

ANA EMÍLIA LINARES

**Correlação do potencial evocado auditivo de estado
estável com outros achados em audiologia pediátrica**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Ciências

Área de concentração: Fisiopatologia Experimental

Orientador: Dr. Orozimbo Alves Costa Filho

São Paulo

2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Linares, Ana Emília

Correlação do potencial evocado auditivo de estado estável com outros achados em audiologia pediátrica / Ana Emília Linares. -- São Paulo, 2009.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Fisiopatologia Experimental.

Orientador: Orozimbo Alves Costa Filho.

Descritores: 1.Audição 2.Eletrofisiologia 3.Perda auditiva neurosensorial 4.Pré-escolar 5.Potenciais evocados auditivos

USP/FM/SBD-374/09

*Escolha um trabalho que você ama e não terá
que trabalhar um único dia de sua vida.*

Confúcio

Dedicatória

Aos meus amados pais Magali e Flávio (*in Memoriam*) que tanto amo, por me compreenderem e apoiarem. Por tudo que me ensinaram e por me amarem incondicionalmente. Por acreditarem nas minhas possibilidades e por terem investido em meus estudos.

Aos meus irmãos Fábio e Ricardo que me apoiaram e dividiram tantos momentos especiais, lutamos muitos juntos.

Ao meu grande amor João Bosco, fonte dos mais doces e leves momentos da minha vida. Mãos que me seguraram e carregaram diante das quedas e anseios deste percurso.

À tão amada e especial Tia Lourdes que acreditou nas minhas potencialidades, oferecendo-me a oportunidade de estudar e de ter uma profissão.

Aos meus queridos sobrinhos pelos momentos de alegria e descontração.

Aos meus sogros João e Maria que tanto me orgulho, símbolo de luta e perseverança.

Agradecimento especial

Ao querido Prof. Dr. Orozimbo Alves Costa Filho a quem tanto admiro, por ter oferecido, desde o período da graduação, a possibilidade de conhecer a audiologia e de aprender ao seu lado.

“Um bom mestre faz com que as pessoas acreditem nele. Um verdadeiro mestre faz com que as pessoas acreditem nelas.”

Agradecimentos

A Deus que está comigo em todos os momentos, guiando-me e protegendo-me.

À Universidade de São Paulo, universo que mudou minha vida e que me proporcionou experiências acadêmicas e de vida tão sonhadas.

À querida Dra. Ma. Angelina NS Martinez por todos os ensinamentos, pelo incentivo para o desenvolvimento deste projeto e para meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal.

Ao Prof. Dr Koichi Samechima, Profa. Dra Doris R. Lewis e Profa. Dra. Mariza Frasson que colaboraram para o delineamento deste trabalho durante o exame de qualificação.

À toda equipe clínica da Apadas pela força e colaboração para vencer esta jornada.

À equipe administrativa e recepção da Apadas que me apoiaram e incentivaram.

A minha companheira de VRA Ma. Carolina V Cavanaugh que tanto me ajudou e me ensinou durante a coleta dos dados. Aos otorrinolaringologistas Dr. Fabrício, Dr. Rogério, Dr. Vinícius, Dra. Paula, Dra. Fernanda e Dr. Juliano, pelo auxílio tão precioso na sedação.

Às crianças e suas famílias da APADAS que participaram deste projeto contribuindo para o desenvolvimento da ciência e para meu crescimento clínico.

Às queridas Profas. e amigas Dra.Mariza Ribeiro Feniman e Renata M M Carvalho que me incentivaram e acreditaram na concretização de mais este importante percurso.

Aos amigos da Otológica pela torcida, apoio e palavras de incentivo.

Às minhas amigas Valquíria, Fernanda Burguetti, Fernanda Marcon, Camila Cruz, Fernandinha, Angélica, Priscila, Isabel, Renata, Liége, Ana Luísa, Juliana, Silvia, Simone, Daniela, companheiras de todos os momentos, fiéis e companheiras.

À nona Turma (FOB-USP), que tanto amo, e a toda as professoras de Fonoaudiologia que contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal, de São Paulo e de Bauru.

À Sônia e Tânia do Programa de Fisiopatologia Experimental que tanto me auxiliaram e direcionaram durante todos estes anos.

À Mari, Marli e Janaína que sempre de maneira tão cuidadosa facilitaram meus contatos com Dr. Orozimbo e facilitaram minha vida.

À estatística Carmem que me auxiliou de maneira tão dedicada para análise dos dados deste estudo

A todos que de alguma forma contribuíram para realização desta tese.

Sumário

Lista de Tabelas	
Lista de Quadros	
Lista de Figuras	
Resumo	
Summary	

1	Introdução	1
2	Objetivo	4
3	Revisão de Literatura	6
3.1	Avaliação Audiológica Pediátrica: análise retrospectiva	7
3.2	Predição do limiar auditivo a partir do Reflexo Acústico	11
3.2.1	Conceitos e regras para predição.....	11
3.2.2	Descrição da regra de Jerger et al. (1978)	17
3.2.3	Estudos comparativos das regras para predição do limiar auditivo comportamental a partir da Medida do Reflexo Acústico	18
3.3	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE)	22
3.3.1	Definição e Conceitos.....	22
3.3.2	Estímulo <i>click</i> e <i>tone burst</i>	23
3.4	Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável (PEAEE).....	28
3.4.1	Definição e conceitos	28
3.4.2	Estudos empregando o PEAEE e PEATE com estímulo <i>click</i> e <i>tone burst</i> na predição dos limiares comportamentais	39
4	Método	45
4.1	Casuística	46
4.2	Equipamentos	47
4.3	Procedimentos	48
4.3.1	Procedimentos Éticos	48
4.3.2	Procedimentos Clínicos	49
4.4	Análise dos dados e dos limiares e níveis mínimos de respostas..	55
4.5	Método Estatístico.....	55

5	Resultados	57
5.1	Caracterização da amostra	58
5.2	Avaliação da associação entre as respostas no PEAAE e demais testes	60
5.3	Comparação entre as porcentagens de presença de resposta no PEAAE e demais testes	70
6	Discussão	78
6.1	Caracterização da amostra e tempo de execução do protocolo	79
6.2	Avaliação da associação entre as respostas no PEAAE e demais testes PEAAE e Audiometria Tonal (lúdica ou VRA).....	80
6.3	Correlação do PEAAE com PEATE <i>click</i> e <i>tone burst</i>	83
6.4	Grau da perda auditiva com o PEAAE e com a regra de Jerger et al (1978).....	87
6.5	Presença e ausência de resposta entre PEAAE e os demais exames	90
7	Conclusão	92
8	Anexos	94
9	Referências	98

Lista de Tabelas

Tabela 1-	Valores de estatísticas descritivas para a Idade (anos).....	58
Tabela 2-	Distribuições de frequências e porcentagens marginais e conjunta do grau de perda nas orelhas direita e esquerda	59
Tabela 3-	Retas de regressão ajustadas e valores observados do coeficiente de correlação de Pearson entre Audiometria e PEAAE por frequência e orelha	64
Tabela 4-	Valores observados do coeficiente de correlação de Pearson entre PEATE (<i>click</i>) e PEAAE por frequência e orelha	65
Tabela 5-	Valores observados do coeficiente de correlação de Pearson entre PEATE (<i>tone burst</i>) e PEAAE por frequência e orelha	65
Tabela 6-	Frequências e porcentagens do grau de perda na Audiometria e PEAAE – Orelha direita	67
Tabela 7-	Frequências e porcentagens do grau de perda na Audiometria e PEAAE – Orelha esquerda	67
Tabela 8-	Frequências e porcentagens do grau de perda no PEATE (<i>click</i>) e PEAAE – Orelha direita	67
Tabela 9-	Frequências e porcentagens do grau de perda no PEATE (<i>click</i>) e PEAAE – Orelha esquerda	68
Tabela 10-	Frequências e porcentagens do grau de perda no PEATE (<i>tone burst</i>) e PEAAE – Orelha direita	68
Tabela 11-	Frequências e porcentagens do grau de perda no PEATE (<i>tone burst</i>) e PEAAE – Orelha esquerda	68
Tabela 12-	Frequências e porcentagens do grau de perda auditiva sugerida pela regra de Jerger et al. (1978) e no PEAAE – Orelha direita	69
Tabela 13-	Frequências e porcentagens do grau de perda auditiva sugerida pela regra de Jerger et al. (1978) e no PEAAE – Orelha esquerda	69

Tabela 14- Frequências e porcentagens da Presença de resposta na Audiometria e PEAAE – Orelha direita	71
Tabela 15- Frequências e porcentagens da presença de resposta na Audiometria e PEAAE – Orelha esquerda	72
Tabela 16- Frequências e porcentagens da Presença de resposta no PEATE (<i>click</i>) e PEAAE – Orelha direita	74
Tabela 17- Frequências e porcentagens da presença de resposta no PEATE (<i>click</i>) e PEAAE – Orelha esquerda	75
Tabela 18- Frequências e porcentagens da presença de resposta no PEATE (<i>tone burst</i>) e PEAAE– Orelha direita	76
Tabela 19- Frequências e porcentagens da presença de resposta no PEATE (<i>tone burst</i>) e PEAAE– Orelha esquerda	77

Lista de Quadros

Quadro1-	Equações de Regressão para predição do limiar a partir da Medida do Reflexo Acústico	16
Quadro 2-	Relação entre o valor de D, o valor de limiar para o ruído de banda larga e a predição do limiar auditivo	18
Quadro 3-	Estudos sobre a efetividade da regra de Jerger et al. (1974) na predição do limiar auditivo, a partir da Medida do Reflexo Acústico, em diferentes graus de perda auditiva	19
Quadro 4-	Comparação da distribuição de erro com o emprego da regra de predição do limiar auditivo, a partir da Medida do Reflexo Acústico de Jerger et al.(1974).....	19
Quadro 5-	Estudos e regras sobre a predição do limiar auditivo a partir da Medida do Reflexo Acústico	20
Quadro 6-	Relação das vantagens e limitações da aplicação do estímulo <i>click</i> e <i>tone burst</i> no PEATE.....	27
Quadro 7-	Estudos sobre a aplicação do PEAE e sua correlação com outros achados aplicados na população pediátrica	40
Quadro 8-	Classificação do nível de audição segundo a OMS, 1997	47
Quadro 9-	Valores em dB que foram acrescentados ao valor em dBNA para conversão em dBNPS por frequência.....	50
Quadro 10-	Valores das relações que foram analisadas utilizando-se o método estatístico do equipamento	54
Quadro 11-	Comparação dos coeficientes de correlação entre o PEAE e a Audiometria.....	81
Quadro 12-	Vantagens do uso do PEAE comparado com o PEATE.....	87
Quadro 13-	Diferença entre os limiares do Reflexo Acústico de acordo com o grau da perda auditiva.	89

