


# Estudo das emissões otoacústicas residuais nas perdas auditivas neurosensoriais com diferenciação de artefatos e respostas fisiológicas

## Study of residual otoacoustic emissions in hearing loss with artifact differentiation and physiological responses

Renata Prazeres Moura<sup>1</sup> , Luciana Macedo de Resende<sup>1</sup> , Thamara Suzi Dos Santos<sup>2,3,4</sup> ,  
Sirley Alves da Silva Carvalho<sup>1</sup> 

### RESUMO

**Objetivo:** avaliar o efeito da variação da intensidade de estimulação sobre as respostas das emissões otoacústicas produto de distorção em indivíduos com perda auditiva neurosensorial, utilizando um protocolo de gradiente de fase das emissões. **Métodos:** estudo observacional transversal. Participaram 38 indivíduos com diagnóstico de perda auditiva neurosensorial de grau leve, moderado ou severo. Foram realizadas anamnese, meatoscopia, audiometria tonal liminar, logaudiometria, imitancimetria, emissões otoacústicas produto de distorção e emissões otoacústicas residuais. As emissões otoacústicas residuais foram coletadas com o equipamento Echodia, modelo Elios®. O protocolo utilizado permite a variação dos parâmetros frequência e intensidade e as respostas são analisadas por meio do teste do Gradiente de Fase. As respostas registradas nas emissões residuais foram consideradas como “presente”, “ausente” e “artefato”, considerando a variação da fase em função de f1. **Resultados:** Foram incluídas 72 orelhas. Houve diferença estatisticamente significativa nas frequências de 1300 Hz e 2000 Hz, ao comparar os resultados das emissões residuais. Ao correlacionar o resultado da audiometria e a intensidade de estimulação que evocou a emissão residual, houve correlação positiva para as frequências de 1000 Hz e 4000Hz. O “artefato” foi registrado, principalmente, nas frequências mais agudas: 56,2% em 3000 Hz e 58,2% em 4000 Hz. A emissão otoacústica residual presente foi registrada em 18,6% em 1000 Hz, 13,4% em 2000 Hz, 6,3% em 3000 Hz e 7,5% em 4000 Hz. **Conclusão:** o aumento da intensidade de estimulação no exame de emissões pode auxiliar no estudo das células ciliadas residuais, desde que seja utilizado um protocolo capaz de diferenciar respostas fisiológicas de artefatos.

**Palavras-chave:** Emissões otoacústicas espontâneas; Audição; Cóclea; Diagnóstico; Células ciliadas externas

### ABSTRACT

**Purpose:** To study the effect of stimulation intensity variation on the responses of distortion products in subjects with sensorineural hearing loss using a new protocol to register the otoacoustic emissions. **Methods:** This is a cross-sectional observational study. The following procedures were performed: anamnesis, otoscopy, pure tone audiometry, speech audiometry, tympanometry, distortion product and residual otoacoustic emissions. The residual DPOAE were collected with the Echodia equipment, Elios®. The protocol that was developed allows the variation of frequency and intensity parameters and the responses are analyzed by phase gradient test. Responses recorded in residual otoacoustic emissions were considered “present”, “absent” or “artifact”. **Results:** The total included ears was 72. On residual otoacoustic emissions test, at a frequency of 1300Hz and 2000Hz, there was statistically significant difference. By analyzing the average found in the audiometry and the results of residual emissions, only the frequency of 1300Hz showed a statistically significant association in all groups. By correlating the results of the audiometry and the stimulation intensity used to evoke the residual emission, there was positive correlation for the frequencies of 1000Hz and 4000Hz. The “artifact” was mostly recorded in the higher frequencies: 56.2% in 3000Hz and 58.2% in 4000 Hz. Residual EOAPD present was recorded as 18.6% at 1000Hz, 13.4% at 2000Hz, 6.3% at 3000Hz and 7.5% at 4000Hz. **Conclusion:** The increased stimulation intensity in the otoacoustic emissions test can aid in the study of residual outer hair cells, as long as a protocol is used to check the correctness of the responses.

**Keywords:** Spontaneous otoacoustic emissions; Hearing; Cochlea; Diagnosis; Outer hair cells

Trabalho realizado no Observatório de Saúde Funcional em Fonoaudiologia, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e Ambulatório Bias Fortes, Hospital das Clínicas – HC, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Fonoaudiológicas, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG - Belo Horizonte (MG), Brasil.

<sup>2</sup>Curso de Fonoaudiologia, Faculdade de Ceilândia – FCE, Universidade de Brasília, Campus Ceilândia – UnB – Brasília (DF), Brasil.

<sup>3</sup>Laboratório de Biofísica da Audição, Faculdade de Medicina, Université Clermont Auvergne – UCA - Clermont-Ferrand, França.

<sup>4</sup>La Semaine du Son – Paris, França.

**Conflito de interesses:** Não.

**Contribuição dos autores:** RPM, participou das etapas de coleta, análise dos dados e redação do artigo; LMR coorientadora do trabalho, participou da concepção e do desenho do estudo, da análise e interpretação dos dados, redação do manuscrito e revisão crítica de conteúdo intelectual; TSDS participou da interpretação dos dados, redação do manuscrito e revisão crítica de conteúdo intelectual; SASC coordenadora do projeto de pesquisa e orientadora do trabalho, responsável pela concepção e pelo desenho do estudo, participou da análise e interpretação dos dados, redação do manuscrito e revisão crítica de conteúdo intelectual.

