

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Faculdade de Medicina

**RESPOSTAS DAS EMISSÕES OTOACÚSTICAS POR PRODUTO DE
DISTRORÇÃO EM PRESENÇA DE PERDA AUDITIVA NEUROSENSORIAL**

RENATA PRAZERES MOURA

Belo Horizonte

2016

RENATA PRAZERES MOURA

**RESPOSTAS DAS EMISSÕES OTOACÚSTICAS POR PRODUTO DE
DISTORÇÃO EM PRESENÇA DE PERDA AUDITIVA NEUROSENSORIAL**

Trabalho apresentado à banca de defesa do curso de Mestrado em Ciências Fonoaudiológicas, da Faculdade de Medicina - Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Sirley Alves da Silva Carvalho

Co-orientadora: Prof.^a. Dra. Luciana Macedo de Resende

Belo Horizonte

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Reitor: Prof. Jaime Arturo Ramírez

Vice-Reitora: Profa. Sandra Regina Goulart Almeida

Pró- Reitor de Pós-Graduação: Prof. Rodrigo Antônio de Paiva Duarte

Pró- Reitora de Pesquisa: Profa. Adelina Martha dos Reis

FACULDADE DE MEDICINA

Diretor da Faculdade de Medicina: Prof. Tarcizo Afonso Nunes

Vice-Diretor da Faculdade de Medicina: Prof. Humberto José Alves

Coordenadora do Centro de Pós-Graduação: Prof. Luiz Armando Cunha De
Marco

Subcoordenadora do Centro de Pós-Graduação: Profa. Ana Cristina Côrtes
Gama

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FONOAUDIOLÓGICAS

Chefe do Departamento de Fonoaudiologia:

Prof^a Patrícia Cotta Mancini

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas:

Prof^a. Ana Cristina Côrtes Gama

Subcoordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências
Fonoaudiológicas:

Prof^a. Luciana Macedo de Resende

Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas:

Prof^a. Andréa Rodrigues Motta

Prof^a. Adriane Mesquita de Medeiros

Prof^a. Amélia Augusta de Lima Friche

Prof^a. Ana Cristina Côrtes Gama

Prof^a. Luciana Macedo de Resende

Agradecimentos

Inicio meus agradecimentos por Deus, por me dar força para superar as minhas dificuldade e colocar pessoas tão especiais a meu lado, as quais foram fundamentais para vivenciar este momento!

Aos meus pais, os verdadeiros Mestres que tenho na minha vida. Os maiores incentivadores dos projetos que traço, meu infinito agradecimento. Obrigada pelo amor incondicional!

Aos meus irmãos por toda a cumplicidade e amor. Ao Renan, por sempre me incentivar a acreditar em mim, e a buscar e ser cada dia melhor. Ao Rafael, por ser meu grande companheiro, um presente em minha vida e me mostrar a Fonoaudiologia.

Ao Matheus por me apoiar, incentivar, escutar e compreender as ausências e os momentos difíceis.

A toda a minha família, por ser a melhor que existe, incentivando e torcendo por mim em todos os momentos.

Aos amigos e colegas de trabalho, pelo apoio e contribuições para meu crescimento pessoal e profissional.

À minha orientadora Profa. Sirley e coorientadora Profa. Luciana, por me acompanharem na minha trajetória acadêmica desde a graduação, e contribuir hoje na minha formação como docente e pesquisadora. Vocês acrescentaram muito à minha vida profissional e pessoal. Que venham mais projetos!

À Sirley agradeço pela liberdade, confiança, disponibilidade e compreensão de sempre! Obrigada de verdade pelos conselhos, por estar ao meu lado e acreditar tanto em mim!

À minha coorientadora Profa. Luciana agradeço pelo carinho, amizade, conversas e claro, por me acalmar!

Aos meus amigos do mestrado, pelos momentos divididos juntos, especialmente à Maila, Ana Fernanda, Patrícia, Najlla e Alines, que tornaram mais leve os meus dias. Obrigada por me escutarem e dividirem comigo as angústias. Foi muito bom poder contar com vocês!

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas por todos os ensinamentos e trocas! Vocês são exemplos de profissionais!

E por fim, estendo meus agradecimentos a todos as pessoas que tive a felicidade de conviver na UFMG, minha segunda casa, que deixará muitas saudades e muitas lembranças!

*“Aqueles que passam por nós não vão sós.
Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.”*

Antoine de Saint-Exupéry

Resumo

Introdução: Além de avaliar a integridade funcional das células ciliadas externas, as respostas do exame de emissões otoacústicas podem servir de utensílio para estimar limiares auditivos de pessoas com perda auditiva de origem coclear, sendo que as emissões otoacústicas evocadas transientes e as emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção são as mais utilizadas na prática. Algumas afecções provocam destruição em parte das células ciliadas externas, mas preservam um percentual, as chamadas células ciliadas residuais. Entretanto os protocolos atuais ainda não conseguem investigar o comportamento das células ciliadas residuais, afinal os níveis de estimulação habituais são considerados insuficientes, sendo, portanto, necessário elevar a intensidade de estimulação. **Objetivo:** Estudar o efeito da variação da intensidade de estimulação sobre as respostas das emissões otoacústicas por produto de distorção em indivíduos com perda auditiva neurosensorial de grau leve, moderado e severo utilizando um novo protocolo de registro das emissões. **Métodos:** Trata-se de um estudo observacional transversal, composto por 38 participantes, de ambos os sexos, com idade entre 8 e 90 anos, apresentando diagnóstico de perda auditiva neurosensorial de grau leve, moderado ou severo, oriundos do Serviço de Atenção à Saúde Auditiva do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Foram realizados os seguintes procedimentos: anamnese, meatoscopia, audiometria tonal liminar, logaudiometria, imitanciometria, emissões otoacústicas por produto de distorção e emissões otoacústicas residuais utilizando um protocolo desenvolvido na plataforma do equipamento ECHODIA, modelo *Elios®*, especificamente para verificação da fase das respostas, a fim de identificar respostas fisiológicas e artefatos. As respostas registradas nas emissões residuais foram consideradas como: “presente”, quando se tratava de respostas fisiológicas, “ausente” ou “artefato”, quando se tratava de respostas instrumentais. Foi realizada análise descritiva das variáveis categóricas e contínuas. Os resultados das emissões residuais foram correlacionados com os limiares tonais. Para análise estatística foram utilizados o teste Mann-Whitney e o teste ANOVA com correção de Bonferroni. **Resultados:** Foram incluídos no

estudo 38 participantes, com média de idade 54,63 anos. O total de orelhas incluídas foi de 72. No exame de emissões residuais, na frequência de 1300Hz houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos que apresentaram resultado “ausente” e “presente”, e entre os grupos que apresentaram “artefato” e “presente”; e na frequência de 2000Hz entre os grupos que apresentaram resultado “ausente” e “presente”. Ao analisar a média encontrada na audiometria e o resultado das emissões residuais, apenas a frequência de 1300Hz apresentou relação estatisticamente significativa em todos os grupos. Já a frequência de 2000Hz apresentou relação estatisticamente significativa entre os resultados “ausente” e “presente”, e “artefato” e “presente”. Ao correlacionar o resultado da audiometria e o valor das emissões residual houve correlação positiva para as frequências de 1000Hz e 4000Hz. O “artefato” foi registrado principalmente nas frequências mais altas: 56,2% em 3000Hz e 58,2% em 4000Hz. **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 para verificar a procedência da resposta. O protocolo proposto mostrou-se útil, visto que diferencia uma resposta fisiológica de um artefato, evitando assim diagnósticos errôneos. Entretanto, ainda são necessários estudos com diferentes populações, com idades e etiologias diferenciadas, para maior aprofundamento acerca do funcionamento coclear em presença de déficit auditivo.

Descritores: emissões otoacústicas espontâneas, cóclea, diagnóstico, células ciliadas auditivas.

Abstract

Introduction: Besides evaluating the functional integrity of the other hair cells, the responses of the otoacoustic emissions test is a tool to estimate hearing thresholds of people with cochlear dysfunction and the types actually used in the clinic routine are the transient evoked otoacoustic emissions and distortion products. Certain conditions cause destruction in parts of the outer hair cells, but preserving a percentage, the so-called residual outer hair cells. However the current protocols still fail to investigate the behavior of residual outer hair cells, after all the usual stimulation levels are considered insufficient and, therefore, necessary to raise the intensity of stimulation. **Objective:** To study the effect of stimulation intensity variation on the responses of distortion products in subjects with mild, moderate or severe sensorineural hearing loss using a new protocol to register the otoacoustic emissions. **Methods:** This is a cross-sectional observational study, composed of 38 participants, of both sexes, aged between 8 and 90 years, with diagnosis of mild, moderate or severe hearing loss, from the Hearing Health Service of the Hospital of the Federal University of Minas Gerais. The following procedures were performed: anamnesis, otoscopy, pure tone audiometry, speech audiometry, tympanometry, distortion product and residual otoacoustic emissions using a protocol developed in ECHODIA equipment platform, Elios model, specifically for verification of the phases of responses, to identify the physiological responses. Responses recorded in residual otoacoustic emissions were considered "present" when it came to physiological responses, "absent" or "artifact" when it was instrumental responses. Descriptive analysis of the categorical and continuous variables was performed. The results of the residual otoacoustic emissions were correlated with pure tone thresholds. Statistical analysis was performed using the Mann-Whitney test and ANOVA with Bonferroni correction. **Results:** The study included 38 participants with an average age of 54.63 years. The total included ears was 72. On residual otoacoustic emissions test, at a frequency of 1300Hz, there was statistically significant difference between the groups with the result "absent" and "present" and between the groups with "artifact" and "present"; and in the frequency of

2000Hz between the groups with the result of "absent" and "present." 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. However, the frequency of 2000Hz showed a statistically significant relationship between the "absent" and "present" result and "artifact" and "present." By correlating the results of the audiometry and the amount of residual emissions, there was positive correlation for the frequencies of 1000 Hz and 4000 Hz. The "artifact" was mostly recorded in the higher frequencies: 56.2% in 3000 Hz and 58.2% in 4000 Hz. **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. The proposed protocol was useful, since it differentiates a physiological response of an artifact, thus avoiding misdiagnosis. However, further studies are needed with different populations, ages and different etiologies, for further deepening about cochlear function in the presence of hearing loss.

Keywords: Spontaneous Otoacoustic emissions, cochlea, diagnosis, hair cells auditory.

Lista de Ilustrações

Métodos

Quadro 1: Faixa etária dos participantes

Figura 1: Equipamento ECHODIA modelo *Elios*®

Figura 2: Registro de resposta no equipamento. A) Exemplo de respostas fisiológicas; B) Exemplo de artefato.

Artigo 1

Figura 1: Processo de seleção dos artigos

Figura 2 - Distribuição dos artigos selecionados, segundo título, autores, ano de publicação, país e objetivos.

Artigo 2

Figura 1: Resultado de um exame que apresentou uma resposta instrumental.

Figura 2: Resultado de um exame que apresentou uma resposta fisiológica.

Figura 3: Análise descritiva dos resultados do PD e PD residual para: A) Frequência de 1000Hz; B) Frequência de 2000Hz; C) Frequência de 3000Hz; D) Frequência de 4000Hz.

Figura 4: Diagrama de dispersão entre o limiar da audiometria e o valor da EOAPD.