Lista de Figuras

- Figura 1-** Hipotética explicação para a diferença normal entre limiar para o tom puro e ruído de banda larga para ouvintes e a reduzida diferença em orelhas com perda auditiva neurossensorial. Imagem adaptada e modificada a partir da publicação de Jerger et al. (1974)..... 13
- Figura 2-** Representação do espectro dos dois estímulos *click* e *tone burst* utilizado no PEATE. É possível observar as diferenças em relação ao sinal elétrico, forma da onda e espectro acústico da onda (Hall, 1992)25
- Figura 3-** Diferença entre as respostas fornecidas pelo PEATE no domínio do tempo e o PEAE com respostas no domínio da frequência (Firtz, et al., 2004)31
- Figura 4-** Modulação de frequência e espectro do EEG na realização do PEAE (Stapells et al., 2005)32
- Figura 5-** FFT e o gráfico polar durante a realização do PEAE no equipamento Smart-EP-IHS.....34
- Figura 6-** Ilustra os valores da relação sinal ruído no equipamento Smart-EP-IHS35
- Figura 7-** Diagramas de dispersão do nível mínimo de resposta na Audiometria e no PEAE nas frequências de 0,5KHz, 1KHz, 2KHz e 4KHz – **Orelha direita**61
- Figura 8-** Diagramas de dispersão do nível mínimo de resposta na Audiometria e no PEAE nas frequências de 0,5KHz, 1KHz, 2KHz e 4KHz – **Orelha esquerda**61
- Figura 9-** Diagramas de dispersão do nível mínimo de resposta no PEATE (*click*) e no PEAE nas frequências de 0,5KHz, 1KHz, 2KHz e 4KHz – **Orelha direita**.....62
- Figura 10-** Diagramas de dispersão das respostas no PEATE (*click*) e no PEAE nas frequências de 0,5KHz, 1KHz, 2KHz e 4KHz – **Orelha esquerda**.....62

Figura 11- Diagramas de dispersão das respostas no PEATE (<i>tone burst</i>) e PEAE E nas frequências de 0,5KHz, 1KHz, 2KHz e 4KHz – Orelha direita	63
Figura 12- Diagramas de dispersão das respostas no PEATE (<i>tone burst</i>) e PEAE E nas frequências de 0,5KHz, 1KHz, 2KHz e 4KHz – Orelha esquerda	63
Figura A1- Perfis individuais do Limiar auditivo (dBNA) na Audiometria em cada categoria de Grau de perda auditiva – Orelha direita	95
Figura A2- Perfis individuais do Limiar auditivo (dBNA) na Audiometria em cada categoria de Grau de perda auditiva – Orelha esquerda	95
Figura A3- Perfis individuais do NMR no PEATE (<i>tone burst</i>) (dBnNA) em cada categoria de Grau de perda auditiva– Orelha direita	96
Figura A4. Perfis individuais do NMR no PETE (<i>tone burst</i>) (dBNAcg) em cada categoria de grau de perda auditiva- Orelha esquerda	96
Figura A5- Perfis individuais do NMR no PEAE E (dBNAcg) em cada categoria de grau de perda auditiva- Orelha direita	97
Figura A6- Perfis individuais do NMR no PEAE E (dBNAcg) em cada categoria de Grau de perda – Orelha esquerda	97

Resumo

Linhares AE. *Correlação do Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável com outros achados em audiologia pediátrica* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2009. 111p.

Introdução: A principal questão que envolve o diagnóstico audiológico infantil é a determinação de procedimentos que configurem resultados confiáveis e objetivos, que possam ser utilizados na predição dos limiares auditivos por frequência específica. **Objetivo:** Correlacionar os achados do potencial evocado auditivo de estado estável (PEAEE) com outros exames em crianças com perda auditiva neurossensorial. **Método:** Vinte e três crianças de ambos os gêneros e com idades entre 1 e 7 anos realizaram PEAEE, audiometria, potencial evocado auditivo de tronco encefálico (PEATE) *click* e *tone burst* e medida do reflexo acústico para aplicação da regra de predição do limiar auditivo a partir do reflexo acústico. **Resultados:** A correlação entre o PEAEE e audiometria variou de 0.70 a 0.93, para o PEATE *click* (2k e 4kHz) variou de 0.83 a 0.89, para o *tone burst* variou de 0.73 a 0.93. A concordância entre o PEAEE e a regra de predição do limiar auditivo foi considerada moderada. **Conclusão:** Houve correlação significativa entre o PEAEE e audiometria, assim como para o PEATE *click* (2k e 4kHz) e para o PEATE *tone Burst*. O reflexo acústico pode ser usado para acrescentar informações ao diagnóstico infantil.

Descritores: 1.Audição 2.Eletrofisiologia 3.Perda auditiva neurossensorial

Summary

Linares AE. *Correlation the auditory steady state response with other exams in pediatric audiology* [thesis]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo", 2009. 111p.

Introduction: The mainly question regarding pediatric audiological diagnosis is determining procedures to configure reliable results and objectives, which can be use to predict hearing thresholds by frequency-specifics. **Objective:** The purpose of this study was to study the correlation between auditory steady-state response (ASSR) with other exams in children with sensorineural hearing loss. **Methods:** Twenty-three children (age 1 to 7; mean, 3 yr) were submitted to ASSR, behavioral audiometry, click audiometry brain stem response (ABR), tone burst ABR, and predicting hearing level from the acoustic reflex. **Results:** the correlation between behavioral thresholds and ASSR was (0.70- 0.93), for the ABR tone burst it was (0.73 -0.93), for the ABR click it was (0.83-0.89) only at 2k and 4kHz. The conformity between the hearing loss degree the ASSR and acoustical reflex was moderate. **Conclusion:** There was significant correlation between ASSR, behavioral audiometry, click ABR only for 2k and 4kHz, tone burst ABR. The acoustic reflex can be use to add accuracy in the infant diagnosis.

Descriptors: 1.Hearing 2.Electrophysiology 3.Eearing loss sensorineural

1 Introdução

A detecção e a identificação precoce da deficiência auditiva possibilitam uma intervenção adequada, oferecendo à criança condições para o desenvolvimento da fala, da linguagem, da audição e dos aspectos social, psíquico e educacional.

Com a implantação dos programas de Triagem Auditiva Neonatal (TAN), juntamente com os programas de Saúde Auditiva, vislumbrou-se a possibilidade de o diagnóstico e a reabilitação ocorrerem o mais cedo possível. Entretanto, o processo diagnóstico só pode ser considerado completo quando identificados, especificamente, o tipo, o grau e a configuração da perda auditiva dessa população (Mencher et al., 2001; Martinez, 2004; *Joint Committee on infant Hearing*, 2007).

O Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) com os estímulos *click* e *tone burst*, as Emissões Otoacústicas, a Imitanciometria, a Audiometria de Reforço Visual (VRA) ou Lúdica e, atualmente, o método mais promissor de avaliação auditiva, o Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável (PEAEE) integram o conjunto de exames (eletrofisiológicos, eletroacústicos e comportamentais) ao qual a criança é submetida para investigação audiológica.

A medida eletrofisiológica é a ferramenta mais empregada para identificar e caracterizar a perda auditiva na população de lactentes e crianças que não têm condições cognitivas e/ou motoras para realizar o VRA ou que não fornecem respostas confiáveis durante o exame.

A principal questão que envolve o diagnóstico audiológico pediátrico é a determinação de procedimentos que configurem resultados confiáveis e objetivos que possam ser utilizados na predição dos limiares auditivos por frequência específica. Estes limiares são então aplicados na prescrição das características tecnológicas da amplificação, favorecendo o desenvolvimento auditivo e de linguagem da criança.

Dessa forma, existe a necessidade de se estabelecer um algoritmo de atendimento na avaliação audiológica pediátrica, resgatando técnicas que já são utilizadas na rotina clínica e confrontando-as com as novas e promissoras tecnologias apresentadas nas revistas científicas, a fim de aperfeiçoar esse processo e torná-lo eficaz e produtor.

2 Objetivo

Correlacionar os achados do PEAEÉ com os resultados do PEATE *click* e *tone burst*, Audiometria Tonal (VRA ou Lúdica) e com a regra de predição do limiar auditivo a partir do Reflexo Acústico em crianças com diferentes graus de perda auditiva neurossensorial.

3 Revisão de Literatura

Este capítulo foi organizado com ênfase no encadeamento de ideias dos autores, não privilegiando, necessariamente, a ordem cronológica dos trabalhos citados.

3.1 Avaliação Audiológica Pediátrica: análise retrospectiva

Os procedimentos de observação comportamental para propósitos audiométricos ficaram conhecidos como *Behavior Observation Audiometry* (BOA) (Wilson e Thompson, 1984).

A BOA baseia-se na observação de reações comportamentais reflexas e sistemáticas da criança diante da apresentação de um estímulo sonoro em forte intensidade. Abaixo dos cinco meses de idade, sua aplicação permite avaliar o desenvolvimento da função auditiva, assim como a maturação das vias auditivas (Thompson e Weber, 1974).

Outra técnica desenvolvida, porém fortemente relacionada ao condicionamento da resposta, foi a descrita por Suzuki e Ogiba (1961), que utilizava duas caixas acústicas, localizadas à direita e à esquerda em um ângulo de 45 graus, e dois reforços visuais. No momento em que o estímulo sonoro era apresentado à criança, esta movimentava a cabeça em direção à caixa acústica, realizando assim a denominada orientação ao som.

Para nomear esse procedimento, em 1969 os autores Lidén e Kankkunen utilizaram pela primeira vez o termo *Visual Reinforcement Audiometry* (VRA). Influenciados por Suzuki e Ogiba (1961), sugeriram então que o reforço para a resposta da criança deveria ser com estímulo visual, porém, qualquer resposta apresentada diante do estímulo sonoro poderia ser reforçada, como o cessar dos movimentos ou até a imitação do som oferecido.

Atualmente, os protocolos de VRA estão diretamente focados na resposta de virada de cabeça da criança em direção à caixa acústica, disposta juntamente com o reforço visual, a fim de descartar respostas sugestionadas pelo avaliador. Apenas uma caixa de som é utilizada, e o reforço visual é composto por dois ou quatro brinquedos atrativos que são iluminados e se movimentam para condicionamento da resposta. Trata-se de uma técnica que pode ser aplicada em crianças a partir dos cinco meses de idade, com capacidade motora e cognitiva, sendo possível então a obtenção dos limares tonais (Gravel, 2000; Versolatto, 2005).

A utilização de fones de inserção e até do molde auricular da própria criança, buscando repostas auditivas por orelhas separadas, integra a rotina de procedimentos em centros de diagnóstico infantil. A avaliação audiológica infantil só deve ser considerada completa com a obtenção dos limiars de 250 a 4kHz e não somente com a apresentação em campo livre. Ainda que cada vez mais os exames eletrofisiológicos façam parte da rotina clínica, Northern e Downs (2005) advertem que estes não são verdadeiros testes de audição e nunca deveriam substituir a Audiometria Comportamental em crianças.

Mas, concomitantemente aos trabalhos sobre avaliação auditiva comportamental, continuava a busca por um método objetivo de avaliação da audição.

Baseando-se em estudos de Metz (1946), pesquisadores refinaram a técnica e a interpretação da Imitancimetria, tornando-a um procedimento considerado inestimável no diagnóstico audiológico.

Segundo Feldman (1970), Lucae realizou as primeiras tentativas objetivas de avaliação da função de orelha média em 1867. Porém, somente após 1950, com o desenvolvimento de equipamentos comercializáveis, houve grande crescimento do uso clínico dessa medida.

Tradicionalmente, os aparelhos de avaliação dispunham de uma única frequência de sonda: um tom grave de 226Hz. Estudos atuais em neonatos utilizando a sonda de 1000Hz mostraram-se eficientes no registro das alterações de orelha média (Kei et al., 2003; Margolis et al., 2003; Silva, 2005).

A possibilidade de utilizar uma medida eletroacústica que não dependesse da participação do paciente significou um importante avanço na audiologia.