**Financiamento:** Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

**Endereço para correspondência:** Sirley Alves da Silva Carvalho. E-mail: salves.carvalho@gmail.com

**Recebido:** Julho 21, 2021; **Aceito:** Março 30, 2022

## INTRODUÇÃO

Baseado na teoria do amplificador colear, Kemp propôs, em 1978, um novo método de avaliação auditiva: as emissões otoacústicas (EOA)<sup>(1)</sup>. Desde então, o método é considerado uma janela para cóclea, mais especificamente para as células ciliadas externas (CCE)<sup>(1,2)</sup>.

A pesquisa das emissões otoacústicas evocadas (EOAE) apresenta a vantagem de ser de fácil execução, rápida, não invasiva e eficaz na identificação das perdas auditivas periféricas. Portanto, representa um teste ideal para a triagem e acompanhamento das funções cocleares<sup>(3,4)</sup>.

Dentre os diferentes tipos de EOAE – transientes ou produto de distorção acústica - estas últimas, as EOAPD, são aquelas que trazem informações mais precisas sobre o funcionamento coclear, devido a sua especificidade frequencial. As EOAPD são evocadas por dois tons puros, apresentados simultaneamente ( $f_1$  e  $f_2$ ), sendo  $f_2 > f_1$ . As oscilações geradas por esses dois tons em regiões específicas da cóclea produzem como resposta um produto de distorção que pode ser captado por uma sonda posicionada no meato acústico externo<sup>(2)</sup>.

Na prática clínica, as EOA podem contribuir para o diagnóstico da perda auditiva, porém, não a quantificam. Alguns estudos relatam presença de EOA em indivíduos com limiares auditivos melhores que 30 dBNA e, no caso das EOAPD, indivíduos com limiares melhores que 50 dBNA<sup>(5-7)</sup>.

Uma série de trabalhos já demonstrou a participação efetiva das CCE na produção das emissões otoacústicas, estabelecendo uma relação entre resposta das EOA e presença de CCE<sup>(8,9)</sup>. Essas afecções podem provocar a destruição de parte das CCE, ou seja, preservam um percentual delas, as chamadas CCE residuais. Entretanto, os protocolos utilizados na clínica atual não permitem pesquisar as otoemissões geradas pelas CCE residuais. Para tal, seria necessária estimulação em intensidade superior à habitual, possibilitando que, assim, as CCE residuais possam gerar produtos de distorção passíveis de serem captados pela sonda no meato acústico externo. Nesse sentido, estudo realizado por Carvalho e Giraudet, 2014<sup>(10)</sup>, apresentou uma nova abordagem de medida e análise das EOAPD, utilizando fortes intensidades de estimulação no equipamento Elios, da marca Echodia®. Os pesquisadores intitularam o protocolo de Gradiente de Fase e apresentaram um estudo de dois casos, em que compararam as respostas das EOAPD com os resultados da audiometria tonal. Os resultados mostraram que, na ausência de respostas de EOAPD com estímulo padrão ( $L_1=L_2=60$  dB), a utilização do protocolo Gradiente de Fase pode ser útil para identificar presença ou ausência de EOAPD residuais.

É importante considerar que, ao elevar a intensidade de estimulação, os equipamentos podem registrar na pesquisa do produto de distorção respostas eventualmente consideradas como fisiológicas, mas são, na verdade, artefatos<sup>(10)</sup>, sendo, portanto, fundamental o uso de um equipamento que possa analisar a procedência das respostas encontradas.

Nesse contexto, buscando estudar as EOAPD residuais, o presente trabalho teve como objetivo avaliar, por meio de um protocolo, o efeito da variação da intensidade de estimulação sobre as respostas das EOAPD em indivíduos com perda auditiva neurossensorial de grau leve, moderado e severo, com a diferenciação de respostas fisiológicas de artefatos.

## MÉTODOS

Trata-se de um estudo observacional transversal com amostra de conveniência, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, sob o parecer nº 36403414.6.0000.5149.

### Amostra

Foram convidados a participar da pesquisa 38 indivíduos com diagnóstico de perda auditiva neurossensorial de grau leve, moderado ou severo, oriundos do Serviço de Atenção à Saúde Auditiva do Hospital São Geraldo - Anexo do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais.

Os critérios de inclusão para a participação no estudo foram: idade a partir de 7 anos; possuir audiometria com diagnóstico de perda auditiva neurossensorial de grau leve, moderado ou severo, realizada até seis meses antes da coleta; apresentar resultados da imitanciometria com curva tipo A, bilateralmente, no dia da pesquisa; apresentar EOAPD ausentes, em pelo menos uma frequência entre 1 a 4 kHz. Foram excluídos os participantes que desistiram de participar da pesquisa ou não realizaram todos os procedimentos propostos. Todos os indivíduos envolvidos na pesquisa (ou seus responsáveis) assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

### Procedimentos

Os procedimentos, realizados no ambulatório de Fonoaudiologia de um hospital universitário, foram: anamnese, meatoscopia, audiometria tonal liminar, logaudiometria, imitanciometria, EOAPD e EOAPD residuais.