Lista de Tabelas

Artigo 2

Tabela 1. Análise descritiva dos resultados da audiometria por frequência avaliada. N=72.

Tabela 2. Descrição das medidas de tendência central e variabilidade dos resultados do EOPD residual.

Tabela 3. Descrição das medidas de tendência central e variabilidade dos resultados da audiometria em relação aos resultados da EOAPD residual (ausente, artefato, presente).

Lista de Abreviaturas e Siglas

EOA – Emissões Otoacústicas

CCE – Células ciliadas externas

EOAT – Emissões Otoacústicas Transientes

EOAPD – Emissões Otoacústicas por Produto de Distorção

ANSI – American National Standards Institute

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

Sumário

1. Introdução.....	14
2. Objetivos.....	18
2.1. Objetivo Geral.....	18
2.2. Objetivos Específicos.....	18
3. Métodos.....	19
3.1. Delineamento do Estudo.....	19
3.2. Amostra.....	19
3.3. Procedimentos.....	19
3.4. Critérios de Inclusão e Exclusão da Pesquisa.....	23
3.5. Local da Pesquisa.....	24
3.6. Coleta de dados.....	24
3.7. Análise de Dados.....	24
4. Resultados.....	27
1. Artigo 1.....	27
2. Artigo 2	39
5. Considerações Finais.....	55
6. Anexo.....	57

1. Introdução

O método de análise das emissões otoacústicas (EOA) vem sendo amplamente utilizado na bateria de testes para o diagnóstico de alterações auditivas, desde a sua descoberta por Kemp em 1978¹, pois além de avaliar a integridade funcional das células ciliadas externas (CCE), suas respostas podem ser úteis para estimar limiares auditivos de pessoas com perda auditiva de origem coclear. No entanto, o seu valor diagnóstico ainda é puramente qualitativo: o resultado está relacionado com a presença ou ausência de resposta em função da condição da cóclea, o que limita sua utilização em certos casos.

As EOA podem ser classificadas em espontâneas e evocadas, em função da presença ou ausência de estimulação no meato acústico externo. As EOA espontâneas podem ser captadas na ausência da estimulação acústica. Entretanto as EOA evocadas ocorrem durante ou depois de uma estimulação acústica externa. Trata-se de um teste que avalia a integridade das CCE de forma não invasiva e caracterizam-se por ser um exame objetivo, rápido, indolor e de fácil aplicação clínica².

As EOA evocadas são divididas em três tipos, sendo elas evocadas por estímulo transiente ou transitórias (EOAT), por produtos de distorção (EOAPD) e por estímulo-frequência ou por frequência dependente³.

As EOAT e as EOAPD são as mais utilizadas na prática clínica. As EOAT são geralmente evocadas por estímulo breve e que abrange ampla gama de frequência (click) o que permite a estimulação da cóclea como um todo. Em relação às EOAPD, estas são respostas geradas pela cóclea, evocadas por dois tons puros (f_1 e f_2) apresentados simultaneamente com frequências sonoras muito próximas ($f_2/f_1=1,22$)⁴. O produto de distorção surge da capacidade da cóclea em amplificar de forma não linear dois estímulos diferentes, ocorrendo uma intermodulação que resulta em um produto de distorção. A distorção que tem como resultante a combinação $2f_1-f_2$ é a mais ampla no homem. Por fim, as EOAs por estímulo-frequência são evocadas por um sinal contínuo, de fraca intensidade, na frequência do estímulo contínuo apresentado. São mais difíceis de serem obtidas devido à dificuldade em

separar o estímulo da resposta e por esta razão são menos utilizadas usualmente¹.

As EOAT estão ausentes em limiares auditivos piores que 30dBNA aproximadamente⁵, enquanto que as EOAPD estão ausentes em casos de perdas auditivas neurosensoriais com limiares a partir de 30 e 40 dBNA ou 30-50dBNA^{6,7}. Entretanto, certas patologias preservam um percentual de CCE residuais garantindo assim um ganho coclear mínimo. Estas CCE residuais podem produzir respostas de EOAPD com o aumento da intensidade de estimulação, desde que os esteriocílios, estruturas responsáveis pela distorção, estejam funcionando. Estudos precedentes, com modelo animal, comprovaram a existência de respostas das EOAPD residuais em presença de disfunção coclear^{8,9}.

No entanto, na prática clínica, não é possível realizar a pesquisa das CCE residual com os protocolos atualmente propostos, visto que os níveis de estimulação habituais, 65/55 dBNPS são considerados insuficientes para provocar a distorção em presença de disfunção coclear. Porém, com estimulação superior espera-se que as CCE residuais engendrem produtos de distorção⁹. Ao elevar a intensidade de estimulação certos equipamentos podem gerar respostas de EOAPD instrumentais ou artefatos, isto é, produzidos pelo próprio aparelho ou pela ressonância gerada nas orelhas externa e média e não pelas estruturas coleares. Este fato importante deve ser levado em consideração na análise das respostas evocadas com intensidades mais elevadas.

Diante deste contexto, este trabalho propõe uma pesquisa de caráter inovador, com um protocolo capaz de diferenciar as respostas instrumentais (eletrônicas ou artefatos) das respostas fisiológicas, originadas na cóclea. Trata-se de um protocolo desenvolvido pela equipe do Laboratório de Biofísica Neurosensorial da Universidade d'Auvergne, França, em parceria com a empresa ECHODIA.

Este trabalho integra um projeto de pesquisa mais amplo intitulado "Parâmetros de respostas das Emissões Otoacústicas Residuais em presença de alterações auditivas de origem coclear" que tem como objetivo geral desenvolver um método de diagnóstico auditivo capaz de determinar, por meio

do exame EOAPD, os limiares auditivos por frequência entre 0,5 e 8 kHz, em crianças e adultos com diagnóstico de perda auditiva neurosensorial uni ou bilateral de grau leve, moderado ou severo.

Acredita-se que o aprofundamento de conhecimentos sobre os parâmetros das respostas utilizados nas EOAPD pode elucidar aspectos importantes deste teste para o diagnóstico objetivo da perda auditiva.

O presente trabalho apresenta a produção realizada no decurso do Mestrado em Ciências Fonoaudiológicas da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais e é constituído de introdução, objetivos, métodos, resultados e considerações finais.

O capítulo resultados será apresentado sob forma de dois artigos científicos, sendo o primeiro uma revisão da literatura acerca do tema e o segundo, um artigo original contemplando os resultados encontrados pela pesquisa.

Referências Bibliográficas

1. Kemp, DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J. Acoust. Soc. Am.* 1978;64, 1386-1391.
2. Dell'Aringa AR, Dell'Aringa AHB, Juarez AJC, Melo C, Perches FRM. Emissões otoacústicas por produtos de distorção em crianças de 2 a 7 anos. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.* 2004; 70(3): 380-384.
3. Sousa, L. C. A. Eletrofisiologia da audição e emissões otoacústicas: princípios e aplicações clínicas. 2.ed. Ribeirão Preto, SP: Novo Conceito.
4. Almeida PP, Sanches SGG, Carvalho RMM. Limiar da função de crescimento das emissões otoacústicas: produto de distorção em neonatos. *Pró-Fono R. Atual. Cient.* 2010; 22(4): 409-414.
5. Kemp DT, Ryan S, Bray P. A guide to the effective use of otoacoustic emissions. *Ear Hear.* 1990; 11(2):93-105.
6. Kós MI, Almeida K, Frota S, Hoshino ACH. Emissões Otoacústicas por 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 Jul-Set; 11(3):465-472.
7. Pinto VS, Lewis DR. Emissões otoacústicas: produto de distorção em lactentes até dois meses de idade. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica.* 2007; 19(1): 195-204.
8. Avan P, Bonfils P, Gilain L, Mom T. Physiopathological significance of distortion-product otoacoustic emissions at 2f1-f2 produced by high- versus low-level stimuli. *J Acoust Soc Am.* 2003 Jan;113(1):430-41.
9. Carvalho S, Mom T, Gilain L, Avan P. Frequency specificity of distortion-product otoacoustic emissions produced by high-level tones despite inefficient cochlear electromechanical feedback. *J Acoust Soc Am.* 2004 Sep;116(3):1639-48.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Estudar o efeito da variação da intensidade de estimulação sobre as respostas das EOAPD em indivíduos com perda auditiva neurosensorial de grau leve, moderado e severo utilizando um novo protocolo de EOA.

2.2. Objetivos específicos

- a)** Descrever as variáveis categóricas (resposta da EOAPD presentes ou ausentes, e resposta do EOAPD residual) e as variáveis contínuas (idade, limiar da audiometria, valor do PD residual)
- b)** Comparar as respostas das EOAPD em diferentes intensidades de estimulação por frequência específica, para a população estudada.
- c)** Verificar a correlação entre limiares de respostas de EOAPD residuais e limiares tonais para cada frequência testada.

3. Métodos

3.1 Delineamento do Estudo

Trata-se de um estudo observacional transversal com amostra de conveniência.

Este estudo integra a pesquisa intitulada “Parâmetros de respostas das Emissões Otoacústicas Residuais em presença de alterações auditivas de origem coclear”, que foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais sob o parecer 36403414.6.0000.5149.

3.2 Amostra

No período de novembro de 2014 a agosto de 2015, foram convidados a participarem da pesquisa, indivíduos a partir de sete anos de idade, com diagnóstico de perda auditiva neurossensorial de grau leve, moderado ou severo, oriundos do Serviço de Atenção à Saúde Auditiva do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais.

Foram incluídos no estudo, 38 indivíduos, sendo 23 (61%) do gênero feminino e 15 (39%) do gênero masculino. A idade mínima dos participantes foi de 8 anos, a máxima de 90 anos, com média de 54,63 anos e desvio padrão de 28,56 anos. O quadro 1 apresenta a descrição da faixa etária dos participantes.

Faixa etária	Participantes
8 – 19 anos (jovens)	9
20 – 59 anos (adultos)	8
60 a 90 anos (idosos)	21

Quadro 1: Faixa etária dos participantes.

Em relação às orelhas, foram incluídas no estudo 72 orelhas, sendo que foram excluídos do estudo 4 orelhas que apresentaram audição normal.

3.3 Procedimentos

a) Anamnese

Inicialmente foi realizada uma anamnese com os responsáveis contendo dados de identificação (idade, gênero), sobre a audição (queixas audiológicas), sobre a saúde (história de doenças pregressas e utilização de medicamentos), além de dados relativos ao desenvolvimento global e escolar das crianças e adolescentes.

b) Meatoscopia

Procedimento foi realizado com o objetivo realizar inspeção visual do meato acústico externo.

c) Imitanciometria

O exame foi realizado 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 (1970)¹. O equipamento utilizado foi o imitanciômetro *Interacoustics At235h*, calibrado segundo o padrão ANSI S3.6².

O exame de imitanciometria foi realizado em todos os participantes, no mesmo dia da coleta, antecedendo os outros exames.

d) Audiometria

No dia da coleta foi realizada audiometria tonal e vocal para verificação dos limiares auditivos e confirmação da perda auditiva neurosensorial do paciente ou foram utilizados os dados de audiometria realizada no mesmo serviço até 6 meses antes da coleta, conforme procedimento descrito a seguir:

- A audiometria tonal por via aérea, nas frequências de 250Hz, 500Hz, 1KHz, 2KHz, 3KHz, 4KHz, 6KHz e 8KHz e por via óssea, em 500Hz, 1KHz, 2KHz, 3KHz e 4KHz.