Em 1972, Niemeyer e Sesterhenn introduziram o conceito de predição do limiar auditivo comportamental a partir do Reflexo Acústico, como uma maneira objetiva de avaliação, configurando mais um passo no desenvolvimento dessa ciência.

Jerger et al. (1974) publicaram sua vasta experiência clínica com a aplicação da técnica denominada sensibilidade na predição do limiar a partir do Reflexo Acústico em 1156 orelhas.

Os resultados encorajaram estudiosos a desenvolver técnicas e fórmulas para prever o limiar auditivo comportamental (Popelka et al., 1976; Lilly et al., 1977; Jerger et al., 1978; Rizzo-Greenberg, 1979; Hall, 1981).

Outra medida que permitiu a obtenção de uma resposta auditiva objetiva foram as Emissões Otoacústicas (EOA), primeiramente observadas pelo inglês David Kemp, em 1978, que as definiu como a liberação da energia sonora originada na cóclea, a qual se propaga pela orelha média até alcançar o meato acústico externo (Kemp et al., 1986).

Kemp et al. (1990) relataram que as medidas das EOA trazem vantagens, já que se trata de um procedimento rápido, de fácil aplicação, objetivo, sensível a perdas auditivas (de leve a profunda), uni ou bilaterais.

Uma importante ferramenta empregada na audiolgia até hoje foi estudada desde 1939. Neste ano, Davis et al. registraram os primeiros potenciais elétricos no escalpo humano, e Jewett et al. (1971) descreveram os potenciais auditivos que permitiram o desenvolvimento do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico.

Definitivamente, mais um avanço importante na audiolgia infantil, pois, juntamente com as EOA, PEATE com estímulos *click* e *tone burst* e nos últimos anos com o PEAAE, surgia a tão esperada possibilidade de avaliar a audição de lactentes e de crianças de maneira objetiva e por frequência específica.

Vislumbrou-se a exploração detalhada dos limiares auditivos de uma população até então avaliada com métodos firmados na experiência do avaliador e no profundo conhecimento sobre o desenvolvimento infantil.

A TAN despertou nos estudiosos o interesse em desenvolver métodos objetivos de avaliação, pois, para lactentes com idades entre o nascimento e 6 meses, a Audiometria (VRA) e Imitanciometria não eram suficientes. A TAN trouxe o desafio aos audiologistas para a realização do diagnóstico preciso o mais cedo possível, mas tratava-se do início de um longo processo.

Após essa retrospectiva nos avanços na audiolgia, é possível afirmar que, nas últimas décadas, houve um crescimento importante no desenvolvimento de técnicas de grande aplicação clínica que, até hoje, norteiam o diagnóstico audiológico pediátrico.

3.2 Predição do limiar auditivo a partir do Reflexo Acústico

3.2.1 Conceitos e regras para predição

A Imitanciometria permite a avaliação das condições da orelha média, além da avaliação global das vias auditivas. As medidas imitanciométricas são consideradas parte integrante da bateria de avaliação básica na clínica audiológica, tanto na população adulta, como na infantil. A Imitância Acústica, composta pela Timpanometria e pela Medida do Reflexo Acústico, corresponde a um termo geral relacionado à transferência de energia acústica (Carvalho, 2003).

O reflexo acústico consiste na contração do músculo tensor do tímpano e do estapédio diante da estimulação sonora em forte intensidade.

Entretanto, acredita-se que a participação do músculo estapédio seja mais efetiva. O limiar do reflexo acústico é a menor intensidade de um estímulo acústico capaz de causar mínima alteração mensurável na admitância da orelha média, que ocorre de maneira bilateral e simultânea, podendo ser captada contra ou ipsilateralmente (Norris,1980).

Na pesquisa do reflexo acústico, o imitanciômetro registra a súbita mudança na pressão sonora, no meato acústico externo, causada pela diminuição da admitância do sistema tímpano-ossicular, na contração dos músculos da orelha média. O sinal acústico é oferecido ao paciente por meio do fone de ouvido (modo contralateral), ou por meio da sonda imitanciométrica (modo ipsilateral) (Northern et al.,1989).

Como ressaltou Jerger (1970), o desenvolvimento da Imitanciometria gerou novas oportunidades e aumentou as dimensões do diagnóstico na audiologia clínica.

Em 1972, Niemeyer e Sesterhenn propuseram que o limiar auditivo comportamental poderia ser predito considerando-se a relação entre o limiar do reflexo acústico para o tom puro e o ruído de banda larga.

Os autores avaliaram 223 orelhas com variados graus de perda auditiva e concluíram que a média do limiar auditivo entre 500 e 4kHz poderia ser predita, com exatidão, pela diferença entre a média do limiar do reflexo acústico de 500 a 4kHz e o ruído de banda larga.

Após a apresentação deste *paper* de Niemeyer e Sesterhenn no 11º Congresso Internacional de Budapeste, Jerger et al. (1974) dedicaram-se a estudar arduamente a possibilidade de predição do limiar auditivo a partir do limiar do reflexo acústico.

Em 1974, publicaram os resultados e considerações da análise de 1156 pacientes utilizando a técnica acima descrita, assim como a regra detalhada a ser empregada.

A base da regra, segundo Jerger et al. (1974), relacionava-se ao fenômeno da mudança na banda crítica na somação do *loudness* em orelhas com perda auditiva neurossensorial. Devido à característica de perda auditiva em altas frequências, comumente presente em pacientes com perda auditiva neurossensorial, ocorreria uma estimulação não efetiva ocasionando elevação do limiar do reflexo na estimulação do ruído de banda larga, conforme ilustra esta clássica figura dos autores (Figura 1):

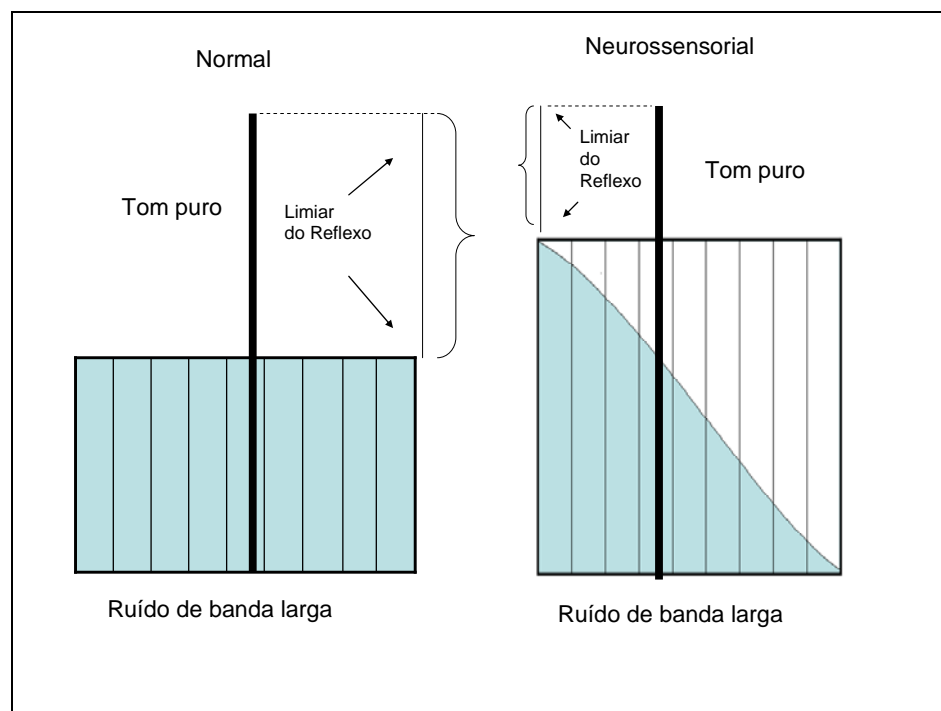


Figura 1- Hipotética explicação para a diferença normal entre limiar para o tom puro e ruído de banda larga para ouvintes e a reduzida diferença em orelhas com perda auditiva neurossensorial. Imagem adaptada e modificada a partir da publicação de Jerger et al. (1974)

Em pacientes ouvintes ocorre a somação do *loudness*, que é criada dentro da banda crítica, ao longo da membrana basilar, a partir da estimulação com estímulo de banda larga. Estudos demonstraram que, quando comparado com o tom puro, o ruído de banda larga é mais efetivo para eliciar o reflexo do músculo estapédio (Deutsch, 1972; Popelka et al., 1976).

Segundo Jerger et al. (1974), para pacientes ouvintes, a diferença entre o limiar para o estímulo tom puro e o ruído de banda larga em dBNPS deve ser de 25 dB.

Para aplicação da regra de predição do limiar, os autores sugeriram a calibração fisiológica dos imitanciómetros a serem utilizados devido às características de cada equipamento. Para realizá-la, os autores recomendaram que 10 adultos jovens, com audição e função de orelhas médias normais, deveriam ser submetidos à pesquisa do limiar do reflexo acústico para as frequências de 500, 1k, 2k, 4kHz e para o ruído de banda larga ou ruído branco. A diferença entre a média dos valores para tom puro e do ruído de banda larga encontrada, nestes indivíduos, deveria ser subtraída do valor de 25dB, inicialmente proposto pelos autores. A diferença entre o valor proposto e o encontrado em cada equipamento utilizado deveria, então, ser somada ao valor final obtido (D) com a aplicação da regra.

Os autores ainda consideraram difícil a predição da perda auditiva em decibel, principalmente devido às diferentes configurações audiométricas existentes. A partir da aplicação da regra proposta, obtiveram quatro categorias de limiares comportamentais: audição normal, perda auditiva moderada, severa ou profunda.

Concluíram então que a regra da predição da perda auditiva é um método capaz de estimar o grau e a configuração da perda auditiva em crianças e lactentes, e também na população adulta. Para a predição da configuração da perda auditiva, os autores recomendaram a comparação entre os limiares de *high pass* e *low pass*.

A regra descrita por Jerger et al. (1974) é a mais popular entre os audiologistas, porém há outros métodos de predição que foram desenvolvidos no meio científico, como a equação de regressão, que foi extensivamente empregada em diversos estudos. Sua aplicação permite a predição do limiar auditivo em dBNA (Lilly et al., 1977; Rizzo-Greenberg, 1979; Hall, 1981).

A equação de Lilly emprega em sua fórmula três ou quatro frequências juntamente com o ruído de banda larga. A equação de Rizzo-Greenberg privilegia a utilização do *high pass* e de três ou quatro frequências.

Nessas equações o critério para a predição do limiar auditivo pode seguir as determinações de Hall et al. (1980), considerando a média de 500, 1k e 2kHz: audição normal média inferior a 20dBNA, perda auditiva moderada valor de 20 a 49dBNA, perda auditiva severa com valores entre 50 e 84dBNA e perda auditiva profunda com valores acima de 85dBNA.

Abaixo, no Quadro 1, são descritas as fórmulas de regressão empregadas na predição do limiar auditivo.