A imitanciometria foi realizada no dia da coleta, com o intuito de avaliar a integridade do sistema tímpano-ossicular, por meio da curva timpanométrica, complacência estática e pesquisa dos reflexos acústicos contralaterais. Os resultados da timpanometria foram analisados segundo o padrão de normalidade sugerido por Jerger<sup>(11)</sup>. O equipamento utilizado foi o imitanciômetro Interacoustics At235h, calibrado segundo o padrão ANSI S3.6<sup>(12)</sup> (*American National Standards Institute*).

A audiometria tonal e a logaudiometria foram realizadas até seis meses antes da coleta, para verificação dos limiares auditivos e confirmação da perda auditiva neurossensorial do paciente. A audiometria tonal foi realizada por via aérea, nas frequências de 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz, 6 kHz e 8 kHz e por via óssea, em 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz e 4 kHz. A logaudiometria foi realizada com pesquisa do índice percentual de reconhecimento de fala e o limiar de reconhecimento de fala. O exame foi realizado em cabina acusticamente tratada, segundo recomendação da norma ANSI S3.6<sup>(12)</sup>. O resultado da audiometria tonal liminar foi classificado segundo Silman e Silverman<sup>(13)</sup>.

Para os registros das EOAPD, foi utilizado o equipamento Echodia, modelo Elios®. Foram recolhidas, para cada orelha, as frequências  $F_2$  de 1300, 2000, 3000, 4000 e 5000 Hz. Os dois tons puros apresentados no exame,  $f_1$  e  $f_2$ , apresentaram intensidade:  $L_1=L_2=60$  dBNPS. A razão entre  $f_1$  e  $f_2$  foi de 1,22 e o produto  $2f_1-f_2$  foi analisado.

Após a realização do exame com intensidade padrão (60/60 dBNPS), caso o exame apresentasse pelo menos uma frequência ausente, entre 1 e 4 kHz, realizava-se a pesquisa das EOAPD residuais.

As EOAPD residuais foram coletadas com o equipamento Echodia, modelo Elios®, calibrado segundo as normas ANSI – 3.6<sup>(12)</sup>. O protocolo aplicado foi desenvolvido exclusivamente para fins de pesquisa, permite a variação dos parâmetros frequência e intensidade e as respostas são analisadas por meio do teste de verificação de fase.

No protocolo das EOAPD residuais, a avaliação é realizada em diferentes intensidades, sendo L1=L2. A intensidade de estimulação inicial é 60 dBNPS, aumentando de forma automática, em passos de 3 dBNPS, até o aparecimento de uma resposta, ou até que a intensidade máxima de estimulação de 95 dBNPS seja atingida.

Quando há o aparecimento de uma resposta (fisiológica ou artefato), o equipamento realiza o teste de verificação da fase.

O teste de verificação da fase é realizado fixando o valor de f2 e variando o valor de f1, de forma que o teste seja realizado em cinco diferentes razões: f1/f2 = 1,22; 1,24; 1,26; 1,28 e 1,30.

As respostas são classificadas da seguinte forma:

- EOAPD presentes: relação sinal ruído >3 dBNPS e diferença de fase entre as variações f1 (5 pontos) de, no mínimo, 20°;
- EOAPD ausentes: relação sinal ruído <3 dBNPS; neste caso não é realizado o teste de fase;
- EOAPD artefato: relação sinal ruído >3 dBNPS e diferença de fase entre as variações f1 (5 pontos) < 20°.

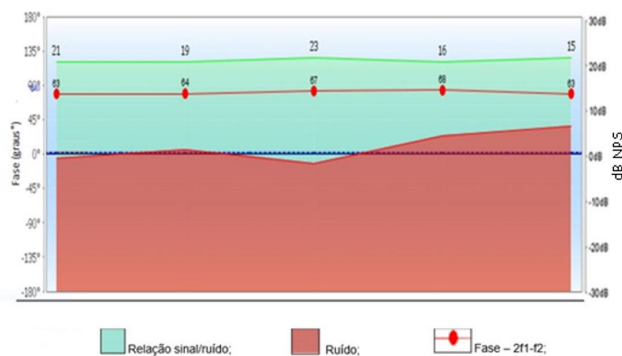
Além dos tipos de resposta (artefato, ausente e presente), foi analisado o limiar das EOAPD residuais, definido como a menor intensidade de estimulação que foi capaz de evocar a EOAPD residual.

Em caso de artefatos, não há diferença entre as fases das respostas das diferentes combinações f1/f2, como mostra a Figura 1. Nas respostas fisiológicas, quando modificada a razão f1/f2, as fases variam, demonstrando que as respostas são oriundas dos diferentes pontos da cóclea que foram estimulados, como mostra a Figura 2.

As frequências testadas nesta pesquisa foram 1300 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz e 4000 Hz. Optou-se pela frequência de 1300 Hz para o teste de verificação de fase, visto que as frequências mais baixas recebem maior interferência dos ruídos interno e externo.