- Logoaudiometria com pesquisa do índice percentual de reconhecimento de fala e o limiar de reconhecimento de fala, de acordo com os critérios estabelecidos pela literatura.

O exame foi realizado em cabina acusticamente tratada, segundo recomendação da norma ANSI S3.1³ O resultado da audiometria tonal liminar foi classificado segundo Davis e Silverman⁴.

e) Emissões Otoacústicas Evocadas Por Produto de Distorção

Para os registros das EOA foi utilizado o equipamento *Elios*[®] da marca ECHODIA (Figura 1). Este é um dispositivo de teste de função computadorizado portátil e multifuncional. Este equipamento possui, dentre outros, três módulos que permitem a avaliação audiológica por meio das emissões otoacústicas: EOAT, EOAPD e EOAPD residuais.

Para avaliação das EOAPD foram recolhidas para cada orelha, as frequências de 1, 2, 3, 4 e 5 KHz com intensidade padrão de L1=L2= 60 dBNPS. A razão entre f1 e f2 foi de 1,22. E o produto 2f1-f2 foi analisado.



Figura 1: Equipamento ECHODIA modelo *Elios*[®]

f) Emissões Otoacústicas Evocadas Por Produto de Distorção Residuais

Após a realização do exame com intensidade padrão (60/60dBNPS), caso o exame de EOAPD apresentasse pelo menos uma frequência ausente era então realizada a pesquisa das EOAPD residuais.

As EOAPD residuais foram consideradas na presente pesquisa como a resposta oriunda das células ciliadas, que foram geradas após o aumento da estimulação proposto pelo protocolo.

As respostas das EOAPD residuais foram coletadas por meio da plataforma do equipamento Echodia, modelo *Elios®* (figura 1), implementada para que a análise das respostas seja automática: se o equipamento detectar ausência de respostas (artefatos ou EOAPD fisiológica) a intensidade de estimulação aumenta automaticamente em passos de 3 dB até que uma resposta seja encontrada. Se for detectado artefato, o exame para automaticamente.

O exame se inicia com uma intensidade de 60 dB, podendo chegar até 80 dB (sendo que o nível de f1 (L1) é igual ao nível de f2 (L2)).O exame foi realizado nas frequências de 1 à 4 kHz.

Para aquisição e verificação das respostas, o *software* realiza o cálculo do 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 sejam realizadas cinco diferentes razões, sendo elas $f1/f2 = 1,22; 1,24; 1,26; 1,28$ e $1,30$. Por razões estatísticas e de reprodutibilidade foi aconselhável realizar um mínimo de cinco aquisições.

Portanto, quando registrado o produto distorção com cinco aquisições diferentes, em que a frequência f2 primária é fixa e a frequência f1 primária é variada, conclui-se que a medição é realizada em regiões cocleares muito próximas. Se as respostas registradas não variarem, mesmo que seja modificada a razão $f1/f2$ e o gráfico permanecer plano (Imagem B, da Figura 2) significa que o registro é um artefato, ou seja, uma resposta distorcida que foi produzida pelo próprio instrumento de medição. Entretanto, se as respostas variarem quando modifica a razão $f1/f2$ (imagem A, da Figura 2), isto corresponde à excitação de regiões cocleares, ou seja, respostas oriundas da cóclea, sendo consideradas respostas fisiológicas.

Dessa forma, o equipamento analisa as respostas encontradas, que são classificadas como presentes, ausentes ou artefatos. Se durante as medições do software for detectado um artefato, aparece uma mensagem na tela do equipamento informando e então o pesquisador pode decidir por continuar ou não o registro.

Visto que, ao elevar a intensidade de estimulação, os equipamentos podem registrar na pesquisa do produto de distorção respostas que embora acredita-se que sejam fisiológicas, são na verdade artefatos. O que torna fundamental o uso de um equipamento que possa analisar a procedência das respostas encontradas.

O *Elios®* é, portanto um equipamento capaz de detectar as respostas e analisá-las, diferenciando uma resposta instrumental (artefato) de uma resposta fisiológica.

Este protocolo foi desenvolvido exclusivamente para fins de pesquisa.

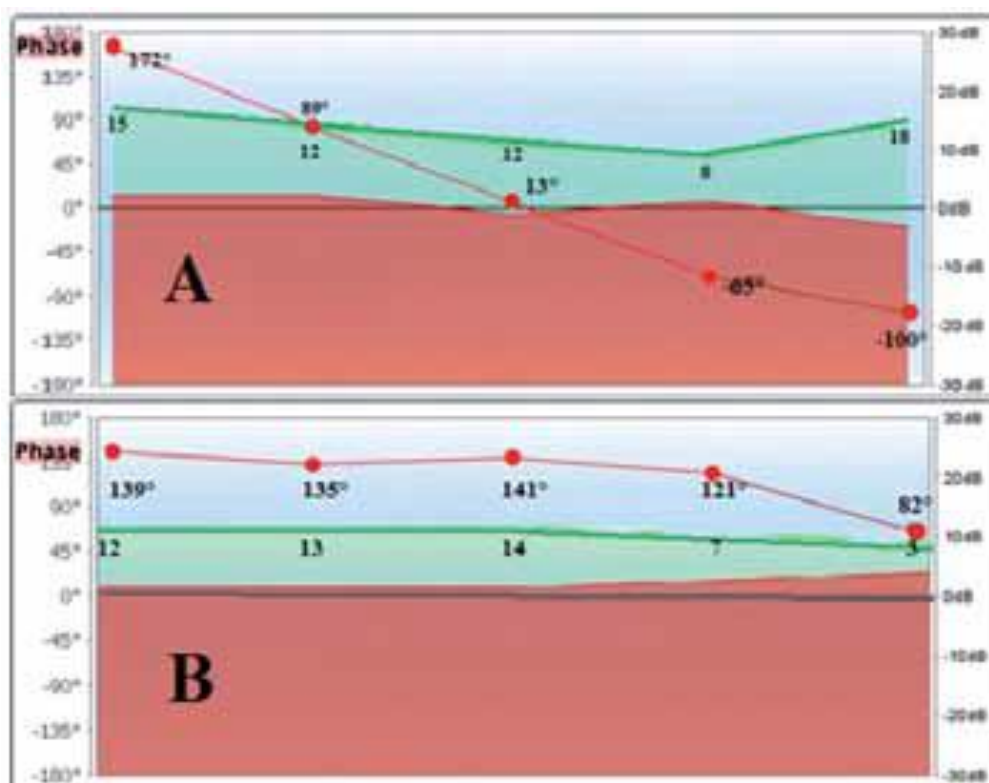


Figura 2: Registro de resposta no equipamento. A) Exemplo de respostas fisiológicas; B) Exemplo de artefato⁵.

3.4 Critérios de Inclusão e Exclusão da Pesquisa

a) Critérios de inclusão

Ter idade a partir de sete 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 frequências de 1 a 4KHz.

b) Critérios de exclusão

Desistência na participação da pesquisa; não realização de todos os procedimentos propostos pela pesquisa.

3.5 Local da pesquisa

Todos os procedimentos foram realizados no ambulatório de Fonoaudiologia do Hospital São Geraldo no andar térreo, em sala acusticamente vedada.

3.6 Coleta de dados

A coleta dos dados foi realizada pela própria pesquisadora. Os participantes foram submetidos aos exames audiológicos descritos acima. Todos os procedimentos foram realizados no mesmo dia ao atendimento de rotina dos participantes no hospital.

3.7 Análise de Dados

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

As variáveis categóricas (gênero, grau da perda auditiva, resposta do EOAPD GRAM, e resposta do EOAPD residual) foram apresentadas por meio de análise de frequência. As variáveis contínuas (idade, limiar da audiometria, valor do EOAPD residual) foram apresentadas por meio de medidas de tendência central e variabilidade.

A avaliação da existência de diferença com relevância estatística entre as medianas das respostas do EOAPD residual foi realizada por meio do teste Man-Whitney, uma vez que a variável "EOAPD residual" não apresentou distribuição normal.

A avaliação da existência de diferença com relevância estatística entre as médias das respostas da audiometria (entre as frequências 1 e 4kHz) em relação ao EOAPD residual presente, ausente e artefato foi feita por meio do teste ANOVA com correção de Bonferroni, uma vez que a variável “audiometria” apresentou distribuição normal.

A correlação entre valor do limiar audiométrico e valor do EOAPD residual foi apresentada por meio de gráficos Scartplot e o grau da correlação foi medido por meio da correlação de Spearmam.

Referências Bibliográficas

1. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. Arch Otolaryngol. 1970. Oct; 92(4):311-24.
2. ANSI S 3.6. - American National Standards Institute - Specification for audiometers. New York; 1969.
3. ANSI S 3.1. - American National Standards Institute - Specification for audiometers. New York; 1991.
4. Davis H, Silverman SR. Hearing and Deafness. 4th ed. New York: Holt, Rinehart and Windston, 1970.
5. Carvalho S, Giraudet F. Nouvelles mesures objectives: vers un état des lieux cochléaires plus précis. Les Cahiers de l'Audition. 2014. Novembro/Dezembro; 27(6): 50-4.

4. Resultados

Os resultados desta pesquisa serão apresentados sob a forma de dois artigos científicos.

Artigo 1

O presente artigo foi apresentado à banca de qualificação em 11/05/2015 e, após correções, enviado à Revista CEFAC, aguardando definição da referida revista.

Título: APLICAÇÃO CLÍNICA DAS EMISSÕES OTOACÚSTICAS POR PRODUTO DE DISTORÇÃO EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES: REVISÃO DE LITERATURA

Resumo: Este estudo teve como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre a aplicação clínica das emissões otoacústicas por produto de distorção em crianças e adolescentes, dos últimos cinco anos. A pesquisa foi realizada nas bases de dados eletrônicos Bireme e Pubmed com descritores na língua portuguesa e inglesa. Foram selecionados 12 artigos de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. As EOAPD têm sido realizadas em crianças e adolescentes envolvendo desde o diagnóstico diferencial, o monitoramento de indivíduos expostos a agentes nocivos a audição, na prevenção e detecção precoce de lesões cocleares e na análise da maturação coclear. Entretanto se faz necessário novos estudos na área com crianças e adolescentes.

Descritores: emissões otoacústicas espontâneas, cóclea, lactentes, crianças e adolescentes.

Abstract: This study aimed to conduct a literature review on the clinical application of distortion product otoacoustic emissions in children and adolescents, in the last five years. The survey was conducted in electronic databases Bireme and Pubmed with keywords in Portuguese and English. 12 articles were selected according to inclusion and exclusion criteria. DPOAEs have been conducted in children and adolescents from the differential diagnosis, monitoring of individuals exposed to harmful agents, prevention and

early detection of cochlear injury and the analysis of cochlear maturation. However further research is necessary in the audiology field with children and adolescents.

Keywords: Spontaneous Otoacoustic emissions, cochlea, infant, child and adolescent.

1- Introdução

As emissões otoacústicas (EOA) são definidas como a liberação de energia sonora na cóclea, que se propaga na orelha média até alcançar o meato acústico externo¹. Kemp sugeriu, na década de 70, que esses sons são gerados dentro da cóclea, espontaneamente ou em resposta a estimulação acústica².