Quadro1- Equações de Regressão para predição do limiar a partir da Medida do Reflexo Acústico

Autor	Fórmula
Baker e Lilly (1976)	$dBNA=1.11 LRB-0.81L1kHz-0.43 L2kHz+0.25L4kHz$
Lilly 3 frequências	$dBNA=1.07RBL-0.82L500Hz+1.11L1000Hz-0.45L2000Hz+0.06L4000-67$
Lilly 4 frequências	$dBNA=1.11RBL-0.81L500+0.85L1000Hz-0.43L2000Hz+0.25L4000Hz$
Rizzo-Greenberg	$dBNA=[0.197 HP - 0.080L500Hz- 7.986]^2$
Rizzo-Greenberg	$dBNA=[0.21HP- 0.078L500Hz- 7.515]^2$

Equação para predição da média em dBNA de três frequências (500, 1000 e 2000Hz) e para quatro frequências (500, 1000, 2000 e 4000Hz), sendo que L corresponde ao limiar, RBL ao limiar de ruído de banda larga e HP corresponde a *high pass*. Todos os valores dos limiares para os tons puros devem estar em dBNA e apenas para HP deverá estar em dBNPS.

Outro método estudado é o sistema de coordenadas bivariado, que apenas diferencia perda auditiva de audição normal. Trata-se da identificação da perda auditiva por meio de um sistema bivariado baseado no limiar absoluto do reflexo acústico para o tom puro (ordenada-y) e a razão do limiar do reflexo acústico para o ruído de banda larga (abscissa). O valor obtido (razão) é, então, distribuído no gráfico e, dependendo de sua localização, torna-se possível afirmar se existe ou não perda auditiva; porém, essa regra não detalha seu grau ou configuração, como ocorre com as demais regras (Popelka et al., 1976).

Essa é uma das limitações da regra acima descrita, visto que uma das preocupações no diagnóstico audiológico infantil é, justamente, com o grau e a configuração da perda auditiva.

3.2.2 Descrição da regra de Jerger et al. (1978)

Em 1978, com base na regra de 1974, Jerger et al. publicaram uma versão simplificada da regra para predição do limiar auditivo a partir da Medida do Reflexo Acústico.

Seguem abaixo os passos para realizar a medida:

a= Limiar do Reflexo Acústico de 500Hz em dBNPS

b= Limiar do Reflexo Acústico de 1000Hz em dBNPS

c= Limiar do Reflexo Acústico de 2000Hz em dBNPS

d= Média de $a+b+c/3$

e= Menor limiar entre a, b, c

f= Limiar do Reflexo Acústico para ruído de banda larga em dBNPS

l= $d-f$ (média dos limiares para tom puro – limiar do ruído de banda larga)

m= $a-f$ (limiar de 500Hz - limiar do ruído de banda larga)

n= $e-f$ (menor limiar-limiar do ruído de banda larga)

O valor $D= (l+m+n) / 3$

Após a obtenção do valor (D), que é do alvo da regra, deve-se somar o valor da calibração fisiológica previamente realizada em indivíduos normais. O quadro 2 mostra que, a partir do cálculo final do valor D e da sua relação com o limiar de 1000Hz e com o limiar encontrado para o ruído de banda larga, é possível obter o grau da perda auditiva ou até a normalidade.

Quadro 2- Relação entre o valor de D, o valor de limiar para o ruído de banda larga e a predição do limiar auditivo

Valor (D)	Limiar do ruído de banda larga	Predição do limiar auditivo comportamental
D \geq 20 e 1000Hz \leq 100dBNPS	Qualquer valor	Normal
D $<$ 20	\leq 95 dBNPS	Moderado
D $<$ 20	$>$ 100 dBNPS	Severo

3.2.3 Estudos comparativos das regras para predição do limiar auditivo comportamental a partir da Medida do Reflexo Acústico

Jerger et al. (1974) consideraram a técnica de predição do limiar auditivo a partir do reflexo acústico surpreendentemente boa. Destacaram que, em seis orelhas, ou seja: apenas em 0,6% dos casos, foi considerada a predição de audição normal em casos de perda auditiva severa, erro mais grave que o fonoaudiólogo poderia cometer. Os autores consideraram um erro moderado quando a regra sugeriu audição normal e havia uma perda auditiva moderada ou quando a regra sugeriu uma perda auditiva severa e o paciente apresentava uma perda moderada.

De maneira geral, para os autores, esse método de predição foi perfeito em 60% dos casos, apresentando erro moderado em 36% das orelhas e sérios erros em somente 4%.

Após a publicação do estudo de Jerger et al. (1974), diversos autores motivaram-se a desenvolver e estudar as regras de predição do limiar auditivo a partir do reflexo acústico.

O quadro 3 permite visualizar, de maneira didática, os diferentes estudos que empregaram a regra de Jerger et al. (1974) e sua efetividade na predição da perda auditiva.

Quadro 3- Estudos sobre a efetividade da regra de Jerger et al. (1974) na predição do limiar auditivo, a partir da Medida do Reflexo Acústico, em diferentes graus de perda auditiva

Efetividade da regra	Jerger et al., 1974	Tsappis, 1977	Keith, 1977	Van Wagoner et al., 1977	Hall, 1978
Normal %	81	100	97	69	92
Moderada %	40	45	28	78	44
Severa %	34	32	60	0	27
Profunda %	99	100	66	-	-
Numero de pacientes	1043	50	74	357	370

Hall (1978)

Todos os estudos apresentados no quadro acima apresentaram uma porcentagem reduzida de erro considerado sério na predição do limiar auditivo utilizando a regra de Jerger et al. (1974). Mas todos mostraram erros na predição do limiar auditivo, como mostra o Quadro 4:

Quadro 4- Comparação da distribuição de erro com o emprego da regra de predição do limiar auditivo, a partir da Medida do Reflexo Acústico de Jerger et al.(1974)

Tipo de erro	Jerger et al., 1974	Tsappis, 1977	Keith, 1977	Van Wagoner et al., 1977	Hall, 1978
Nenhum %	60	59	65	72	44
Moderado %	36	35	31	26	46
Sério %	4	6	4	2	10

Hall (1978)

O Quadro 5 mostra estudos sobre a predição do limiar auditivo a partir da Medida do Reflexo Acústico, e as diferentes regras e equações empregadas, a fim de compará-los.

Quadro 5- Estudos e regras sobre a predição do limiar auditivo a partir da Medida do Reflexo Acústico

Estudo	Regra	População	Objetivo	Resultado
Jerger et al., 1974	Jerger et al.(1974)	1156 pacientes entre 3 e 91 anos	Predição do grau e configuração da perda auditiva	60% de perfeita predição do limiar
Jerger et al., 1978	Jerger et al. (1978)	130 pacientes entre 2 e 12 anos; 158 entre 20 e 40 anos, 217 entre 60 e 90 anos	Comparação da efetividade da regra entre as idades	A predição foi melhor nas crianças, comparada com os adultos.
Hall, 1978	Jerger et al. (1974); Jerger (1977) e Baker-Lilly (1976)	370 entre 3 e 90 anos	Comparação entre as três regras para predição do limiar auditivo	A exatidão do limiar e ocorrência menor de erros com a fórmula de Baker e Lilly
Hall, 1981	Jerger et al.(1974); Lilly 3 e 4 frequências e Rizzo-Greenberg (1979) e sistema bivariado de coordenadas	60 pacientes entre 15 e 84 anos	Comparação de 7 regras de predição do limiar auditivo	A eficácia dos métodos variou de 60 a 71%, sendo o bivariado o melhor. Todos os métodos apresentaram erros.

Os estudos acima descritos mostram claramente a ocorrência de erros na predição do limiar auditivo. Seu uso de maneira isolada poderia, de alguma forma, prejudicar a conclusão diagnóstica e, conseqüentemente, a reabilitação da população infantil.

Quando comparado com a regra de 1974, o emprego da regra de Jerger et al. (1978) apresentou melhores resultados em crianças, sendo que em 100% das que apresentavam audição normal a predição pela Medida do Reflexo Acústico confirmou a normalidade. Para a perda auditiva severa, a predição correta ocorreu em 85% dos casos e para perda moderada, em 54% deles. Os autores consideraram que a Medida do Reflexo Acústico pode ser empregada na predição do limiar auditivo em crianças por ser um método fácil, rápido, eficiente e econômico.

No presente estudo, o interesse em correlacionar o grau da perda auditiva, obtida com a regra de Jerger et al. (1978), com o PEAAE surgiu a partir dos resultados acima descritos. Além disso, considerando que a Imitanciometria é um exame facilmente encontrado nos centros de diagnóstico audiológico infantil, de fácil e rápida aplicação, partiu-se da hipótese de que seus resultados poderiam acrescentar informações ao diagnóstico audiológico da população estudada.

3.3 Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE)

3.3.1 Definição e Conceitos

Segundo os estudos de Ferraro e Durrant (1984), os primeiros registros de potenciais elétricos captados no escalpo humano, em resposta a estímulos auditivos, foram registrados por Davis et al. (1939) e descritos somente em 1971, por Jewett e Willinston.

Vários estudiosos relataram suas considerações a respeito da reprodução da atividade bioelétrica registrada na região extracraniana nos primeiros 10ms após a aplicação de um estímulo auditivo. Entretanto, o marco da descrição do PEATE surgiu a partir dos estudos de dois grupos independentes: Sohmer e Feinmesser (1967, 1970) e Jewett e seus colegas (Jewett, 1970; Jewett, Romano e Williston, 1970). Cada autor sugeriu um tipo de classificação ou nomenclatura para os picos encontrados.

A designação do numeral romano para classificar as ondas sugeridas por Jewett e Williston (1971) é amplamente utilizada e aceita mundialmente.

Os potenciais evocados auditivos são classificados de acordo com a latência; sendo assim, é importante determinar o tempo entre a apresentação do estímulo e o surgimento da resposta em milissegundos. Os potenciais podem ser considerados precoces, médios e tardios (Ruth, 1991).

Diferentemente do Potencial de Latência Tardia, o PEATE pode ser eliciado com discretas modificações em pacientes dormindo, bem como acordados (Jewett e Williston, 1971), não sendo seriamente afetado por

muitos sedativos ou drogas utilizadas na sedação (Mokotoff, Schulman-Galambos e Galambos, 1977).

O PEATE consiste na deflexão ou ondas positivas e negativas que são produzidas por mudanças do potencial elétrico nas membranas do sistema auditivo. O estímulo sonoro causa a polarização e despolarização das células ciliadas internas, mas somente a despolarização produz potenciais de ação nas fibras nervosas auditivas. Assim, a saída da cóclea contém um padrão retificado do estímulo acústico (Picton et al., 1984).

Dessa forma, o PEATE pode ser definido como a reprodução de picos positivos e negativos que ocorrem entre 0 e 10ms eliciados por um estímulo auditivo. A ocorrência de um pico entre 0 e 3ms corresponde ao potencial gerado na cóclea e nervo auditivo. Os picos que surgem entre 3 e 10 ms correspondem a estruturas do tronco encefálico. Trata-se de uma técnica de avaliação eletrofisiológica muito empregada na prática clínica, devido à possibilidade de pesquisa do limiar eletrofisiológico em pacientes de todas as idades, incluindo os neonatos prematuros. (Shumlman-Galambos e Galambos, 1975).

Quando o PEATE é registrado e interpretado de maneira correta, torna-se uma ferramenta para avaliar a presença da perda auditiva (Stapells, 2000).

3.3.2 Estímulo *click* e *tone burst*

Ao se utilizar o *click* como estímulo, há uma maior descarga das fibras nervosas que inervam a base da cóclea (frequências altas), quando comparada com a região no ápice da cóclea (frequências baixas),

enfatizando as frequências na região entre 2k e 4kHz (Matas et al., 1998; Luts et al., 2006).

Considerando-se a importância da obtenção de respostas por frequência específica, um método eletrofisiológico que fornece informações sobre o limiar auditivo por frequência específica é o PEATE com estímulo *tone burst*. Estudos têm mostrado boa correlação entre o PEATE *tone burst* e os limiares comportamentais (Gorga et al., 1988; Stapells et al., 1995).