## Análise dos dados

Os dados foram digitados em planilha Excel e analisados estatisticamente no programa SPSS, versão 18.



**Figura 1.** Resultado de um exame que apresentou uma resposta instrumental para f2=1300 Hz

**Legenda:** dBNPS = decibéis nível de pressão sonora  
**Fonte:** Adaptado- Print screen Sistema Elios® Echodia

Foram consideradas para análise as variáveis categóricas tipo de perda auditiva e resultado das EOAPD residuais (artefato, presente, ausente), e as variáveis contínuas nível de intensidade de estimulação que evocou a EOAPD residual (limiar da EOAPD residual) e limiar audiométrico. Para as EOAPD residuais ausentes, os limiares foram representados na intensidade de 96 dBNPS, para fins de representação e análise estatística (intensidade superior à saída máxima do aparelho).

As variáveis categóricas foram apresentadas por meio de análise de frequência e as variáveis contínuas, por meio de medidas de tendência central e variabilidade.

Foram utilizados o teste Mann-Whitney e o teste ANOVA com correção de Bonferroni. A correlação entre valor do limiar audiométrico (entre 1 e 4 kHz) e o limiar da EOAPD residual foi apresentada por meio de gráficos de dispersão e o grau da correlação foi medido por meio da Correlação de Spearman.

## RESULTADOS

Foram incluídos no estudo 38 participantes, sendo 23 (61%) do gênero feminino e 15 (39%) do gênero masculino. A idade mínima dos participantes foi de 8 anos e a máxima de 90 anos.

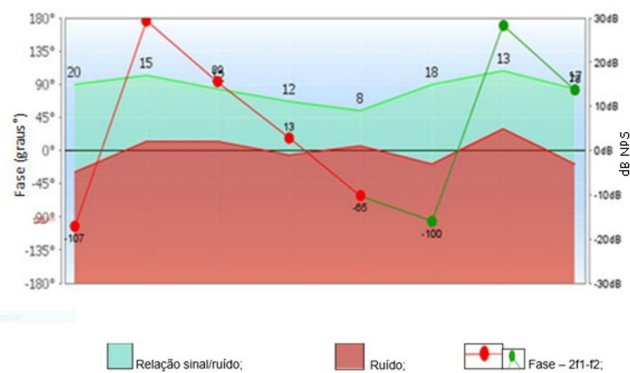
O total de orelhas avaliadas foi de 72. Em relação ao grau de perda auditiva, foram 18 (25%) de grau leve, 45 (62,5%) de grau moderado e 9 (12,5%) de grau severo segundo a classificação de Silman e Silverman<sup>(13)</sup>. A Tabela 1 apresenta a análise descritiva dos limiares auditivos de cada frequência avaliada na audiometria.

**Tabela 1.** Análise descritiva dos limiares da audiometria por frequência avaliada (N=72)

Frequência da audiometria	Mínimo*	Máximo*	Média*	Desvio padrão*
1000 Hz	15	85	51,94	16,83
2000 Hz	10	95	58,89	16,19
3000 Hz	40	90	62,78	13,5
4000 Hz	35	90	67,01	13,36

\*Valor em decibéis

**Legenda:** N = número de orelhas



**Figura 2.** Resultado de um exame que apresentou uma resposta fisiológica para f2=1300 Hz

**Legenda:** dBNPS = decibéis nível de pressão sonora  
**Fonte:** Adaptado- Print screen Sistema Elios® Echodia

Para cada orelha, realizou-se a pesquisa das EOAPD nas frequências de 1 kHz a 4 kHz. Quando registrada a ausência de resposta em uma das frequências, realizou-se a pesquisa da EOAPD residual. Os resultados dessa análise estão descritos no fluxograma da Figura 3. Vale ressaltar que, na avaliação da EOAPD residual na frequência de 1300 Hz, um exame não foi concluído devido à interferência do ruído ambiental.

Em relação aos resultados encontrados nos limiares das EOAPD residuais, houve diferença estatisticamente significativa na frequência de 1300 Hz entre os grupos que apresentaram resultado “ausente” e “presente” e entre os grupos que apresentaram resultado “artefato” e “presente”, bem como na frequência de 2000 Hz entre os grupos que apresentaram resultado “ausente” e “presente”. Importante ressaltar que o resultado, quando indicado “ausente”, é consequente da máxima intensidade atingida pelo equipamento sem obtenção de uma resposta. A Tabela 2 descreve os valores das medidas de tendência central e a variabilidade dos resultados encontrados nos limiares das EOAPD residuais.

Quanto às medidas de tendência central e a variabilidade dos resultados da audiometria em relação aos resultados das EOAPD residuais, ao analisar a média encontrada na audiometria e o resultado das EOAPD residuais, apenas a frequência de 1300 Hz apresentou relação estatisticamente significativa em todos os grupos. A frequência de 2000 Hz apresentou relação estatisticamente significativa entre os resultados “ausente” e “presente” e “artefato” e “presente”. A Tabela 3 descreve as medidas de tendência central e a variabilidade dos resultados da audiometria em relação aos resultados das EOAPD residuais.