Em função da presença ou ausência de estimulação sonora para a obtenção das respostas cocleares por meio das EOA, estas são classificadas como: emissões otoacústicas espontâneas ou evocadas. Estas últimas podem ser divididas de acordo com o tipo de estímulo usado e resposta em: emissões otoacústicas estímulo frequência, emissões otoacústicas evocadas por estímulo transiente e emissões otoacústicas por produto de distorção^{1,3,4,5}.

As emissões otoacústicas por produtos de distorção (EOAPD) são definidas como sendo a energia acústica originando-se da cóclea pela interação não linear de dois tons puros aplicados simultaneamente². Os dois tons puros são apresentados por frequências ligeiramente diferentes (f_1 e f_2)⁵. A intensidade de estimulação pode variar, entretanto na prática clínica, tem-se utilizado o protocolo cujo o nível (L) de $f_1=65$ dB NPS e de $f_2=55$ dB NPS.

Os registros das EOAPD podem ser realizados das seguintes formas: o "Dp-gram" em que visualiza-se a amplitude das EOAPD em função das frequências, para uma intensidade fixa dos estímulos; a Curva de Crescimento/Razão de Crescimento ("Input/Output") em que visualiza-se a amplitude das EOAPD em função da intensidade, mantendo-se fixa a frequência dos dois tons puros; e a Latenciograma, que é o cálculo da latência das emissões em relação às frequências sonoras^{3,6,7,8}.

O uso das EOAPD e as informações fornecidas pelo exame podem auxiliar principalmente no entendimento do funcionamento coclear na população infantil, visto que as EOAPD permitem avaliar a funcionalidade das células ciliadas externas de forma não invasiva. Além disso, caracterizam-se por ser um exame objetivo, rápido, indolor e de fácil aplicação, tornando-a um importante instrumento na população infantil⁴. Diante disso, se faz necessário explorar os estudos relacionados a esta população para melhor conhecimento da fisiopatologia e interpretação dos seus resultados.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão da literatura de estudos voltados à aplicação clínica das emissões otoacústicas por produto de distorção em crianças e adolescentes.

2- Métodos

Trata-se de revisão sistemática de literatura sobre a aplicação clínica das emissões otoacústicas por produto de distorção em crianças e adolescentes. Para a presente revisão foi elaborada, na primeira etapa, a pergunta norteadora *“Qual a aplicação clínica das emissões otoacústicas por produto de distorção em crianças e adolescentes nos últimos anos?”*. Após a definição da pergunta foi iniciada a busca na literatura para levantamento e seleção dos estudos.

O levantamento bibliográfico foi realizado no período de janeiro a março de 2015, nas bases de dados Bireme e Pubmed, sobre o assunto de interesse publicado no período de 2010 a 2015. Nas buscas, os seguintes descritores “emissões otoacústicas espontâneas”, “cóclea”, “lactentes”, “crianças” e “adolescentes” foram utilizados na língua portuguesa e inglesa combinados com os termos “emissão otoacústica por produtos de distorção” e “distortion-product otoacoustic emissions”.

Os critérios de inclusão foram artigos publicados na íntegra em periódicos nacionais e internacionais, que abordassem a temática do estudo, nos últimos cinco anos, que correspondem aos anos de 2010 a 2015, nos idiomas inglês ou português. Após a leitura do resumo foram excluídos os artigos que possuíam temática diferente do presente estudo.

A busca inicial indicou 823 artigos. De acordo com os critérios de inclusão restaram 152 artigos, sendo 66 artigos repetidos. Após a leitura do título e resumo foram selecionados 20 artigos. Estes foram lidos na íntegra e 12 foram selecionados após aplicação dos critérios de exclusão. A Figura 1 ilustra o processo de seleção dos artigos.

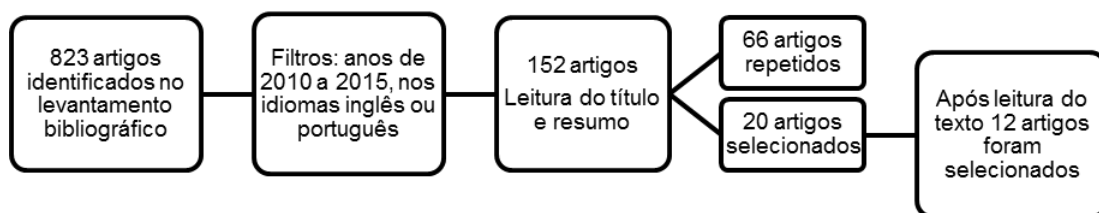


Figura 1: Processo de seleção dos artigos

Os artigos incluídos na presente revisão foram apresentados na Figura 2 seguindo a ordem alfabética. Foram incluídos seis artigos nacionais e sete artigos internacionais.

Título	Autores	Ano de publicação	País	Objetivo principal
Age related changes to the dynamics of contralateral DPOAE suppression in human subjects.	Ujimoto Konomi, Sohit Kanotra, Adrian L James and Robert V Harrison	2014	Canadá	Medir a dinâmica da supressão das EOAPD contralateral em uma população de indivíduos com audição normal de diferentes idades.
Análise das emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção em neonatos prematuros	Jaqueline B. Diniz, Sirley A. da S. Carvalho, Daniele B. C. Ferreira, Camila V. Ramos, Iara B. Bassi, Luciana M. de Resende	2014	Brasil	Estudar as emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção em neonatos prematuros.

Auditory function and hearing loss in children and adults with Williams syndrome: cochlear impairment in individuals with otherwise normal hearing	Jeffrey A. Marler, Jessica L. Sitcovsky, Carolyn B. Mervis, Doris J. Kistler, Frederic L. Wightman	2010	Estados Unidos	Caracterizar o funcionamento auditivo em indivíduos com Síndrome de Williams
Cochlear function in 1-year-old term infants born with hypoxia-ischaemia or low Apgar scores.	Ze D Jiang, Zeng Zang and Andrew R Wilkins	2012	Reino Unido	Analisar a influência do hipóxia isquêmica perinatal ou baixo índice de Apgar no produto de distorção das emissões otoacústicas em crianças com 1 ano e detectar quaisquer alterações pós-natais.
Contralateral suppression of otoacoustic emissions: Input-Output functions in neonates	Ualace De Paula Campos, Stavros Hatzopoulos, Krzysztof Kochanek, Lech Sliwa, Henryk Skarzynski, Renata Mota Mamede Carvalho	2011	Itália	Avaliar os efeitos da estimulação acústica contralateral sobre as funções DPOAE "Input/Output" nas frequências de 2 kHz e 4 kHz, em uma amostra de sujeitos neonatais.
Distortion-product otoacoustic emissions and contralateral suppression findings in children with Asperger's Syndrome	Wafaa A. Kaf e Ali A. Danesh	2013	Estados Unidos	Examinar as emissões otoacústicas produto de distorção, com e sem ruído branco contralateral para avaliar a atividade das células ciliadas externas e atividade do sistema olivococlear eferente medial em crianças com Síndrome de Asperger.
Environmental lead exposure and otoacoustic emissions in Andean children	Leo H. Buchanan, S. Allen Counter, Fernando Ortega	2011	Estados Unidos	Avaliar o impacto da exposição ao chumbo em nível coclear, examinando possíveis efeitos através da observação das emissões otoacústicas produtos de distorção.
Intensidade do ruído produzido em sala de aula e análise de emissões acústicas em escolares	Nelson de Almeida Filho, Filipe Filletti, Hiran Rocha Guillaumon, Flavio Serafini	2012	Brasil	Aferir se escolares estão expostos a ruídos de intensidade lesiva à cóclea; definir o perfil destes escolares; demonstrar ocorrência de alterações na atividade coclear após exposição de um dia ao ruído do ambiente escolar.

Limiar da função de crescimento das emissões otoacústicas: produto de distorção em neonatos	Patricia Pinheiro de Almeida, Seisse Gabriela Gandolfi Sanches, Renata Mota Mamede Carvalho	2010	Brasil	Determinar o limiar das EOAPD em neonatos por meio da função curva de crescimento das EOAPD nas frequências de 2 kHz e 4kHz.
Maturação auditiva periférica: análise das amplitudes das emissões otoacústicas produto de distorção em neonatos pré-termo e a termo	Daniele B. da C. Ferreira, Nádja Í. C. e Araújo, Suzana Raquel L. Marques, Isabela A. Miranda, Fernanda A. B. de Resende, Luciana M. de Resende, Sirley A. da S. Carvalho	2014	Brasil	Comparar neonatos prematuros e a termo quanto à presença e amplitude das EOAPD, bem como caracterizá-los em relação aos indicadores de risco para perda auditiva.
Maturation and aging of the human cochlea: a view through the DPOAE looking glass.	Carolina Abdala e Sumitrajit Dhar	2012	Estados Unidos	Examinar função coclear desde o período neonatal e continuando até a senescência.
Prevalência de alterações das células ciliadas externas em estudantes de uma escola do Distrito Federal	Valéria G. da Silva, André L. L. Sampaio, Carlos Augusto C. P. de Oliveira, Pedro Luiz Tauil, Glaucia M. B. Jansen	2012	Brasil	Investigar a prevalência de lesão das células ciliadas externas por meio do teste de emissões otoacústicas em uma amostra de estudantes.

Figura 2 - Distribuição dos artigos selecionados, segundo título, autores, ano de publicação, país e objetivos.

3- Revisão da Literatura

No âmbito da intervenção precoce e prevenção, a avaliação da função auditiva se torna primordial. Dentre os métodos objetivos de avaliação auditiva, o exame das Emissões Otoacústicas (EOA) representa um importante instrumento para avaliação objetiva da cóclea, já que as EOA refletem diretamente a atividade das células ciliadas externas (CCE)⁸.

Dessa forma, alguns estudos buscam compreender mecanismos cocleares ainda desconhecidos por meio das EOAPD. Recentemente foi realizado um estudo para examinar a função coclear desde o período neonatal

até a senescência⁹. A amostra foi composta por 156 indivíduos com faixa etária de 33 semanas a 71 anos. Os resultados das EOAPD sugeriram que a movimentação da membrana basilar na metade apical da cóclea é imatura ao nascimento e que as EOAPD diminuem com a idade sendo afetadas pelo envelhecimento. Segundo o estudo, nas últimas décadas de vida, um declínio funcional é evidente, exemplificado principalmente pelo aumento dos limiares auditivos, deterioração na percepção de sinais, e degradação de processamento temporal. A contribuição coclear para este declínio é provavelmente causada pela perda de células sensoriais, degeneração estria (e alterações associadas ao potencial endococlear) e pela perda de neurônios do gânglio espiral⁹.

As emissões otoacústicas também podem auxiliar na detecção precoce de alterações cocleares antes mesmo de serem observadas pela audiometria tonal, possibilitando assim uma avaliação específica da funcionalidade das células ciliadas externas¹⁰. Como descrito na literatura, fatores externos podem ocasionar alterações cocleares. Diante disso alguns autores buscam compreender os efeitos do ruído na fisiologia coclear de crianças e adolescentes^{10,11}.

Em 2012 foi realizada uma pesquisa nacional com 144 estudantes entre 14 e 19 anos. A população foi escolhida devido aos hábitos auditivos desta faixa etária. Os participantes foram submetidos aos exames de emissões otoacústicas evocadas por estímulo transiente e por produto de distorção. Os resultados apresentaram alta prevalência de testes alterados, principalmente nas EOAPD (97,8%) o que pode indicar precocemente uma disfunção coclear, causada provavelmente pela exposição à música em alta intensidade¹⁰.