Porém, a morfologia das ondas registradas é descrita como difícil de ser analisada. Em muitos casos, somente a onda V pode ser detectada. Assim, existe dificuldade na identificação e interpretação da resposta (Stapells et al., 2000; Cone-Wesson et al., 2002).

Para obtenção do estímulo *tone burst*, é necessário que ocorra uma modulação na amplitude gerada pela mudança completa do estímulo tom puro, que se inicia e é interrompida, ocorrendo então um pulso senoidal com início abrupto. Trata-se de um estímulo contínuo, pois este é obtido a partir de uma onda senoidal e aperiódica. Os tons de curta duração e com rápido tempo de surgimento contêm energia na região da frequência nominal.

A curta duração no tempo de surgimento do estímulo aumenta a extensão da energia acústica. A análise espectral da forma da onda pode ser avaliada por frequência específica.

Os detalhes do espectro dependem do tempo de duração do estímulo, como o tempo de surgimento (*rise*) e de término (*fall*), relacionando-se à frequência específica do estímulo (Durrant e Lovrinic, 1995).

Para fins didáticos, é possível visualizar a representação comparativa entre o estímulo *click* e *tone burst* na figura 2 abaixo.

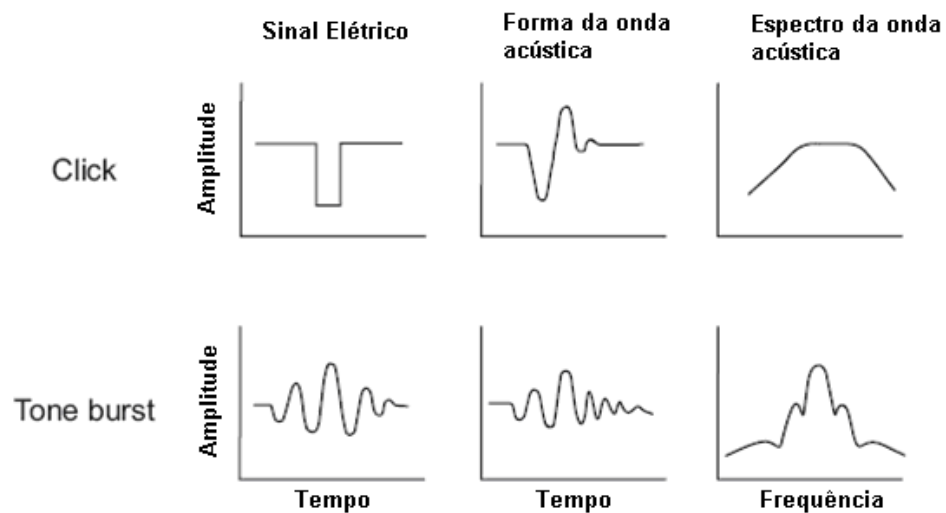


Figura 2- Representação do espectro dos dois estímulos *click* e *tone burst* utilizado no PEATE. É possível observar as diferenças em relação ao sinal elétrico, forma da onda e espectro acústico da onda (Hall, 1992)

A aplicação do PEATE com estímulo *tone burst* ocorre tipicamente para favorecer a informação em função da frequência. O limiar do *tone burst* pode ser registrado na presença ou ausência do ruído ipsilateral (*notched noise*), apresentando correlação entre 10 e 20dB com os limiares comportamentais (Gorga et al., 1993; Stapells, 2000). Tais resultados mostram concordância entre os limiares eletrofisiológicos e a avaliação comportamental.

Diversos erros podem ocorrer na predição do limiar comportamental baseando-se no limiar do PEATE com estímulo *click*. Considera-se o mais dramático deles quando o limiar do PEATE subestima o grau das perdas auditivas com configuração descendente. Em alguns casos, o resultado com estímulo *tone burst* foi encontrado entre 39 e 49dB abaixo do limiar comportamental (Stapells et al., 1990).

Entretanto, dois fatores podem dificultar a confiabilidade de cada espectro como um indicador de frequência específica em resposta para um tom. Talvez ocorra uma distorção do estímulo durante a transmissão pela orelha média, particularmente em intensidades fortes. A resposta pode ser evocada por uma parte do tom e não por um tom inteiro, como em um espectro acústico. A extensão da energia em breves tons pode resultar em limiares inferiores aos obtidos no PEATE (Picton et al., 1978).

Em contrapartida, Gorga e Worthington (1983) sugeriram que os efeitos de ressonância dos mecanismos de condução da orelha externa e média não exercem papel fundamental na seletividade de frequência. A orelha interna foi considerada como a principal estrutura desse processo devido ao padrão de deslocamento da membrana basilar. Sua aplicação na população de neonatos, crianças e adultos mostrou-se útil e possibilitou a caracterização do perfil auditivo.

A literatura contrapõe o uso do PEATE com estímulo *click* e *tone burst*, destacando as limitações e vantagens de ambos. No caso do estímulo *click*, devido à estimulação de uma banda larga de frequências na membrana basilar, não é possível promover a especificidade de frequência almejada na

avaliação infantil. Além disso, também é apontado o fato de esse estímulo apresentar uma saída máxima do equipamento limitada para investigar o resíduo auditivo nas perdas auditivas profundas (Luts et al., 2006).

Para favorecer a compreensão, segue abaixo o Quadro 6, que descreve as vantagens e limitações na aplicação do PEATE com estímulo *click* e *tone burst*.

Quadro 6- Relação das vantagens e limitações da aplicação do estímulo *click* e *tone burst* no PEATE

	Vantagens	Limitações
Estímulo <i>click</i>	Estima a magnitude da perda auditiva inicialmente	Estimulação de uma larga faixa de frequências na Membrana Basilar
	É de rápida aplicação	Reduzida Saída máxima do estímulo
	É o mais empregado na prática clínica	Não promove especificidade de frequência
Subjetividade na análise		
Estímulo <i>tone burst</i>	Especificidade de frequência	Dificuldade de visualizar as ondas, principalmente 500Hz
	Permite avaliar a magnitude e configuração da perda auditiva	Subjetividade e dificuldade na análise
	Boa correlação com os limiares comportamentais	

3.4 Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável (PEAEE)

3.4.1 Definição e conceitos

O PEAEE em humanos foi inicialmente originado em resposta a estímulos visuais. Para observação de mudanças no traçado do eletroencefalograma (EEG), a partir da estimulação auditiva, foi necessário o desenvolvimento de técnicas para atenuar e filtrar a captação do ruído elétrico gerado pelo sistema nervoso central. O PEAEE pode ser descrito como potenciais auditivos evocados repetitivos que apresentam componentes de frequência que se mantêm constantes ao longo do tempo (Picton et al., 2003).

Segundo Lins et al. (1995), o PEAEE pode ser facilmente registrado no escalpo humano, apresentando uma clara relação com as diferentes variáveis acústicas. Essa medida fornece informações importantes para a avaliação fisiológica da audição, sendo útil na predição da Audiometria pelo fato de obter respostas por intensidades próximas ao limiar.

Desde que foi introduzido por Galambos et al., em 1981, o PEAEE tem causado impacto nas pesquisas na área da audiologia que envolvem os potenciais auditivos evocados.

Inicialmente, o emprego do PEAEE em humanos foi extensamente estudado com estímulo sonoro modulado próximo à frequência de 40Hz (Galambos et al., 1981; Stapells et al., 1984).

Em seus estudos, Galambos et al. (1981) mostraram que, na comparação com a apresentação de 10 estímulos por segundo, as respostas de média latência para 40 estímulos por segundo apresentavam amplitudes duas a três vezes maiores. Os autores atribuíram a maior amplitude de resposta com 40 apresentações por segundo à sobreposição de sucessivos picos negativos e positivos.

O modelo proposto dos geradores de PEAE modulado em 40Hz engloba as regiões corticais, subcorticais e regiões talâmicas (Aoyagi et al., 1993).

Dessa maneira, essas respostas sofrem interferência do estado de sono e sedação, assim como da maturação da via auditiva. A utilização dessa modulação dificulta a obtenção de respostas em crianças, pois o componente de 40Hz resulta da consolidação ou sobreposição de respostas de curta e média latência (Galambos et al., 1981).

Posteriormente, estudos mostraram que a modulação de frequência entre 80 e 110Hz produz respostas menores comparadas as de 40Hz. Entretanto, a modulação entre 80 e 110Hz sofre menos influência do sono e da maturação neurológica, mostrando-se mais eficiente na avaliação de crianças e neonatos, podendo fornecer informações de porções baixas da via auditiva central, como o PEATE (Aoyagi et al., 1994; Rickards et al., 1994).

Assim como o PEATE, o PEAE realizado com a modulação em torno de 80 e 100Hz gera respostas provenientes de estruturas do tronco encefálico, que podem ser evocadas por uma modulação de amplitude e de frequência (Rickards e Clark, 1984).

O PEAAE permite a avaliação da via auditiva até o tronco encefálico, possibilitando a obtenção de respostas em fraca intensidade. Favorece o registro do limiar auditivo e não somente avalia as condições de estruturas da via auditiva isoladamente. Trata-se de um exame atual e promissor que permite obter informação sobre limiares auditivos por frequência específica e que tem mostrado boa correlação com os limiares auditivos comportamentais (Rickards et al., 1994; Lins et al., 1996).

Esse potencial surge quando a velocidade do estímulo é rápida o suficiente para causar sobreposição da resposta individual transiente, a qual gera uma resposta periódica na frequência em que o estímulo foi apresentado (Picton et al., 1984).

A resposta desse potencial é geralmente medida no domínio da frequência, diferentemente do PEATE, que é avaliado no domínio do tempo. No domínio do tempo a resposta é registrada e analisada pela seleção dos picos e calculando-se as amplitudes e latências. No domínio da frequência a análise baseia-se na amplitude e fase da resposta de cada frequência (Picton et al., 2003; Stapells et al., 2005). A figura 3 ilustra a diferença entre os potenciais.