A Figura 4 indica a correlação entre os limiares da audiometria e os limiares da EOAPD residual. Houve correlação positiva apenas para as frequências de 1000 Hz e 4000 Hz.

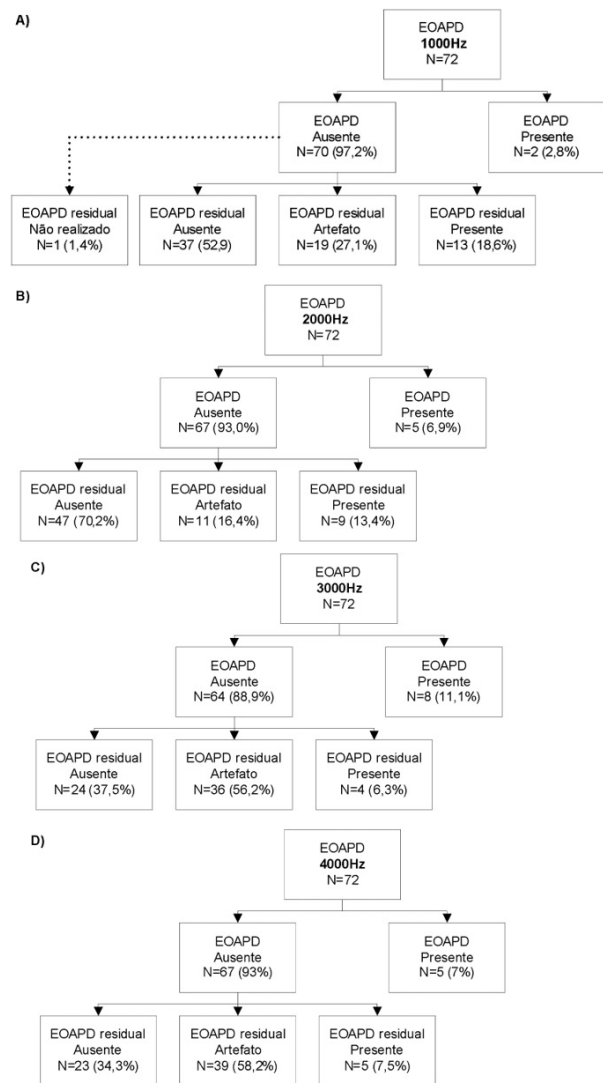
## DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo verificar, por meio de um novo protocolo, o efeito da variação da intensidade de estimulação sobre as respostas das EOAPD residuais. Para tal, foram também analisados os limiares audiométricos e a sua correlação com as respostas das EOAPD em níveis elevados de estimulação.

A partir dos resultados obtidos na audiometria (Tabela 1), observou-se que os limiares encontrados variaram muito, principalmente na frequência de 1000 Hz, o que pode ser explicado pela heterogeneidade da amostra, tanto em relação à idade (de 8 a 90 anos), quanto ao grau e configuração da perda auditiva. Na amostra deste estudo, a média dos limiares audiométricos aumentou nas frequências mais altas. Estudo recente, realizado com 110 crianças, encontrou a curva descendente como a configuração audiométrica mais frequente<sup>(14)</sup>. Sabe-se, também, que as alterações auditivas relacionadas à idade, as presbiacusias, danificam primeiramente as CCE responsáveis pela decodificação das frequências mais altas<sup>(8)</sup>.

Em relação aos resultados encontrados na pesquisa das EOAPD (Figura 3), observou-se que em todas as frequências testadas foram encontrados resultados “presentes”, devendo-se ao fato de que, em alguns casos, as EOAPD podem estar presentes em limiares de aproximadamente 30 a 50 dB<sup>(5-7)</sup>.

Ainda considerando os resultados da pesquisa das EOAPD residuais (Figura 3), foi observado que a resposta “artefato” foi registrada no equipamento de 16,4% a 58,2%. Ao analisar os resultados encontrados nas EOAPD residuais por frequência



**Figura 3.** Análise descritiva dos resultados das emissões otoacústicas produto de distorção e emissões otoacústicas residuais  
**Legenda:** (A) Frequência de 1300 Hz; (B) Frequência de 2000 Hz; (C) Frequência de 3000 Hz; (D) Frequência de 4000 Hz EOAPD = Emissões otoacústicas produto de distorção; N = número de orelhas

(Tabela 2), pôde-se observar que o aparelho registrou “artefato” nas frequências mais altas: 56,2% em 3000 Hz e 58,2% em 4000 Hz. Isso pode ser explicado pelo fato de que, na frequência de 4000 Hz, encontraram-se maiores médias dos limiares audiométricos e, portanto, limiares maiores ou ausentes das EOAPD residuais (Figura 4). Entretanto, para confirmar esta hipótese, são necessários estudos com amostras maiores, o que permitirá a análise por configuração de perda auditiva.

Já a intensidade registrada como “artefato”, variou de 60 a 81 dBNPS, indicando que, mesmo a 60 dB (intensidade utilizada rotineiramente), os equipamentos disponíveis no mercado podem gerar uma falsa resposta de EOAPD fisiológico, visto que não diferenciam uma resposta fisiológica de um “artefato”. Sendo assim, é preciso cautela ao garantir que as EOAPD são, de fato, originárias das células ciliadas externas, pois, um diagnóstico equivocado prejudica a indicação de intervenção, como no caso da adaptação de aparelhos de amplificação sonora.