Outro estudo nacional, publicado em 2012, teve como objetivos aferir se escolares estão expostos a ruídos de intensidade lesiva à cóclea, definir o perfil destes escolares e demonstrar ocorrência de alterações na atividade coclear após exposição de um dia ao ruído do ambiente escolar. A pesquisa foi composta por 28 alunos de 10 a 14 anos que foram avaliados pelo exame das EOAPD. Os resultados revelaram que 25% dos alunos apresentaram piora nos exames de emissões otoacústicas após a exposição aos ruídos em um dia letivo¹¹.

Assim como a exposição ao ruído, a exposição a alguns produtos químicos também pode ser lesiva as células ciliadas externas¹². Em uma pesquisa de campo realizada em áreas rurais do Equador, os autores tiveram como objetivo avaliar o impacto da exposição ao chumbo em nível coclear, examinando possíveis efeitos através da observação das emissões otoacústicas produzidas por produtos de distorção. A amostra foi composta de 102 orelhas de 53 crianças expostas ao chumbo, com idades entre 6 e 16 anos e 33 orelhas do grupo controle. Foram realizadas audiometria, EOAPD e análise das amostras de sangue (para determinar níveis de chumbo no sangue). O estudo mostrou que o grupo de crianças expostas ao ruído apresentaram amplitudes das EOAPD reduzidas quando comparadas ao grupo controle¹².

O processo de maturação coclear também tem sido investigado por meio das emissões otoacústicas. Estudos buscaram identificar por meio dos parâmetros das EOA, relação entre as respostas das EOA e características maturacionais cocleares em neonatos prematuros e a termo^{13,14}. Por exemplo, em 2014 foi realizada uma pesquisa, com o objetivo de estudar as emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção em neonatos prematuros. O estudo constituiu-se da análise das amplitudes das EOAPD de 47 neonatos pré-termos (28 a 36 semanas) em função da idade gestacional. Os resultados não indicaram diferença estatisticamente significativa entre os valores de amplitude das respostas nos diferentes grupos, apesar do crescimento não linear destas respostas em função da idade¹³. Outro estudo realizado em 2014, com metodologia semelhante também verificou aumento (não linear) das amplitudes em função da idade gestacional¹⁴. Estas pesquisas ressaltam a importância das EOAPD para o estudo do fenômeno de maturação do sistema auditivo periférico.

Para compreender a influência de fatores de risco para fisiopatologia coclear, pesquisadores analisaram a influência da hipóxia isquêmica perinatal e o baixo índice de Apgar nas EOAPD de recém-nascidos até um ano de idade. O estudo longitudinal foi realizado com 79 crianças divididas em três grupos: um grupo com crianças com hipóxia isquêmica perinatal; um grupo com baixo índice de Apgar; e um grupo controle. Todas as crianças foram avaliadas com 1, 6 e 12 meses por meio das EOAPD. Os resultados demonstraram que tanto

os recém-nascidos com hipóxia quanto os com baixo índice de Apgar, apresentaram menor porcentagem de “passa” quando comparados com o grupo controle. Os autores concluíram que a hipóxia perinatal influenciou negativamente o estado funcional da cóclea, especificamente das células ciliadas externas. Entretanto, afirmam que são necessários mais estudos para determinar a acuidade auditiva¹⁵.

A maior parte dos estudos encontrados adotou o protocolo DP-gram, entretanto, vale ressaltar que a análise da curva de crescimento e a supressão das EOAPD têm sido apontadas como ferramentas úteis na investigação do sistema auditivo periférico. Por trazerem informações sobre a não linearidade coclear e por elucidar questões relacionadas à função olivococlear e a cóclea¹⁶⁻¹⁹.

Recentemente pesquisadores mediram a supressão das EOAPD em 51 indivíduos com audição normal na faixa etária de 2 a 52 anos. Os resultados mostraram redução da amplitude das EOAPD em função da idade, com diminuição da supressão nos grupos etários mais velhos, e um aumento na latência EOAPD com o aumento da idade. Os autores concluíram que se trata de um procedimento que pode ser mensurado de forma confiável em recém-nascidos e crianças, e que os resultados trazem informações sobre a integridade das células ciliadas externas e da função olivococlear¹⁸.

A supressão também foi estudada em uma pesquisa publicada em 2013 com indivíduos com Síndrome de Asperger. Os autores examinaram as EOAPD, com e sem ruído branco contralateral com objetivo de avaliar a atividade das CCE e atividade do sistema olivococlear eferente medial e observar possível relação com a Síndrome de Asperger. Participaram do estudo 36 indivíduos de 6 a 16 anos de idade, sendo 18 com Síndrome de Asperger e 18 indivíduos do grupo controle. Para aplicação do EOAPD foi utilizado protocolo padrão (65/55 dB NPS) e o ruído branco contralateral foi apresentado em um nível de intensidade de 30 dB NPS. Os resultados sugeriram diferenças sutis no funcionamento das CCE e o no sistema olivococlear entre os grupos¹⁹.

E por fim, as EOAPD podem também ser úteis na avaliação auditiva de pessoas com síndromes relacionadas à perda auditiva. Por exemplo, a

Síndrome de Williams que, devido quadro de otite crônica exige avaliação auditiva constante. Neste sentido, foi realizado um estudo que teve como objetivo caracterizar o funcionamento auditivo em uma população de indivíduos com Síndrome de Williams. A amostra, que contou com 81 indivíduos com idade de 5 a 59 anos, apresentou respostas comportamentais indicativas de perda auditiva de origem coclear corroborando com as medidas de EOAPD²⁰.

4- Conclusão

As EOAPD se mostraram um importante método para avaliação da função coclear em crianças e adolescentes. Conforme encontrado na produção científica dos últimos anos, as EOAPD têm sido realizadas em crianças e adolescentes, envolvendo desde o diagnóstico diferencial, o monitoramento de indivíduos expostos a agentes nocivos a audição, a prevenção e detecção precoce de lesões cocleares, a análise da maturação coclear até a investigação do sistema eferente, entretanto os protocolos atualmente utilizados não quantificam a perda auditiva.

Desta forma, novos estudos sobre o tema poderiam além de contribuir para o aprofundamento do conhecimento acerca da função coclear, buscar estabelecer uma relação mais estreita entre os resultados das emissões otoacústicas e o diagnóstico infantil, de modo que este forneça informações quantitativas e qualitativas mais precisas.

Referências bibliográficas

1. Coelho MSB, Ferraz JRS, Almeida EOC, Almeida FN. As emissões otoacústicas no diagnóstico diferencial das perdas auditivas induzidas por ruído. Rev. CEFAC. 2010; 12(6): 1050-1058.
2. Kemp, DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. J.Acoust.Soc.Am. 1978:64, 1386-1391.
3. Bevilacqua, MC, Martinez MAN, Balen AS, Pupo AC, Reis ACM, Frota S. Tratado de audiologia. São Paulo: Santos, 2011.

4. Dell'Aringa AR, Dell'Aringa AHB, Juares AJC, Melo C, Perches FRM. Emissões otoacústicas por produtos de distorção em crianças de 2 a 7 anos. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.* 2004; 70(3): 380-384.
5. Guedes MC, Passos SN, Gomez MVSG, B RF. Estudo da reprodutibilidade das emissões otoacústicas em indivíduos normais. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.* 2002; 68(1): 34-38.
6. Raineri GG, Coube CZV, Costa FOA, Alvarenga KF. Emissões otoacústicas evocadas - produto de distorção em neonatos audiológicamente normais. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.* 2001; 67(5): 644-648.
7. Figueiredo MS. Emissões otoacústicas e BERA. São José dos Campos: Pulso, 2003.
8. Gouvêa AS, Sobrinho ECL, Paula JX. Latência das emissões otoacústicas – produto de distorção. *CES Revista.* 2009; 23: 77-85.
9. Abdala C, Dhar S. Maturation and Aging of the Human Cochlea: A View through the DPOAE Looking Glass. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology.* 2012; 13(3): 403-421.
10. Silva VG, Sampaio ALL, Oliveira CACP, Tauil PL, Jansen GMB. Prevalência de alterações das células ciliadas externas em estudantes de uma escola do Distrito Federal. *Braz. j. otorhinolaryngol.* 2012; 78(4): 91-97.
11. Almeida Filho N, Filletti F, Guillaumon HR, Serafini F. Intensidade do ruído produzido em sala de aula e análise de emissões acústicas em escolares. *Arquivos Int. Otorrinolaringol.* 2012; 16(1): 91-95.
12. Buchanan LH, Counter SA, Ortega F. Environmental lead exposure and otoacoustic emissions in Andean children. *J Toxicol Environ Health A.* 2011; 74(19): 1280-1293.
13. Diniz JB, Carvalho SAS, Ferreira DBC, Ramos CV, Bassi IB, Resende LM. Análise das emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção em neonatos prematuros. *Rev. CEFAC.* 2014; 16(1): 92-98.
14. Ferreira DBC, Araújo NIC, Marques SRL, Miranda IA, Resende FAB, Resende LM. et al. Maturação auditiva periférica: análise das amplitudes das emissões otoacústicas produto de distorção em neonatos pré-termo e a termo. *Audiol., Commun. Res.* 2014; 19(1): 25-32.

15. Jiang ZD, Zang Z, Wilkinson AR. Cochlear function in 1-year-old term infants born with hypoxia-ischaemia or low Apgar scores. *Journal Of Paediatrics And Child Health*. 2012; 48(2): 160-165.
16. Almeida PP, Sanches SGG, Carvalho RMM. Limiar da função de crescimento das emissões otoacústicas: produto de distorção em neonatos. *Pró-Fono R. Atual. Cient*. 2010; 22(4): 409-414.
17. Campos UD, Hatzopoulos S, Kochanek K, Sliwa L, Skarzynski H, Carvalho RMM. Contralateral suppression of otoacoustic emissions: input-output functions in neonates. *Medical Science Monitor*, 2011; 17(10): 557-562.
18. Konomi U, Kanotra S, James AL, Harrison RV. Age related changes to the dynamics of contralateral DPOAE suppression in human subjects. *Journal Of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*. 2014; 43: 15.
19. Kaf WA, Danesh AA. Distortion-product otoacoustic emissions and contralateral suppression findings in children with Asperger's Syndrome. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2013; 77(6): 947-954.
20. Marler JA, Sitcovsky JL, Mervis CB, Kistler DJ, Wightman FL, Morris CA. Auditory function and hearing loss in children and adults with Williams syndrome: cochlear impairment in individuals with otherwise normal hearing. *American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics*. 2010; 154(2): 249-265.