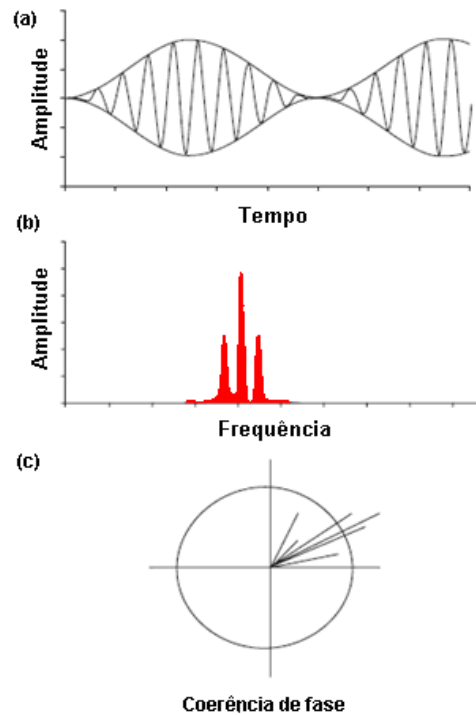


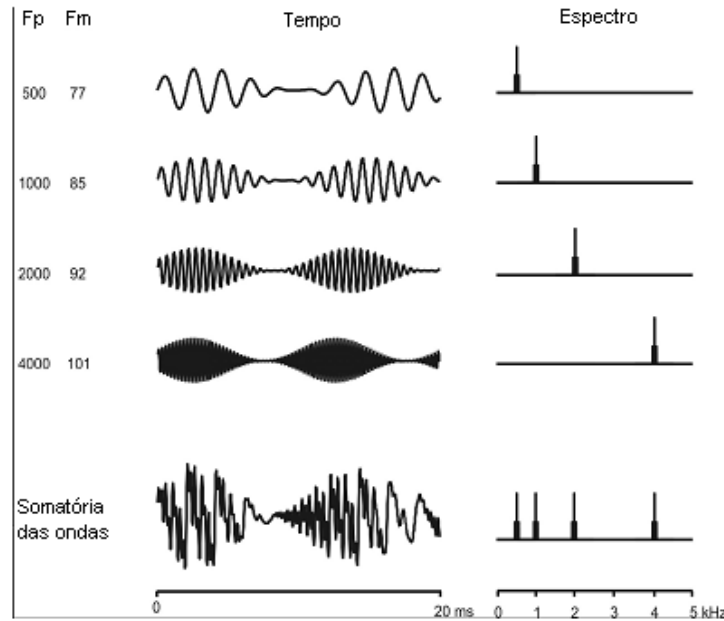
Figura 3- Diferença entre as respostas fornecidas pelo PEATE no domínio do tempo e o PEAE com respostas no domínio da frequência (Firtz, et al., 2004)

O estímulo oferecido ao sistema auditivo é produzido a partir da frequência portadora (0.5 a 4KHz), que sofre a modulação de frequência. Dessa maneira, o espectro desse estímulo é composto de um componente na frequência portadora e dois componentes com frequência igual à portadora, mais e menos a frequência de modulação. Para o tom de 1000Hz modulado em amplitude de 100Hz, a energia estará concentrada em 1000Hz e nas frequências adjacentes de 1100 e 900Hz, chamadas de *sidebins* ou *sidebands*. (Lins et al., 2002; Picton et al., 2003; Stapells et al., 2005).

A figura 4 A ilustra a modulação de 77, 85, 92 e 101Hz ocorrida no estímulo composto pelas frequências portadoras de 0.5, 1, 2 e 4KHz, assim

como a apresentação multifrequencial. A figura 4 B ilustra a atividade do EEG e a resposta na frequência de modulação.

4 A)



Fp corresponde à Frequência portadora e Fm à Frequência de modulação

4 B)

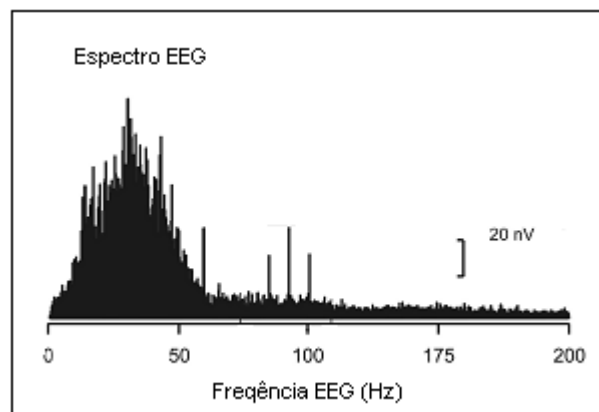


Figura 4- Modulação de frequência e espectro do EEG na realização do PEAAE (Stapells et al., 2005)

O estímulo apresentado pode ser produzido a partir da modulação em amplitude, em frequência ou amplitude e frequência. Sugere-se a profundidade de modulação em amplitude aplicada ao estímulo superior a 50% (Lins et al., 1995; Lins et al., 2002).

Quando o estímulo modulado, digitalmente produzido, atinge a cóclea, estimula a membrana basilar na região da frequência portadora. As células ciliadas internas e ganglionares não apresentam uma resposta linear ao estímulo. Dessa forma, as células ciliadas internas saturam diante do som em forte intensidade e mais rapidamente se movimentam em direção oposta ao movimento tradicionalmente realizado. As células ganglionares, por outro lado, ficam completamente retificadas, pois o potencial de ação ocorre a partir da despolarização da célula e não da hiperpolarização. Assim, o nervo auditivo transmite uma versão retificada do estímulo sonoro que faz com que as respostas geradas por um tom contínuo ou por um tom modulado em amplitude possam ser detectadas como um pico espectral na frequência de modulação, havendo assim possibilidade de se avaliar a sensibilidade da cóclea a esse estímulo (Aoyagi et al., 1994; Lins et al., 1996; Lins et al., 2002).

A análise desse exame é facilitada devido ao método de resposta, sendo esta obtida de maneira objetiva e automática e convertida para o domínio da frequência pelo *Fast Fourier Transformation* (FFT), método que avalia se a amplitude da resposta é significativamente maior que a amplitude do ruído avaliado nas frequências adjacentes, como mostra a figura 5.

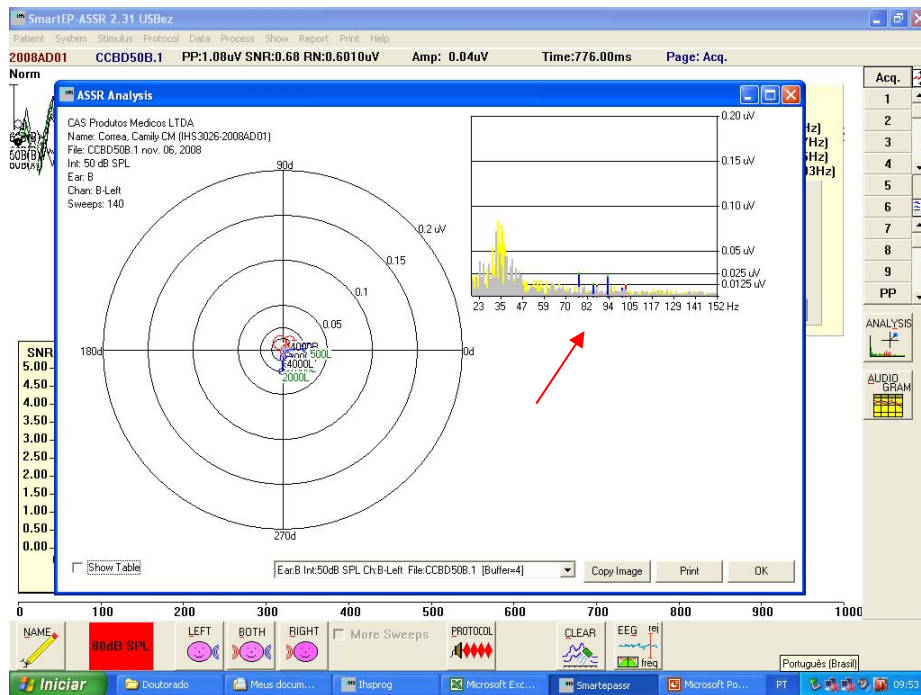


Figura 5- FFT e o gráfico polar durante a realização do PEAAE no equipamento Smart-EP-IHS

Dessa forma, a resposta a cada um dos estímulos pode ser medida independentemente, analisando-se o componente espectral correspondente à frequência na qual a frequência portadora de cada estímulo foi modulada.

Outro método de análise é o Teste T^2 , que avalia se a resposta é replicável nas 16 sessões em que a varredura é dividida. O FFT de cada uma dessas 16 sessões fornece 16 pares de componentes ortogonais X e Y na frequência de modulação para cada estímulo. Estes componentes X e Y são usados para calcular o limite de confiança bidimensional a 95% da média. Assim, além da conversão para o domínio da frequência, o FFT representa os componentes da onda como vetor em plano bidimensional que são transformados em coordenadas polares como amplitude e fase. A fase é

representada pelo ângulo ou fase de rotação e a amplitude da resposta, pelo comprimento do vetor (Lins, 2002).

Uma resposta é considerada presente se a origem não está contida nos limites de confiança, como mostra a figura 6, com um círculo vermelho. O limite de confiança calculado pela estatística de T^2 é usado para medir o nível de ruído na frequência da resposta (Lins et al., 1996; Lins et al., 2002).

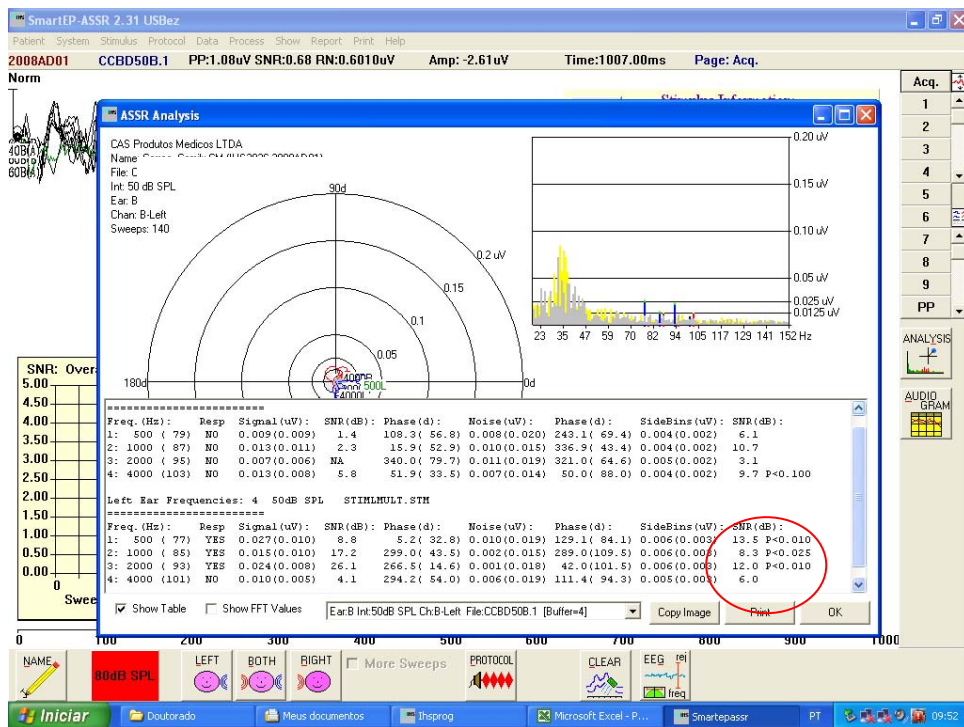


Figura 6- Ilustra os valores da relação sinal ruído no equipamento Smart-EP-IHS

O PEAAE pode ser realizado com as frequências de 0.5k, 1k, 2k e 4kHz simultaneamente ou separadamente, de maneira monótica ou dicótica, não havendo interferência na captação da resposta com diferentes maneiras de execução do exame (Lins, 2002). Essas características configuram-se

como vantagens na aplicação do PEAEE sobre as demais medidas eletrofisiológicas (Herdman e Stapells, 2001; Lins et al., 2002).

Entretanto, estudos recentes, como o de Picton et al. (2007), revelaram significativa diferença nas amplitudes de resposta na comparação entre orelhas direita e esquerda, sendo maior à direita.

Além disso, Picton et al. (2009) sugeriram significativa redução na amplitude de resposta na estimulação multifrequencial (monótica ou dicótica), quando comparada à estimulação de frequências isoladas, especialmente 1k e 2kHz. Os autores também evidenciaram significativa diferença nas respostas na comparação da estimulação monótica e dicótica. Na estimulação dicótica a amplitude da resposta variou com a taxa de modulação para as frequências de 500 e 1kHz.