**Tabela 2.** Descrição das medidas de tendência central e variabilidade da dos limiares das respostas das emissões otoacústicas residuais

Limiar EOAPD residual 1300 Hz						
	Ausente (n=37)	Artefato (n=19)	Presente (n=13)	Valor de p (Au x Art)	Valor de p (Au x Pre)	Valor de p (Art x Pre)
Mínimo	96	75	63			
Máximo	96	81	81			
Média	96	80	76	0,233	0,002*	0,049*
DP	0	2	6			
Mediana	96	81	78			
Limiar EOAPD residual 2000 Hz						
Características	Ausente (n=47)	Artefato (n=11)	Presente (n=9)	Valor de p (Au x Art)	Valor de p (Au x Pre)	Valor de p (Art x Pre)
Mínimo	96	78	72			
Máximo	96	81	81			
Média	96	80	78	0,516	0,001*	0,065
DP	0	1	3			
Mediana	96	81	78			
Limiar EOAPD residual 3000 Hz						
Características	Ausente (n=24)	Artefato (n=36)	Presente (n=4)	Valor de p (Au x Art)	Valor de p (Au x Pre)	Valor de p (Art x Pre)
Mínimo	96	69	72			
Máximo	96	81	75			
Média	96	75	74	0,160	0,070	0,680
DP	0	4	2			
Mediana	96	75	74			
Limiar EOAPD residual 4000 Hz						
Características	Ausente (n=23)	Artefato (n=39)	Presente (n=5)	Valor de p (Au x Art)	Valor de p (Au x Pre)	Valor de p (Art x Pre)
Mínimo	96	60	63			
Máximo	96	78	81			
Média	96	71	72	0,222	0,193	0,347
DP	0	4	5			
Mediana	96	72	72			

Teste Mann-Whitney. Para as respostas ausentes, os limiares foram representados a 96 decibéis (intensidade superior à saída máxima) \*p<0,005

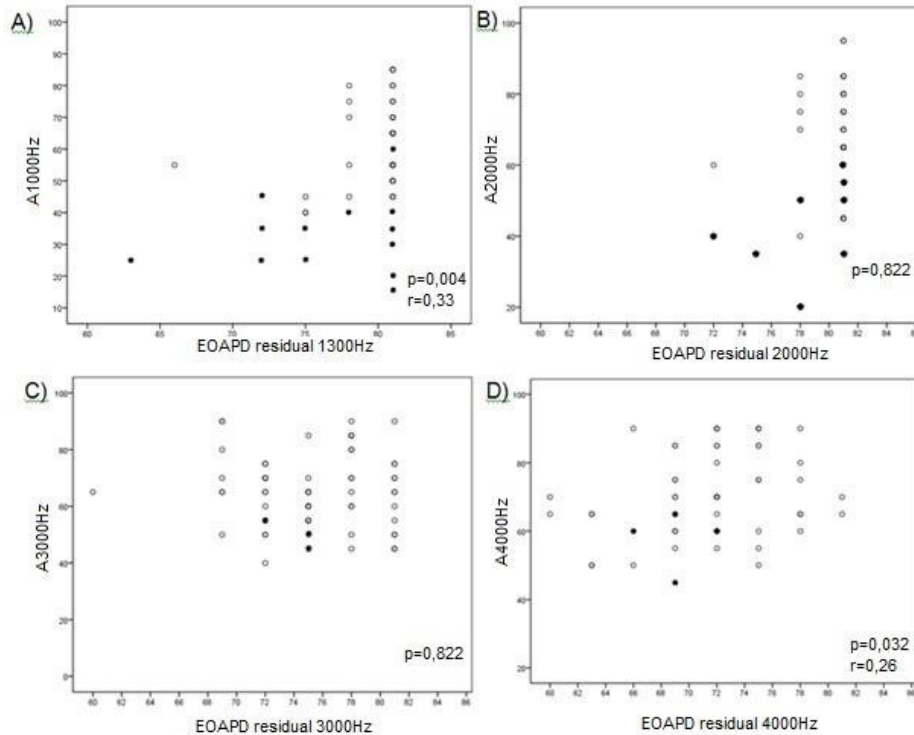
**Legenda:** EOAPD = emissões otoacústicas produto de distorção; Au = ausente; Pre = presente; Art = artefato; n = número de orelhas; DP = desvio padrão. Para as respostas ausentes os limiares foram representados a 96 dB(intensidade superior a saída máxima).