Artigo 2

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

Título resumido: Emissões otoacústicas residuais

Resumo: Introdução: Algumas afecções provocam destruição em parte das células ciliadas externas, mas preservam um percentual, as chamadas células ciliadas residuais. Entretanto os protocolos atualmente utilizados na rotina clínica ainda não conseguem investigar o comportamento das células ciliadas residuais, sendo necessário elevar a intensidade de estimulação. **Objetivo:** Estudar por meio de um novo protocolo, o efeito da variação da intensidade de estimulação sobre as respostas das emissões otoacústicas por produto de distorção em indivíduos com perda auditiva neurosensorial de grau leve, moderado e severo, com a diferenciação entre resposta fisiológica e artefato. **Métodos:** Estudo observacional transversal, composto por 38 participantes, sendo 23 do gênero feminino e 15 do gênero masculino, com idade entre 8 a 90 anos. Foram realizados anamnese, meatoscopia, audiometria tonal liminar, logaudiometria, imitanciometria, emissões otoacústicas por produto de distorção e emissões otoacústicas residuais. As respostas registradas nas emissões residuais foram consideradas como: “presente”, “ausente” e “artefato”. Foi realizada análise descritiva das variáveis categóricas e contínuas. Para análise estatística foram utilizados o teste Mann-Whitney e o teste ANOVA com correção de Bonferroni. **Resultados:** Foram incluídas 72 orelhas. A média de idade dos participantes foi de média de idade 54,63. Houve diferença estatisticamente significativa na frequência de 1300 e 2000Hz ao comparar os resultados das emissões residuais. Ao comparar os resultados da audiometria e os resultados das emissões residuais, apenas a frequência de 1300Hz apresentou relação estatisticamente significativa em todos os grupos. A frequência de 2000Hz apresentou relação estatisticamente significativa entre os resultados “ausente” e “presente”, e “artefato” e “presente”. Ao correlacionar o

resultado da audiometria e o valor da emissão residual houve correlação positiva para as frequências de 1000 e 4000Hz. O “artefato” foi registrado principalmente nas frequências mais agudas: 56,2% em 3000Hz e 58,2% em 4000Hz. **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 respostas instrumentais (artefatos).

Descritores: emissões otoacústicas espontâneas, cóclea, diagnóstico, células ciliadas auditivas.

1. Introdução

O diagnóstico das alterações auditivas em tempo oportuno possibilita uma importante intervenção à população. Entretanto, embora os métodos de avaliação tenham se aprimorado para obter melhorias no diagnóstico, ainda existem diversas dificuldades como na escolha adequada do exame de acordo com a idade, manipulação do equipamento, influência de fatores externos entre outros, tornando a conclusão diagnóstica um desafio para os audiologistas e um importante campo de pesquisa na área.

Baseado na teoria do amplificador colear, em 1978, Kemp propôs um novo método de avaliação auditiva: as emissões otoacústicas (EOA)¹. Desde então este método tem sido bastante utilizado na prática audiológica para compreender o comportamento das células ciliadas externas (CCE).

As emissões otoacústicas evocadas representam um teste ideal para a triagem e acompanhamento das funções cocleares, e apresenta a vantagem de ser de fácil execução, rápida, não invasiva e eficaz na identificação das perdas auditivas periféricas¹.

Dentre os diferentes tipos de EOA – transientes ou produtos de distorção acústica - estas últimas, as EOAPD, são aquelas que trazem informações mais precisas sobre o funcionamento coclear devido a sua especificidade frequencial. 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 CCE²⁻⁴.

No entanto, a contribuição diagnóstica das EOA ainda é puramente qualitativa. Visto que o resultado presente ou ausente conclui apenas limiares auditivos inferior ou superior à 30dBNA aproximadamente no caso das EOA transientes, e 50dBNA no caso das EOAPD⁵⁻⁷.

Certas afecções provocam destruição em parte das CCE, mas preservam um percentual de CCE, as chamadas CCE residuais. Entretanto os protocolos atuais ainda não conseguem investigar o comportamento das CCE residuais em humanos, visto que, para detectar a presença dessas CCE, os níveis de estimulação utilizados na prática clínica não garantem ganho suficiente para que a distorção aconteça. Diante disso, seria necessária estimulação em intensidade superior a habitual

No entanto, ao elevar a intensidade de estimulação, os equipamentos podem registrar na pesquisa do produto de distorção respostas que embora acredita-se que sejam fisiológicas, são na verdade artefatos⁸. Sendo, portanto, fundamental o uso de um equipamento que possa analisar a procedência das respostas encontradas.

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

2. Métodos

Trata-se de um estudo observacional transversal com amostra de conveniência. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) sob o parecer 36403414.6.0000.5149.

Amostra

Foram convidados a participar da pesquisa indivíduos com diagnóstico de perda auditiva neurosensorial de grau leve, moderado ou severo, oriundos do Serviço de Atenção à Saúde Auditiva de um hospital universitário.

Os critérios de inclusão adotados para a pesquisa foram: ter idade a partir de sete anos; possuir audiometria com diagnóstico de perda auditiva neurosensorial 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 frequências entre 1 a 4KHz.

Como critérios de exclusão adotaram-se: a desistência na participação da pesquisa e não realização de todos os procedimentos propostos pela pesquisa.

Após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão foram incluídos no estudo, 38 indivíduos, totalizando 72 orelhas, sendo que 4 orelhas foram excluídas. Dessa forma, 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 oito anos, a máxima de 90 anos.

O total de orelhas avaliadas foi de 72, sendo 36 direitas e 36 esquerdas. Em relação ao grau de perda auditiva, foram 18 (25%) de grau leve, 45 (62,5%) grau moderado e nove (12,5%) grau severo segundo a classificação de Davis e Silverman⁹.

Procedimentos

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

Para os registros das EOAPD foi utilizado o equipamento Echodia, modelo *Elios®*. Foram recolhidas para cada orelha, as frequências de 1, 2, 3, 4 e 5 KHz. Os dois tons puros apresentados no exame, f1 e f2, apresentaram intensidade: L1=L2=60 dBNPS. A razão entre f1 e f2 foi de 1,22, e o produto 2f1-f2 foi analisado.

Após a realização do exame com intensidade padrão (60/60dBNPS), caso o exame apresentasse pelo menos uma frequência ausente entre 1 e 4Kz era então realizada a pesquisa das EOAPD residuais.

As respostas das EOAPD residuais também foram coletadas com o equipamento Echodia, modelo *Elios®*. O protocolo utilizado com o

equipamento foi desenvolvido exclusivamente para fins de pesquisa. Este equipamento 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 inicia por 60dBNPS, aumentando de forma automática em passos de 3dBNPS, até o aparecimento de uma resposta, sendo: “presente”, respostas oriundas da cóclea, “artefato”, respostas oriundas do próprio aparelho ou de estruturas não cocleares ou “ausente”, que significa ausência de EOAPD (fisiológicas ou artefatos). No momento em que uma EOAPD é encontrada o equipamento realiza então 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 5 diferentes razões, sendo elas $f1/f2 = 1,22; 1,24; 1,26; 1,28$ e $1,30$. Dessa forma, o equipamento compara as respostas encontradas. 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.

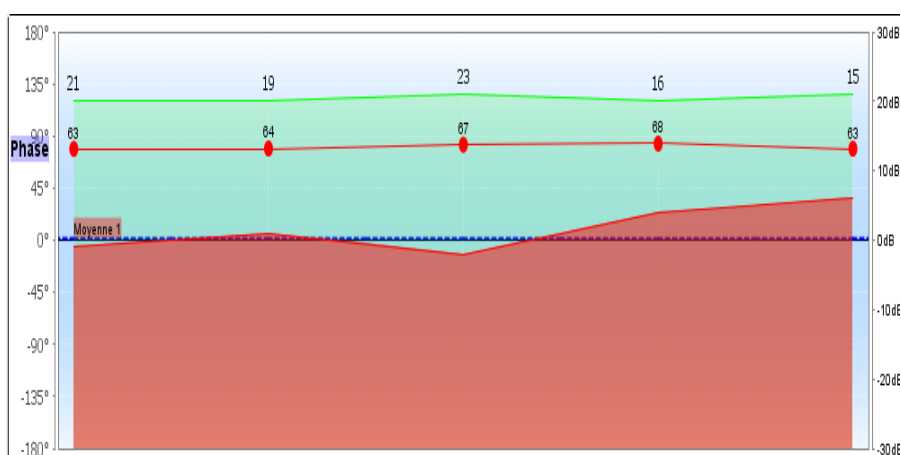


Figura 1: Resultado de um exame que apresentou uma resposta instrumental.

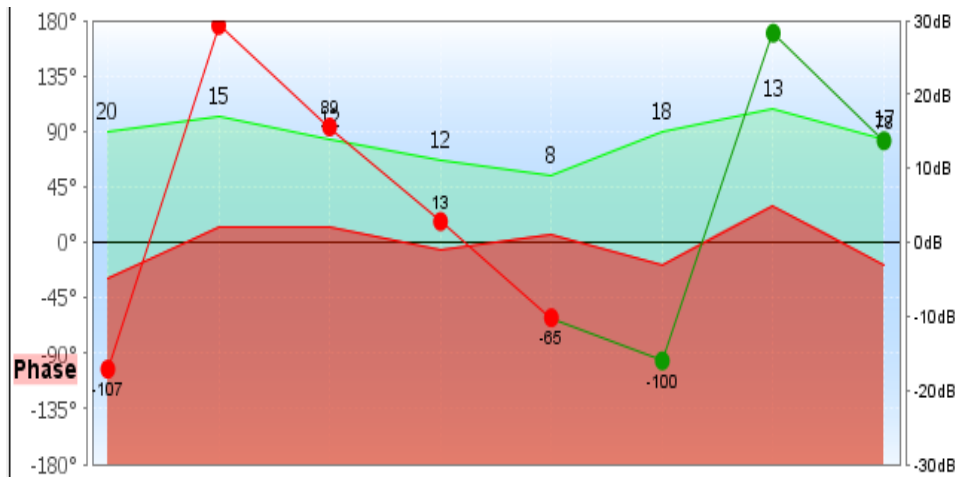


Figura 2: Resultado de um exame que apresentou uma resposta fisiológica.

As frequências testadas na pesquisa foram 1300Hz, 2000Hz, 3000Hz e 4000Hz. Optou-se pela frequência de 1300Hz na avaliação das EOAPD residuais, visto que as frequências mais baixas apresentam maior interferência do ruído interno e externo (Kós et al, 2009).

Análise dos dados

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

As variáveis categóricas foram apresentadas por meio de análise de frequência. As variáveis contínuas foram apresentadas 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 4kHz) e valor da EOAPD residual foi apresentada por meio de gráficos Scartplot e o grau da correlação foi medido por meio da correlação de Spearman.

3. Resultados

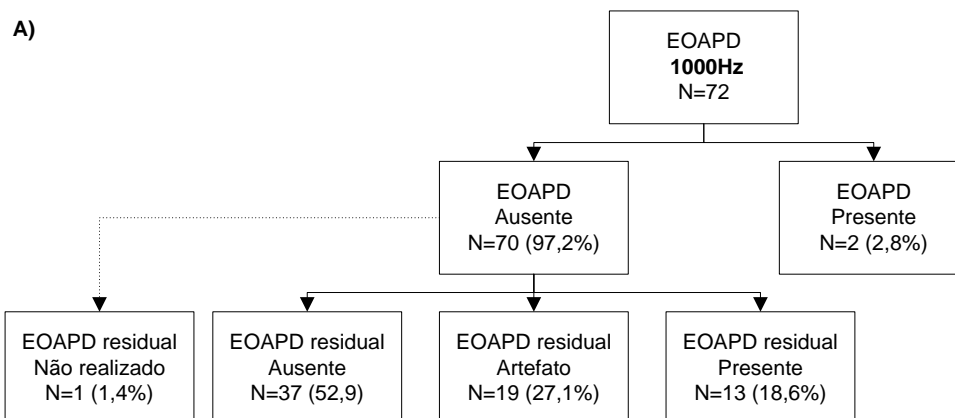
Foram incluídos no estudo 38 participantes, com média de idade 54,63 anos e desvio padrão de 28,56 anos. O total de orelhas incluídas foi de 72, e todas apresentaram limiares auditivos presentes nas frequências entre 1 e 4kHz. A tabela 1 apresenta a análise descritiva de cada frequência avaliada na audiometria.

