas P2/P1 entre os grupos.

Referências

1. Onishi ET, Coelho CC, Oiticica J, Figueiredo RR, Guimarães RC, Sanchez TG, et al. Tinnitus and sound intolerance: evidence and experience of a Brazilian group. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2018; 84(2): 135-49. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2017.12.002>
2. Sanchez TG, Ferrari GMS. O controle do zumbido por meio de prótese auditiva: sugestões para otimização do uso. *Pró-Fono Rev Atual Cient*. 2002;14(1):11-8.
3. Moreira HG, Bruno RS, Oppitz SJ, Sanfins MD, Garcia MV. Zumbido crônico: análise das contribuições clínicas de diferentes avaliações audiológicas. *Audiol Commun Res*. 2022; 27: e2660. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2022-2660pt>
4. Sedley W. Tinnitus: Does Gain Explain? *Neuroscience*. 2019; 407: 213-28. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.01.027>
5. Sadeghijam M, Moossavi A, Akbari M. Does tinnitus lead to chaos? *Braz J Otorhinolaryngol*. 2021; 87(2):125-6. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2020.11.022>
6. Azevedo AA, Figueiredo RR, Penido NO. Tinnitus and event related potentials: a systematic review. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2020; 86(1):119-26. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2019.09.005>
7. Lu J, West MB, Du X, Cai Q, Ewert DL, Cheng W, et al. Electrophysiological assessment and pharmacological treatment of blast-induced tinnitus. *PLoS One*. 2021;16(1): e0243903. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243903>
8. Milloy V, Fournier P, Benoit D, Noreña A, Koravand A. Auditory brainstem responses in tinnitus: a review of who, how, and what? *Front Aging Neurosci*. 2017; 9: 237. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00237>
9. Konadath S, Manjula P. Auditory brainstem response and late latency response in individuals with tinnitus having normal hearing. *Intractable Rare Dis Res*. 2016; 5(4): 262-8. <https://doi.org/10.5582/irdr.2016.01053>
10. Matas CG, Silva FBL, Carrico B, Leite RA, Magliaro FCL. Potenciais evocados auditivos de longa latência em campo sonoro em crianças audiológicamente normais. *Audiol Commun Res*. 2015; 20(4): 305-12. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2014-1525>
11. Simões HO, Frizzo ACF, Zanchetta S, Hyppolito MA, Reis ACMB. Variables in P300 recording: task type and electrode position. *CoDAS*. 2016; 28(4): 355-61. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20162015189>
12. Oppitz SJ, Didoné DD, Silva DD, Gois M, Folgearini J, Ferreira GC, et al. Long-latency auditory evoked potentials with verbal and nonverbal stimuli. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2015; 81(6): 647-52. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.10.005>



13. Conselho Federal de Fonoaudiologia. Guia de orientação na avaliação audiológica. Brasília: CFFa; 2020 [acesso em 28 abr 2025]. Disponível em: https://www.fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2020/09/CFFa_Manual_Audiologia-1.pdf
14. Fonseca RP, Salles JF, Parente MAP. Instrumento de avaliação neuropsicológica breve NEUPSILIN. São Paulo: Vetor; 2009.
15. Sanguibuche TR, Peixe BP, Garcia MV. Behavioral tests in adults: reference values and comparison between groups presenting or not central auditory processing disorder. *Rev CEFAC*. 2020; 22(1): e13718. <https://doi.org/10.1590/1982-0216/202022113718>
16. Pereira LD, Schochat E. Testes auditivos comportamentais para avaliação do processamento auditivo central. São Paulo: Pró-Fono; 2011. p. 82.
17. Braga BHC, Pereira LD, Dias KZ. Normality tests of temporal resolution: random gap detection test and gaps-in-noise. *Rev CEFAC*. 2015;17(3): 836-46. <https://doi.org/10.1590/1982-021620158114>
18. Academia Brasileira de Audiologia. Fórum de diagnóstico audiológico. In: 31º Encontro Internacional de Audiologia; 2016; São Paulo: ABA; 2016 [acesso em 28 abr 2025]. Disponível em: http://www.audiologiabrasil.org.br/31eia/pdf/forum_f.pdf.
19. Sousa LCAD, Piza MRDT, Alvarenga KDF, Cóser PL. Emissões otoacústicas (EOA). In: Sousa LCAD, Piza MRDT, Alvarenga KDF, Cóser PL, editores. *Eletrofisiologia da audição e emissões otoacústicas: princípios e aplicações clínicas*. 3. ed. São Paulo: Book Toy; 2008. p. 109-45.
20. Webster R. The auditory brainstem response (ABR): a normative study using the intelligent hearing system's smart evoked potential system [tese]. Towson (MD): Towson University; 2017.
21. Bruno RS, Oppitz SJ, Garcia MV, Biaggio EPV. Potencial evocado auditivo de longa latência: diferenças na forma de contagem do estímulo raro. *Rev CEFAC*. 2016;18(1):14-26. <https://doi.org/10.1590/1982-021620161816415>
22. Frizzo ACF, Advíncula KP. Potenciais evocados auditivos de longa latência. In: Menezes PL, Andrade KCL, Frizzo ACF, Carnaúba ATL, Lins OG, editores. *Tratado de eletrofisiologia para audiologia*. 1. ed. São Paulo: Book Toy; 2018. p. 139-50.
23. Ranjbar N, Shahbazi A, Arefi HN, Zade NN, Nazari MA, Jafarzad S. Changes in late-latency auditory evoked potentials after tinnitus suppression using auditory stimulation. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2022; 88(Suppl 3): S130-S8. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2022.09.005>
24. Santos Filha VAV, Gentile C. Potenciais evocados auditivos tardios em indivíduos com queixa de zumbido. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2010; 76(2): 263-70. <https://doi.org/10.1590/S1808-86942010000200019>
25. Attias J, Urbach D, Gold S, Shemesh Z. Auditory event-related potentials in chronic tinnitus patients with noise-induced hearing loss. *Hear Res*. 1993;73(1):106-13. [https://doi.org/10.1016/0378-5955\(93\)90026-w](https://doi.org/10.1016/0378-5955(93)90026-w)
26. Alonso-Valerdi LM, et al. Comparative analysis of acoustic therapies for tinnitus treatment based on auditory event-related potentials. *Front Neurosci*. 2023; 17:1059096. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1059096>
27. Chen YC, et al. Tinnitus and hyperacusis: contributions of parafoveolus, reticular formation and stress. *Hear Res*. 2017; 349: 208-27. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2017.03.005>
28. Morse K, Vander Werff KR. Onset-offset cortical auditory evoked potential amplitude differences indicate auditory cortical hyperactivity and reduced inhibition in people with tinnitus. *Clin Neurophysiol*. 2023; 149: 223-33. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2023.02.164>
29. Cardon E, Vermeersch H, Joossen I, Jacquemin L, Mertens G, Vanderveken OM, et al. Cortical auditory evoked potentials, brain signal variability and cognition as biomarkers to detect the presence of chronic tinnitus. *Hear Res*. 2022; 420: 108489. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2022.108489>



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.