**Tabela 3.** Descrição das medidas de tendência central e variabilidade dos limiares da audiometria em relação aos resultados das emissões otoacústicas residuais (ausente, artefato, presente)

EOAPD residual 1300 Hz						
Audiometria 1000Hz	Ausente (n=37)	Artefato (n=19)	Presente (n=13)	Valor de p (Au x Art)	Valor de p (Au x Pre)	Valor de p (Art x Pre)
Mínimo	40	25	15			
Máximo	85	70	65			
Média	60,95	49,21	34,62	0,009*	0,000*	0,011*
Desvio padrão	13,32	14,16	12,65			
EOAPD residual 2000 Hz						
Audiometria 2000Hz	Ausente (n=47)	Artefato (n=11)	Presente (n=9)	Valor de p (Au x Art)	Valor de p (Au x Pre)	Valor de p (Art x Pre)
Mínimo	35	40	20			
Máximo	95	95	60	1	0,001*	0,019*
Média	63,51	61,36	43,89			
Desvio padrão	13,14	17,04	12,44			
EOAPD residual 3000 Hz						
Audiometria 3000Hz	Ausente (n=24)	Artefato (n=36)	Presente (n=4)	Valor de p (Au x Art)	Valor de p (Au x Pre)	Valor de p (Art x Pre)
Mínimo	45	40	45			
Máximo	90	90	55	1	0,068	0,13
Média	66,88	64,72	51,25			
Desvio padrão	12,4	12,81	4,78			
EOAPD residual 4000 Hz						
Audiometria 4000Hz	Ausente (n=23)	Artefato (n=39)	Presente (n=5)	Valor de p (Au x Art)	Valor de p (Au x Pre)	Valor de p (Art x Pre)
Mínimo	50	50	45			
Máximo	90	90	65	1	0,172	0,125
Média	69,35	69,74	58			
Desvio padrão	12,81	11,69	7,58			

Teste ANOVA com correção de Bonferroni \*p<0,005

**Legenda:** EOAPD = emissões otoacústicas produto de distorção; Au = ausente; Pre = presente; Art = artefato; n = número de orelhas



**Figura 4.** Diagrama de dispersão entre o limiar da audiometria e a o limiar das emissões otoacústicas residuais

**Legenda:** EOAPD = emissões otoacústicas produto de distorção; ● emissão otoacústica residual presente; ○ emissão otoacústica residual ausente; p = valor de p; r = grau de correlação

Ainda, ao analisar os resultados encontrados na pesquisa das EOAPD residuais (Tabela 2), observou-se diferença estatisticamente significativa na frequência de 1300 Hz, entre os grupos “presente” e “ausente” e os grupos “presente” e “artefato”. O grupo com resultados “presentes” das EOAPD residuais apresentou média de intensidade neste exame igual a 76 dBNPS, resultado esse inferior aos grupos com resultado “ausente” e “artefato” de 80dBNPS. Esse fato pôde ser observado, também, na frequência de 2000 Hz, na qual os grupos “presente” e “ausente” apresentaram diferença estatisticamente significativa, em que o grupo “presente” encontrou respostas na intensidade média de 78 dBNPS.

Em relação aos resultados registrados nas frequências de 3000 Hz e 4000 Hz, não foi encontrada nenhuma associação significativa entre os grupos. Esse resultado pode indicar que, mesmo com o aumento da intensidade de estimulação, não foi possível obter emissões residuais suficientes, pois, em algumas etiologias, as CCE são as primeiras a serem danificadas em altas frequências<sup>(8,9,15)</sup>.

A especificidade frequencial das EOAPD já foi pesquisada, particularmente, como monitoramento de controle diagnóstico<sup>(16)</sup> e na correlação entre audiograma e DPgramas<sup>(17)</sup>. Entretanto, são escassas as pesquisas com intensidade de estimulação elevada em seres humanos. Esses trabalhos avaliaram a curva de *input/output* das EOAPD para analisar as modificações na compressão realizada pelas células ciliadas externas e estimar os limiares auditivos<sup>(18,19)</sup>. É importante ressaltar que, nesses trabalhos, não foram utilizados protocolos específicos para diferenciar as respostas fisiológicas de artefatos.

No Brasil, Kós et al., realizaram, em 2009<sup>(6)</sup>, um estudo comparando as amplitudes das EOAPD em indivíduos normo-

ouvintes e com perdas auditivas neurosensoriais de grau leve e moderado, por meio de dois protocolos (L1 = 65 dBNPS e L2 = 55 dBNPS; L1=L2=70 dBNPS). Observou, também, diferença entre as amplitudes encontradas em ambos os protocolos, sendo que o grupo com audição normal apresentou amplitude significativamente maior que os grupos com perda leve e moderada, assim como o grupo com perda leve apresentou amplitude maior que o grupo com perda moderada. Os autores concluíram que, à medida que os limiares audiométricos aumentaram, as amplitudes das EOA diminuíram. No presente estudo, à medida que os limiares pioraram, a intensidade de estimulação necessária para engendrar respostas das EOAPD residuais também aumentou (Tabela 3).

A possibilidade de estimar o limiar das EOAPD residuais pode contribuir para uma análise quantitativa das EOAPD, melhorando sua sensibilidade para o diagnóstico de perdas auditivas. Da mesma maneira, o monitoramento coclear ganharia uma ferramenta objetiva e quantitativa promissora. Nesse sentido, é imperativa a aplicação do protocolo em indivíduos com diferentes configurações audiométricas, em diversas faixas etárias e etiologias de perda auditiva, para que o potencial da técnica seja consolidado.