Tabela 1. Análise descritiva dos resultados da audiometria por frequência avaliada. N=72.

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

*Valor em dB

Para cada orelha realizou-se a pesquisa das EOAPD nas frequências de 1KHZ a 4KHZ. Quando registrada a ausência de resposta em uma das frequências, era então realizada 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 1300Hz um exame não foi concluído devido à interferência do ruído.



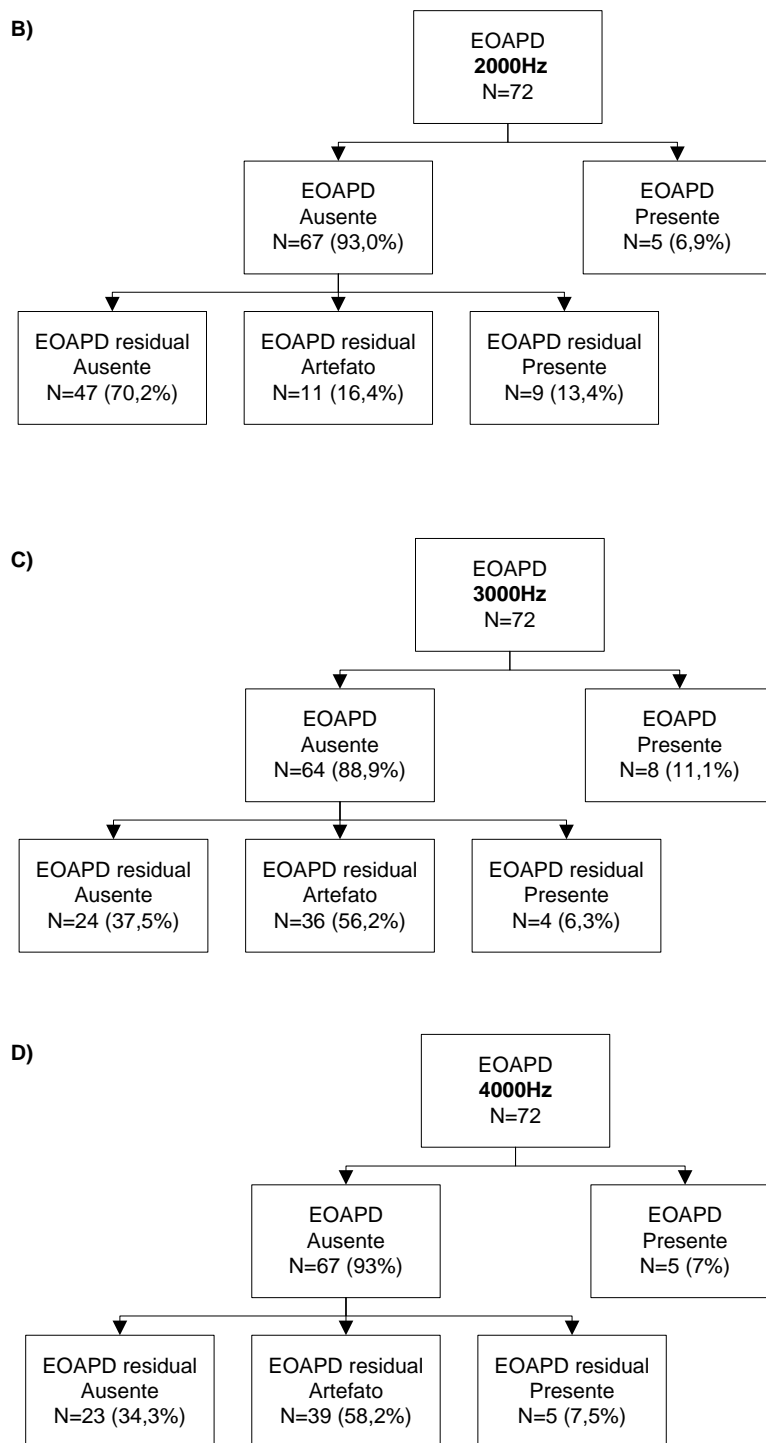


Figura 3. Análise descritiva dos resultados do EOAPD e EOAPD residual para: A) Frequência de 1000Hz; B) Frequência de 2000Hz; C) Frequência de 3000Hz; D) Frequência de 4000Hz. Legenda: EOAPD = Emissões otoacústicas por produto de distorção

A tabela 2 descreve os valores das medidas de tendência central e a variabilidade dos resultados encontrados nas EOAPD residuais. Houve diferença estatisticamente significante na frequência de 1300Hz entre os

grupos que apresentaram resultado “ausente” e “presente”, e entre os grupos que apresentaram “artefato” e “presente”; e na frequência de 2000Hz entre os grupos que apresentaram resultado “ausente” e “presente”. Importante ressaltar que o resultado quando indicado “ausente” é resultante da máxima intensidade atingida pelo equipamento sem obtenção de uma resposta.

Tabela 2. Descrição das medidas de tendência central e variabilidade dos resultados do EOPD residual.

EOAPD residual 1300Hz						
Características	Ausente (n=37)	Artefato (n=19)	Presente (n=13)	p (Au x Art)	p (Au x Pre)	p (Art x Pre)
Mínimo	66	75	63			
Máximo	81	81	81			
Média	80	80	76	0,233	0,002*	0,049*
DP	3	2	6			
Mediana	81	81	78			

EOAPD residual 2000Hz						
Características	Ausente (n=47)	Artefato (n=11)	Presente (n=9)	p (Au x Art)	p (Au x Pre)	p (Art x Pre)
Mínimo	72	78	72			
Máximo	81	81	81			
Média	81	80	78	0,516	0,001*	0,065
DP	2	1	3			
Mediana	81	81	78			

EOAPD residual 3000Hz						
Características	Ausente (n=24)	Artefato (n=36)	Presente (n=4)	p (Au x Art)	p (Au x Pre)	p (Art x Pre)
Mínimo	60	69	72			
Máximo	81	81	75			
Média	77	75	74	0,160	0,070	0,680
DP	5	4	2			
Mediana	78	75	74			

EOAP residual 4000Hz						
Características	Ausente (n=23)	Artefato (n=39)	Presente (n=5)	p (Au x Art)	p (Au x Pre)	p (Art x Pre)
Mínimo	63	60	63			
Máximo	81	78	81			
Média	72	71	72	0,222	0,193	0,347
DP	5	4	5			
Mediana	72	72	72			

Legenda: p=probabilidade de significância, Teste Mann-Whitney, *p<0,005, Au=ausente, Pre=presente, Art=artefato, n=número de orelhas.

A tabela 3 descreve as 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 1300Hz apresentou relação estatisticamente significativa em todos os grupos. Enquanto que a frequência de 2000Hz apresentou relação estatisticamente significativa entre os resultados “ausente” e “presente”, e “artefato” e “presente”.

Tabela 3. Descrição das medidas de tendência central e variabilidade dos resultados da audiometria em relação aos resultados da EOAPD residual (ausente, artefato, presente).

Audiometria 1000Hz	EOAPD residual 1300Hz					
	Ausente (n=37)	Artefato (n=19)	Presente (n=13)	p (Au x Art)	p (Au x Pre)	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			
Audiometria 2000Hz	EOAPD residual 2000Hz					
	Ausente (n=47)	Artefato (n=11)	Presente (n=9)	p (Au x Art)	p (Au x Pre)	p (Art x Pre)
Mínimo	35	40	20			
Máximo	95	95	60			
Média	63,51	61,36	43,89	1	0,001*	0,019*
Desvio padrão	13,14	17,04	12,44			

Audiometria 3000Hz	EOAPD residual 3000Hz					
	Ausente (n=24)	Artefato (n=36)	Presente (n=4)	p (Au x Art)	p (Au x Pre)	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			

Audiometria 4000Hz	EOAPD residual 4000Hz					
	Ausente (n=23)	Artefato (n=39)	Presente (n=5)	p (Au x Art)	p (Au x Pre)	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			

Legenda: p=probabilidade de significância, Teste ANOVA com correção de Bonferroni, *p<0,005, Au=ausente, Pre=presente, Art=artefato, n=número de orelhas.

A figura 4 indica correlação entre a audiometria e o valor do EOAPD residual. Houve correlação positiva apenas para as frequências de 1000Hz e 4000Hz.

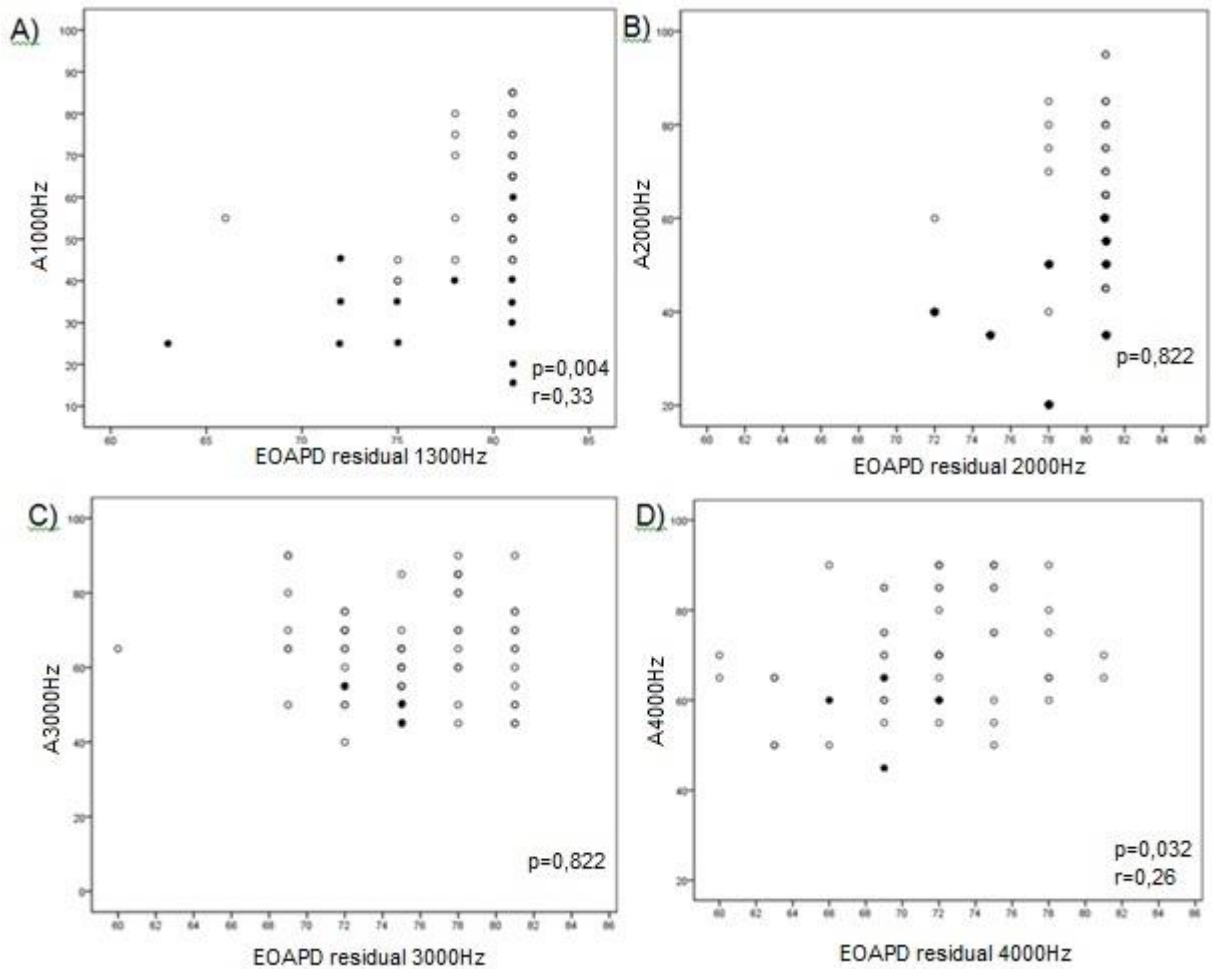


Figura 4. Diagrama de dispersão entre o limiar da audiometria e o valor da EOAPD. Legenda: ● EOAPD residual presente; ○ EOAPD residual ausente.