Outras vantagens da aplicação do PEAEE são a interpretação e análise dos resultados, que não dependem da experiência do avaliador, como ocorre com os potenciais com estímulos transientes (Lins, et al., 1995).

Stapells et al. (2000) compararam o uso do PEATE com o PEAEE, destacando duas desvantagens na utilização do PEATE: o tempo prolongado de realização do procedimento, pois apenas uma frequência e uma orelha podem ser avaliadas por vez; e a subjetividade no momento da análise.

Em contrapartida, Luts et al. (2006) referiram que o tempo de duração do exame com o PEATE com estímulo *click* é mais curto do que o do PEAEE, sendo possível ter uma ideia geral da existência de uma perda auditiva. Em algumas crianças é difícil testar as duas orelhas ao mesmo tempo. Os autores destacam que, às vezes, a criança tem preferência em

dormir de um lado apenas ou há uma grande diferença entre os limiares das orelhas, necessitando de mascaramento.

A aplicação do PEAAE com objetivo diagnóstico e para predição do limiar comportamental tem sido amplamente estudada. São inúmeros os estudos que objetivaram investigar a predição do limiar comportamental a partir do limiar obtido utilizando o PEAAE em adultos, escolares e neonatos com audição normal, com perda auditiva e com neuropatia auditiva (Lins et al., 1996; Aoyagi et al., 1999; Perez-abalo et al., 2001; Lins, 2002; Swanepoell et al., 2004; Calil, 2006; Luts et al., 2006; Duarte, 2008; Rodrigues, 2009).

Existe uma melhor correlação entre os resultados do PEAAE e a Audiometria Comportamental nas perdas auditivas profundas comparadas com as leve-moderadas (Swanepoell et al., 2004).

Na comparação entre a população ouvinte e com perda auditiva neurossensorial a correlação entre o PEAAE e a Audiometria Comportamental foi melhor nos pacientes com perda auditiva. Isso se deve ao recrutamento presente nas perdas auditivas de origem coclear. O recrutamento favorece o aumento da amplitude da resposta do PEAAE, permitindo melhor visualização das respostas (Picton et al., 2005).

Alguns estudos mostraram diferenças entre limiares do PEAAE e comportamentais entre 5 e 15dB (Herdman et al., 2001; Perez-abalo et al., 2001; Dimitrijevic et al., 2002).

A acurácia na determinação dos limiares comportamentais baseado nos achados do PEAAE sofre interferência de uma série de fatores, como o método empregado no estudo (análise automática ou critério de decisão do

avaliador), tempo de coleta, amostra, tipo do estímulo, intensidade, ruído ambiental e duração do exame (Luts et al., 2005; Luts et al., 2008).

Luts et al. (2008) destacam a importância de se avaliar os protocolos existentes nos equipamentos de PEAAE, principalmente em relação aos critérios utilizados na detecção automática da resposta. Eles avaliaram a influência da decisão de aceitar as respostas e interromper a coleta durante o exame, e analisaram o número de respostas verdadeiras e falsas encontradas. A taxa de respostas falsas diminuiu com o aumento do número de coleta (*sweeps*). A melhor detecção foi obtida quando foi utilizada a coleta fixa de 32 respostas, e uma substancial diminuição na detecção da resposta ocorreu com coletas inferiores a 24. Ou seja, a taxa de erros, a detecção e o tempo de coleta podem favorecer ou prejudicar a detecção das respostas do PEAAE, havendo a necessidade de adaptações nos protocolos.

Uma característica do PEAAE que chama a atenção dos pesquisadores é a possibilidade de utilização de fortes intensidades para diferenciar as perdas auditivas severas das profundas e, conseqüentemente, avaliar a audição residual para posterior cirurgia de implante coclear (Firszt et al., 2004; Swanepoell et al., 2004).

Assim, Small e Stapells (2004) realizaram PEAAE por VA e VO e mensuraram a possibilidade de artefatos em fortes intensidades. Foram avaliados 17 pacientes com perda auditiva profunda bilateral, sendo as intensidades por VA e VO empregadas, respectivamente, 114 a 120dB e 60dB. Os autores concluíram que fortes intensidades na condução aérea e óssea podem produzir artefatos nas frequências portadoras de 500 e 1kHz,

e os atribuíram a respostas do potencial evocado vestibular miogênico desencadeado em fortes intensidades.

Esses potenciais são respostas miogênicas adquiridas por promediações, ativadas por estimulação sonora em forte intensidade, que ativam a mácula sacular, nervo vestibular inferior e vias vestibulo espinhais descendentes. A análise desses potenciais é empregada na investigação complementar de distúrbios otoneurológicos (David et al., 2002).

É fato que o PEAAE permite a obtenção das respostas auditivas por especificidade de frequência, é de fácil análise, fornece importantes informações, principalmente no que se refere à população pediátrica, permitindo o diagnóstico precoce, além de fornecer informações para um melhor ajuste na programação de Aparelhos de Amplificação Sonora Individual (AASI) (Picton et al., 1998; Luts et al., 2006; Donini, 2007; Damarla et al., 2007).

Entretanto, até hoje, ainda são desenvolvidos estudos a fim de aperfeiçoar essa técnica.

3.4.2 Estudos empregando o PEAAE e PEATE com estímulo *click* e *tone burst* na predição dos limiares comportamentais

Com o advento da triagem auditiva neonatal universal, uma nova população foi encaminhada para os centros de diagnóstico audiológico e para os programas de saúde auditiva infantil. Muitas dessas crianças compõem um grupo com forte suspeita de perda auditiva, porém elas são

muito jovens para realização de exames puramente baseados nas respostas auditivas comportamentais, como o VRA.

Dessa maneira, exames eletrofisiológicos são rotineiramente aplicados para estimar o limiar auditivo dessa população quanto ao grau da perda auditiva e, conseqüentemente, determinando o plano de tratamento, já que há uma relação direta entre grau de perda auditiva e o impacto sobre o desenvolvimento da linguagem.

Para fins didáticos, são apresentados no quadro abaixo, seguindo a ordem cronológica de publicação, estudos sobre PEAAE e sua correlação com outros achados em audiologia pediátrica.

Quadro 7- Estudos sobre a aplicação do PEAAE e sua correlação com outros achados aplicados na população pediátrica

Autor Revista e ano	Amostra	Protocolo	Objetivo e Equipamento	Resultado e Conclusão
Lins et al. (1996) Ear Hear	117 (1mês a 40 anos)	PEAAE Mono e dicótico por VA e VO com 75 a 110Hz	Avaliar a confiabilidade na aplicação do PEAAE por VA e VO. (Master)	Limiares foram obtidos 10 a 20dB acima do limiar comportamental, refletindo o audiograma. Sugeriram seu emprego na rotina clínica.
Perez-Abalo et al. (2001) Ear Hear	43 (6 a 15 anos)	PEAAE multi frequencial e dicótico (AM 95%) e modulação de 77 a 105Hz	Avaliar a efetividade do PEAAE em estimar a configuração da curva audiométrica. (Audix)	Forte correlação entre os limiares do PEAAE e Audiometria em todas as frequências. 13 ± 15 , 7 ± 15 , 5 ± 14 , 5 ± 16 para 500 a 4kHz. A correlação variou entre 0.70 e 0.83 com um tempo de coleta de 21 minutos apenas.

Continua...

Continuação do Quadro 7.

Autor Revista e ano	Amostra	Protocolo	Objetivo e Equipamento	Resultado e Conclusão
Cone- Wesson et al. (2002) JAAA	51 (média de 9 meses)	PEATE (<i>click</i>), PEAEE Multi frequencial e modulação de 90Hz .	Comparar PEATE (<i>click</i>) e PEAEE em crianças ouvintes e com perda auditiva moderada e profunda. (Era)	Os valores dos potenciais foram maiores que os comportamentais. A discrepância entre o limiar comportamental e o PAEE foi menor do que para o PEATE. O PEATE <i>click</i> e o PEAEE podem ser utilizados juntos. A discrepância entre PEATE e PEAEE pode ocorrer devido à configuração da perda auditiva.
Werff et al. (2002) JAAA	32 (2meses a 3 anos)	PEATE (<i>click</i>) e <i>Tone burst</i> e PEAEE com 0,5k, 2k e 4kHz com modulação de 74 a 95Hz	Investigar o grau de correlação entre o PEAEE, e PEATE em crianças com perda auditiva. (Era)	Forte correlação entre o limiar do PEAEE em 2kHz e o PEATE <i>click</i> (0.96) e entre a média de 2k e 4kHz com o <i>click</i> (0.97). PEAEE de 500 e <i>Tone burst</i> (0.86). O PEAEE permitiu a obtenção de limiares que não eram possíveis com PEATE. Consideraram o PEAEE como melhor para estimar o limiar comparado com o PEATE.
Rance e Rickards (2002) JAAA	211 (1 e 8 meses)	PEAEE Multifrequencial e modulação de 90Hz e VRA	Investigar o grau de correlação entre o PEAEE e o VRA em crianças com perda auditiva e ouvintes. (Audera)	A diferença entre o limiar comportamental foi em média de 10 a 15dB melhor para a avaliação comportamental. Tempo de exame durou entre 45 e 60 minutos para analisar a resposta de ambas as orelhas
Roberson et al. (2003) Otolaringol Head Neck Surg	28 (7meses a 5 anos)	PEATE (<i>click</i> e <i>Tone burst</i>) e PEAEE (10% FM e AM 100%) de 0,25 a 8kHz	Utilizar o PEAEE para determinação do limiar auditivo por frequência específica e comparar com PEATE. (Era)	A sensibilidade para os dois exames foi igual para as perdas auditivas de até 90dBNA, mas para as perdas maiores o PEAEE mostrou-se mais vantajoso. O tempo de realização do exame foi de aproximadamente 1 hora e meia

Continua...

Continuação do Quadro 7.

Autor Revista e ano	Amostra	Protocolo	Objetivo e Equipamento	Resultado e Conclusão
Stueve et al. (2003) Am J Audiol	78 (1 mês a 10 anos)	PEATE <i>click</i> , <i>Tone burst</i> e PEAEE multifrequencial (AM-100% e FM 10%) de 67 a 102Hz	Comparar os resultados do PEATE (<i>click</i> e <i>Tone burst</i>), PEAEE e VRA. (Era)	Importante correlação entre os limiares de PEATE <i>click</i> e do PEAEE (1k, 2k e 4kHz) e entre o PEATE <i>Tone burst</i> e os limiares do PEAEE em 0,25 e 0,5kHz. Em relação ao VRA, a correlação com o PEAEE foi de 0.82, 0.90, 0.83 e 0.83 para 0,5k, 1k, 2k e 4kHz. Consideraram o PEAEE um complemento na avaliação infantil, sendo essencial nas crianças com perda auditiva.
Firszt et al. (2004) Arch. Otol Head Neck Surg	42 (1 a 4 anos)	PEATE (<i>click</i>) e PEAEE (AM100% e FM 10%) de 74 a 95Hz	Determinar a efetividade da aplicação do PEAEE em crianças com suspeita de perda auditiva. (Era)	Foram observadas respostas no PEAEE nos casos de ausência de PEATE, com forte correlação entre PEATE e as frequências de 2k e 4kHz do PEAEE. O PEAEE acrescenta informações sobre os limiares nas perdas auditivas severas e profundas.
Small e Stapells (2004) Ear Hear	17 (10 a 15 anos) com perda auditiva profunda	PEAEE multifrequencial por VA e VO com modulação entre 77 e 100Hz e AM de 100%	Verificar a possibilidade de artefatos no PEAEE por VA e VO em fortes intensidades. (Master)	Foram observados artefatos por VA e VO, principalmente em 500 e 1kHz. Foi observado por VO em intensidades superiores a 40dB e por VA em forte intensidade.
Swanepoell, Hugo e Road (2004) Arch. Otol Head Neck Surg	20 (10 a 15 anos)	PEATE, Audiometria e PEAEE com modulação de 20% FM e 100%AM entre 74 e 95Hz	Verificar se o PEAEE permite a predição do limiar comportamental (Master)	Diferença entre a Audiometria e PEAEE foi de 6dB para 500 e 4kHz e para 1k e 2kHz a variação foi de 8 a 12dB. O PEAEE mostrou-se uma alternativa para avaliação da audição residual em crianças com perda auditiva profunda.