## CONCLUSÃO

As EOAPD residuais foram observadas, principalmente, nas frequências de 1300 Hz e 2000 Hz, em indivíduos com perdas neurosensoriais de grau leve a severo. Esses resultados indicam que o aumento da intensidade de estimulação no exame de emissões pode auxiliar no estudo das células ciliadas externas residuais,

desde que seja aplicado um protocolo capaz de diferenciar respostas fisiológicas de artefatos. O protocolo utilizado na presente pesquisa permitiu que o aumento da intensidade de estimulação no exame de EOA pudesse ser utilizado com segurança.

## AGRADECIMENTOS

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES). Empresa Echodia, St. Beauzire, França.

## REFERÊNCIAS

- Kemp DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am*. 1978 Nov;64(5):1386-91. <http://dx.doi.org/10.1121/1.382104>. PMID:744838.
- Avan P, Büki B, Petit C. Auditory distortions: origins and functions. *Physiol Rev*. 2013 Oct;93(4):1563-619. <http://dx.doi.org/10.1152/physrev.00029.2012>. PMID:24137017.
- Joint Committee on Infant Hearing. Year 2007 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *Pediatrics*. 2007 Oct;120(4):898-921. <http://dx.doi.org/10.1542/peds.2007-2333>. PMID:17908777.
- Zelle D, Dalhoff E, Gummer AW. Objective audiometry with DPOAEs: new findings for generation mechanisms and clinical applications. *HNO*. 2017 Ago 3;65(Suppl 2):122-9. <http://dx.doi.org/10.1007/s00106-016-0267-y>. PMID:28470484.
- Pinto VS, Lewis DR. Emissões otoacústicas: produto de distorção em lactentes até dois meses de idade. *Pró-Fono Rev Atualização Científica*. 2007;19(2):195-204. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-56872007000200008>.
- Kós MI, Almeida K, Frota S, Hoshino ACH. Emissões otoacústicas produto de distorção em normo ouvintes e em perdas auditivas neurossensoriais leve e moderada com os protocolos 65/55 dB NPS E 70/70 dB NPS. *Rev CEFAC*. 2009 Set;11(3):465-72. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462009000300014>.
- Ngui LX, Tang IP, Prepageran N, Lai ZW. Comparison of distortion product otoacoustic emission (DPOAE) and automated auditory brainstem response (AABR) for neonatal hearing screening in a hospital with high delivery rate. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2019 Maio;120:184-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.02.045>. PMID:30844634.
- Wang J, Puel J-L. Presbycusis: an update on cochlear mechanisms and therapies. *J Clin Med*. 2020 Jan;9(1):218. <http://dx.doi.org/10.3390/jcm9010218>. PMID:31947524.
- Ganesan P, Schmiedge J, Manchaiah V, Swapna S, Dhandayutham S, Kothandaraman PP. Ototoxicity: a challenge in diagnosis and treatment. *J Audiol Otol*. 2018 Abr 10;22(2):59-68. <http://dx.doi.org/10.7874/jao.2017.00360>. PMID:29471610.
- Carvalho S, Giraudet F. Nouvelles mesures objectives: vers un état des lieux cochléaires plus précis. *Les Cah l'Audition*. 2014;27(6):50-4.
- Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol*. 1970;92(4):311-24. <http://dx.doi.org/10.1001/archotol.1970.04310040005002>. PMID:5455571.
- American National Standard Institute. American National Standard Specification for Audiometers (ANSI S3.6). New York: ANSI; 1989.
- Silman S, Silverman CA. Auditory diagnosis: principles and applications. San Diego: Singular Publishing Group; 1997. p. 44- 52.
- Penna LM, Lemos SMA, Alves CRL. Auditory and language skills of children using hearing aids. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2015 Mar;81(2):148-57. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.05.034>. PMID:25458255.
- Dreisbach L, Zettner E, Chang Liu M, Meuel Fernhoff C, MacPhee I, Boothroyd A. High-frequency distortion-product otoacoustic emission repeatability in a patient population. *Ear Hear*. 2018 Feb;39(1):85-100. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0000000000000465>. PMID:28678077.
- Gorga MP, Nelson K, Davis T, Dorn PA, Neely ST. Distortion product otoacoustic emission test performance when both 2f1-f2 and 2f2-f1 are used to predict auditory status. *J Acoust Soc Am*. 2000 Abr;107(4):2128-35. <http://dx.doi.org/10.1121/1.428494>. PMID:10790038.
- Martin GK, Ohlms LA, Harris FP, Franklin DJ, Lonsbury-Martin BL. Distortion product emissions in humans. III. Influence of sensorineural hearing loss. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*. 1990 Maio;147:30-42. <http://dx.doi.org/10.1177/00034894900990S503>. PMID:2110798.
- Janssen T, Niedermeyer HP, Arnold W. Diagnostics of the cochlear amplifier by means of distortion product otoacoustic emissions. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 2006;68(6):334-9. <http://dx.doi.org/10.1159/000095275>. PMID:17065826.
- Zelle D, Lorenz L, Thiericke JP, Gummer AW, Dalhoff E. Input-output functions of the nonlinear-distortion component of distortion-product otoacoustic emissions in normal and hearing-impaired human ears. *J Acoust Soc Am*. 2017;141(5):3203-19. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4982923>. PMID:28599560.