4. 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, como mostra a Tabela 1, observa-se que os limiares encontrados variaram muito, principalmente na frequência de 1000Hz. Isto 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 frequente¹⁰ (Penna, 2013). Sabe-se também que as alterações auditivas relacionadas à idade, as presbiacusias, danificam primeiramente as CCE responsáveis pela decodificação das frequências mais altas¹¹.

Em relação aos resultados encontrados na pesquisa das EOAPD (figura 3), observou-se que em todas as frequências testadas foram encontrados resultados presentes. Isto se deve ao fato de que em alguns casos, as EOAPD podem estar presentes em limiares de aproximadamente 30 a 50 dB^{5,6,7}.

Ainda considerando os resultados da pesquisa das EOAPD (figura 3), observa-se que a resposta “artefato” foi registrada no equipamento de 16,4% a 58,2%. Ao comparar esses dados com os resultados encontrados nas EOAPD residuais (tabela 2), pode-se observar que o aparelho registrou “artefato” principalmente nas frequências mais altas: 56,2% em 3000Hz e 58,2% em 4000Hz. Isto pode ser explicado pelo fato de que na frequência de 4000Hz encontrou-se maiores médias dos limiares audiométricos (limiares piores) e portanto parece que em limiares maiores há menos resposta de EOAPD residuais. Entretanto para confirmarmos é necessário estudos com amostras maiores e configurações semelhantes.

Já a intensidade registrada como artefato variou de 60 a 81dB. Indicando que mesmo a 60dB (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 necessário cautela ao garantir que as EOAPD são de fato originárias das células ciliadas externas, afinal, um diagnóstico equivocado, prejudica uma indicação de intervenção, como no caso da adaptação de aparelhos de amplificação sonora.

Um estudo realizado por Carvalho e Giraudet, 2014⁸, com metodologia semelhante, também utilizando o equipamento Echodia, modelo *Elios®*, e mesmo protocolo, apresentou resultados que corroboram o presente estudo. O estudo também considera que uma maior estimulação é necessária para avaliar a funcionalidade das células ciliadas residuais, de forma que as

respostas fisiológicas sejam diferenciadas do “artefato”, e que estas CCE podem ser avaliadas com o presente protocolo.

Ainda ao analisar os resultados encontrados na pesquisa das EOAPD residuais (tabela 2), observou-se diferença estatisticamente significativa na frequência de 1300Hz, entre os grupos “presente” e “ausente”, e os grupos “presente” e “artefato”, afinal o grupo com resultados “presentes” das EOAPD residuais apresentou média de intensidade neste exame igual a 76 dB, resultado esse, inferior aos grupos com resultado “ausente” e “artefato” de 80 dB. Esse fato pode ser observado também na frequência de 2000Hz, em que os grupos “presente” e “ausente” apresentaram diferença estatisticamente significativa, em que o grupo “presente” encontrou respostas na intensidade média de 78dB, enquanto que o grupo “ausente” apresentou média de 81dB.

Em relação aos resultados registrados nas frequências de 3000Hz e 4000Hz 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 frequências¹².

A especificidade frequencial das EOAPD já foi pesquisada, particularmente como monitoramento de controle diagnóstico¹³ e na correlação entre audiograma e DPgramas¹⁴. Entretanto, são escassas as pesquisas com intensidade de estimulação elevadas em seres humanos.

Na literatura brasileira, foi encontrado um estudo realizado por Kós et al, em 2009⁵, que comparou 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 dB NPS e L2 = 55 dB NPS; L1=L2=70 dB NPS). Esse estudo observou um melhor desempenho do protocolo L1 =L2 = 70 dB NPS em relação ao protocolo L1 = 65 dB NPS e L2 = 55 dB NPS. 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, resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo (tabela 3).

5. Conclusão

As EOAPD residuais puderam ser observadas principalmente nas frequências de 1300Hz e 2000Hz, em indivíduos com perdas neurossensoriais de grau leve a severo. O protocolo proposto EOAPD residuais foi capaz de diferenciar respostas fisiológicas de respostas instrumentais, permitindo que o aumento da intensidade de estimulação no exame de EOA pudesse ser utilizado com segurança. Portanto, este protocolo pode auxiliar no estudo das células ciliadas residuais, evitando assim diagnósticos equivocados, principalmente nas frequências mais altas como 3000Hz e 4000Hz.

Referências Bibliográficas

1. Kemp, DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J. Acoust. Soc. Am.* 1978;64, 1386-1391
2. Harding G, Bohne B, Ahmad M. DPOAE level shifts and ABR threshold shifts compared to detailed analysis of histopathological damage from noise. *Hear Res*;2002: 174, 158-71.
3. Avan P, Bonfils P, Loth D, Erminy M, Elbez M. Transient-evoked otoacoustic emissions and high-frequency acoustic trauma in the guinea pig. *J. Acoust. Soc. Am*;1995: 97,3012-3020.
4. Carvalho S, Mom T, Gilain L, Avan P. Frequency specificity of distortion-product otoacoustic emissions produced by high-level tones despite inefficient cochlear electromechanical feedback. *J Acoust Soc Am.* 2004;116(3):1639-48.
5. Kós MI, Almeida K, Frota S, Hoshino ACH. Emissões Otoacústicas por 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 Jul-Set; 11(3):465-472.
6. Pinto VS, Lewis DR. Emissões otoacústicas: produto de distorção em lactentes até dois meses de idade. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica.* 2007; 19(1): 195-204.

7. Kemp DT, Ryan S, Bray P. A guide to the effective use of otoacoustic emissions. *Ear Hear.* 1990; 11(2):93-105.
8. Carvalho S, Giraudet F. Nouvelles mesures objectives: vers un état des lieux cochléaires plus précis. *Les Cahiers de l'Audition.* 2014. Novembro/Dezembro; 27(6): 50-4.
9. Davis H, Silverman SR. *Hearing and Deafness.* 4th ed. New York: Holt, Rinehart and Windston, 1970.
10. Penna LM. Habilidades auditivas e de linguagem de crianças com deficiência auditiva acompanhadas no serviço de atenção à saúde auditiva do Hospital das Clínicas da UFMG. [dissertação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação Saúde da Criança, 2013.
11. Jurca, APK, Pinheiro FCC, Martins KC, Herrera LF, Colleone LM, Saes SO. Estudo do perfil audiológico de pacientes com idade acima de 60 anos. *Salusvita, Bauru.* 2002; 21(1):51-8.
12. Carvallo RMM, Koga MC, Carvalho MD, Ishida, IM. Limiares auditivos para altas frequências em adultos sem queixa auditiva. *Acta AWHO.* 2002. 21(1):62-6.
13. 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.*;2000:107, 2128-35.
14. Martin GK, Ohlms LA, Franklin DJ, Harris FP, Lonsbury-Martin BL. Distortion product emissions in humans. III. Influence of sensorineural hearing loss. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl.* 1990 May: 147:30-42.

5. Considerações Finais

Considerando que a deficiência auditiva pode trazer sérias consequências ao desenvolvimento de crianças e comprometimento profissional e social em adultos e idosos, a identificação precoce das alterações auditivas se faz primordial.

Neste contexto o presente trabalho realizou o estudo de um novo protocolo que poderá contribuir para o avanço do diagnóstico audiológico, principalmente o diagnóstico infantil. O método proposto é inovador e o *software* utilizado é inédito, tendo sido construído no âmbito de uma cooperação de pesquisa com o Laboratório de Biofísica Neurosensorial da Universidade d'Auvergne e a UFMG.

O exame de EOA realizado com o protocolo proposto nesta pesquisa poderá contribuir para maior conhecimento a respeito do funcionamento coclear dos voluntários da pesquisa; o que conseqüentemente poderá nortear o planejamento da terapia fonoaudiológica.

Em relação ao artigo de revisão apresentado neste trabalho, esse demonstrou a importância das EOAPD como um método para avaliação da função coclear em crianças e adolescentes. Entretanto, ressaltou a escassez dos estudos com a população infantil e principalmente aos estudos relacionados às perdas auditivas, enfatizando a importância da presente pesquisa.

Em relação ao segundo artigo observou-se que as EOAPD residuais podem ser observadas principalmente nas frequências de 1300Hz e 2000Hz. O protocolo proposto mostrou-se importante para a área da audiolgia devido sua importância ao diferenciar uma resposta de um artefato, evitando assim diagnósticos errôneos, principalmente ao verificar o alto registro de “artefato” nas frequências 3000Hz e 4000Hz. Acredita-se que os resultados da presente pesquisa irão contribuir para o projeto de pesquisa mais amplo já mencionado, “Parâmetros de respostas das Emissões Otoacústicas Residuais em presença de alterações auditivas de origem coclear”. Os dados obtidos neste estudo poderão contribuir, portanto para maiores esclarecimentos a respeito da função coclear, auxiliando na avaliação da população de forma que o exame de

EOAPD possa ser utilizado na prática clínica não só para estimar a integridade funcional das células ciliadas externas da cóclea, mas também futuramente para quantificar a audição, auxiliando assim um diagnóstico audiológico mais preciso.

Como limitação, consideramos a escassez de estudos relacionados ao presente trabalho, dificultando na busca de informação e dados comparativos.

O presente protocolo precisa ser aplicado a diferentes populações com idades e etiologias diferenciadas. Acredita-se que mais estudos na área com amostra mais expressiva possam contribuir para aprofundar o conhecimento da função das células ciliadas residuais, de forma a contribuir para um melhor diagnóstico e intervenção.

6. Anexo



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Projeto: CAAE – 36403414.6.0000.5149

Interessado(a): **Profa. Sirley Alves da Silva Carvalho**
Departamento de Fonoaudiologia
Faculdade de Medicina - UFMG

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 10 de dezembro de 2014, o projeto de pesquisa intitulado **"Parâmetros de respostas das Emissões Otoacústicas Residuais em presença de alterações auditivas de origem coclear"** bem como os documentos:

- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido;
- Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto através da Plataforma Brasil.

Profa. Dra. Telma Campos Medeiros Lorentz
Coordenadora do COEP-UFMG