Continua...

Continuação do Quadro 7.

Autor Revista e ano	Amostra	Protocolo	Objetivo e Equipamento	Resultado e Conclusão
Ballay et al. (2005) Laringoscope	29 crianças perda auditiva neurosensorial descendente	PEAEE com modulação de 20% FM e 100%AM	Estudar a possibilidade de predição do limiar a partir do PEAEE em criança com perda auditiva descendente. (Audera)	Pobre correlação na predição do grau da perda auditiva e positiva relação com a configuração. Ao contrário dos clássicos trabalhos, houve uma forte correlação com 0,5kHz. Os autores sugeriram a aplicação em uma população mais extensa.
Luts et al. (2006) Audiol Neurotology	53 (nascimento e 4 anos)	PEATE (<i>click</i>), Audiometria e PEAEE multifrequencial e dicótico, (100% AM e 20%FM) com modulação de 82 a 110HZ,	Descrever a experiência com o PEAEE utilizando estímulo dicótico multifrequencial em um grande número de crianças. (Master)	A diferença foi de 10 a 12dB entre o PEAEE e a Audiometria. Tempo de realização variou de 40 a 75 minutos. Sugeriram que a estimulação multifrequencial pode ser incluída na bateria de exames audiológicos.
Rance e Tomlin (2006) Ear Hear	20 (nascimento, 2, 4 e 6 semanas)	EOA, PEATE (<i>Tone burst</i>) e PEAEE (FM 10% e AM 100%). 0,5kHz (74HZ) e 4kHz(95Hz)_	Realizar um estudo longitudinal sobre o PEAEE entre o nascimento a sexta semana de idade. (Audera)	Significantes mudanças foram observadas, havendo melhora no limiar do PEAEE em 10 dB até a sexta semana. Dessa maneira, os limiares de neonatos e crianças jovens foram diferentes dos observados em adultos. Até a sexta semana é possível afirmar que a resposta está maturando.
Duarte et al. (2008) Pró-fono	65 (7 a 30 anos e 6 meses a 5 anos com perda auditiva e neuropatia auditiva)	Audiometria e PEAEE (100% AM e 20%FM) de 82 a 96HZ	Verificar a aplicabilidade do PEAEE para determinar limiares auditivos comportamentais. (Master)	A predição do limiar auditivo foi maior para os graus mais acentuados de perda auditiva. O PEAEE não mostrou informações adicionais para o diagnóstico do limiar na neuropatia auditiva.

Continua...

Conclusão do Quadro 7.

Autor Revista e ano	Amostra	Protocolo	Objetivo e Equipamento	Resultado e Conclusão
Ribeiro (2008) Tese de Doutorado FMUSP	56 lactentes	PEAEE (100% AM e 20% FM) de 91 a 99Hz	Obter limiares para PEAEE de ouvintes nascidos termo e pré-termo, a fim de investigar a maturação das respostas e possíveis ajustes no protocolo. (Master)	O grupo de lactentes pré-termos apresentou limiares mais elevados que o grupo termo. Foi possível a redução do tempo de execução do exame para 40 minutos, visando aplicação clínica. Houve amadurecimento da resposta entre 35 e 39 semanas. Devido aos limiares elevados obtidos em lactentes ouvintes, a aplicação do PEAEE deve ser criteriosa, principalmente para 500 e 4kHz.
Rodrigues (2009) Dissertação de Mestrado PUCSP	15 crianças com idades entre 2 meses e 3 anos	PEAEE multifrequencia l de 77 a 103Hz	Comparação do PEAEE nas frequências de 1k a 4kHz com PEATE <i>click</i> , <i>Tone burst</i> e VRA (Smart- EP)	Os resultados do PEAEE foram semelhantes aos obtidos nos PEATE e no VRA. A correlação entre o PEAEE e o PEATE <i>click</i> foi de (0.63 - 0.70), sendo melhor para a frequência de 1kHz (0.70). Em relação ao PEATE <i>Tone burst</i> foram obtidos coeficientes de 0.77, 0.60, 0.66 e 0.50 para 0.5k a 4kHz. Os melhores coeficientes foram da comparação do PEAEE com o VRA (0.89 – 0.93). O PEAEE mostrou-se uma técnica viável para obtenção de limiares quando não for possível realizar o VRA.

4 Método

4.1 Casuística

A amostra foi constituída por 23 crianças com perda auditiva neurossensorial bilateral, com idades entre 1 e 7 anos, de ambos os gêneros. As crianças foram atendidas no programa de Diagnóstico Audiológico da Associação de Pais e Amigos dos Deficientes Auditivos de Sorocaba (APADAS).

A presença de perda auditiva tipo neurossensorial bilateral, de respostas consistentes e confiáveis na Audiometria (VRA ou Condicionada), bem como a ausência de alteração neurológica e da função de orelha média foram determinantes para inclusão no estudo. Outro fator foi a colaboração para realização dos exames eletrofisiológicos, sendo que a criança deveria estar em estado de sono natural ou por sedação.

Para classificação do grau da perda auditiva, utilizou-se a determinação da Organização Mundial de Saúde (1997), que sugere o cálculo da média das frequências de 0.5k, 1k, 2k e 4kHz, como mostra o quadro 8.

Quadro 8- Classificação do nível de audição segundo a OMS, 1997

Categoria	Valores da média
Audição Normal	0 a 25 dB
Perda Auditiva Leve	26 a 40 dB
Perda Auditiva Moderada	41 a 60 dB
Perda Auditiva Severa	61 a 80 dB
Perda Auditiva Profunda	Maior que 81 dB

A coleta dos dados foi realizada no período entre agosto de 2007 a fevereiro de 2009.

4.2 Equipamentos

- Analisador de Orelha Média AZ7 - *Interacoustics*: provido da frequência de tom na sonda de imitação: 226Hz, atendendo às seguintes especificações técnicas para equipamentos de Imitância Acústica: ISSO-8253-1; IEC 645; ISO 389. A pesquisa de reflexos acústicos contralateral foi realizada com estímulos calibrados em dBNA, apresentados por um alto-falante acoplado em um fone supra-aural. Durante a apresentação dos estímulos, os sujeitos encontravam-se imóveis, evitando a ocorrência de artefatos.
- Audiômetro *Interacoustic* Modelo AC33 calibrado de acordo com as normas ISO 389 (1996), ISO 389-3 (1994), ISO 389-4 (1994), IEC 675 (1992). Possui fone de inserção supra-aural e vibrador ósseo.

- Sala Acústica: ampla, com tratamento acústico, para eliminar possíveis ruídos ambientais.
- *SmartEP - Intelligent Hearing Systems (Auditory Evoked Potentials System)*: Utilizado para realização do PEATE com estímulo *click*, *tone burst* e do PEAAE. Equipamento eletrônico composto por computador mediador, gerador de sinal acústico, amplificador e registrador. O estímulo foi apresentado por meio de um par de fones de inserção ER 3A. Dispõe de eletrodos de superfície, os quais permitem a captação da atividade elétrica proveniente das estruturas que compõem a via auditiva.

4.3 Procedimentos

Segue abaixo a descrição dos procedimentos realizados na APADAS no programa de Diagnóstico Audiológico.

4.3.1 Procedimentos Éticos

Os pais ou responsáveis pelas crianças foram informados sobre a realização do estudo, por meio da leitura de um termo de consentimento livre e esclarecido, com dados informativos sobre o objetivo do estudo e seus riscos, a fim de assegurar os preceitos éticos na realização de pesquisas com seres humanos. Ao final, após terem concordado, foi efetuada sua assinatura.

O presente estudo (protocolo de pesquisa número 0492/07) foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética de análise de projetos de pesquisa - CAPPesq do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 01.08.2007.

4.3.2 Procedimentos Clínicos

- **Anamnese:** atendimento conduzido em equipe (otorrinolaringologista e fonoaudióloga), sendo realizado levantamento dos riscos para a deficiência auditiva, do desenvolvimento neuropsicomotor, visual e de linguagem. Investigação das doenças apresentadas, do acompanhamento multidisciplinar e do desempenho escolar da criança;
- **Otoscopia;**
- **Timpanometria:** modalidade de Admitância Acústica (Ya), com frequência de sonda de 226Hz;
- **Pesquisa dos limiares de Reflexo Acústico contralateral:** estímulos de 0,5k, 1k, 2k, 4kHz, e ruído de banda Larga (Ruído branco), registrados com a sonda convencional de 226Hz em dBNA;
- **Predição do limiar auditivo comportamental a partir da Medida do Reflexo Acústico:** foi utilizada a regra de predição do limiar auditivo adaptada por Jerger et al. (1978) (quadro 2). Todos os limiares obtidos em dBNA foram convertidos para dBNPS, com o intuito de serem aplicados na regra de prescrição do limiar auditivo. Para a conversão,

foi necessário somar ao valor de dBNA o valor por frequência, como mostra o Quadro 9 abaixo:

Quadro 9- Valores em dB que foram acrescentados ao valor em dBNA para conversão em dBNPS por frequência

Instituição	0,5kHz	1kHz	2kHz	4kHz	Ruído branco
ANSI. S3.6-1989(dBNA)	13.5	7.5	11	10.5	20

Katz, (1984)

Foi realizada a calibração fisiológica do imitanciômetro AZ7, conforme sugestão de Jerger et al. (1974). Assim, dez adultos jovens ouvintes foram submetidos à pesquisa do limiar de reflexo acústico para as frequências de 500, 1k, 2k, 4k e ruído branco. A média dos valores para os tons puros foi subtraída do valor da média do limiar do ruído branco. A partir das diferenças obtidas em cada indivíduo, foi calculada a média do grupo. A média da diferença encontrada no grupo foi de 13dB. A partir deste valor, foi possível fazer a calibração fisiológica. Assim, o valor de 13dB foi subtraído do valor de 25dB sugerido para a diferença entre a médias dos tons puros e o ruído de banda larga nos estudos de Jerger et al. (1974). Dessa maneira, após a subtração entre o valor sugerido e o encontrado (25-13), o valor de correção utilizado no presente estudo foi de 12dB, que foi somado ao valor D obtido com a aplicação da regra em cada uma das 23 crianças estudadas;

- **Audiometria de Reforço Visual:** o protocolo de aplicação para técnica VRA utilizado na APADAS foi baseado no proposto por Gravel (2000), sendo adaptado por Versolatto (2005). Na Audiometria de Reforço Visual, para treinamento, foi primeiramente apresentado à criança o estímulo sonoro tom puro modulado na intensidade de 55dBNA, na frequência de 500Hz, em campo livre ou com vibrador ósseo para favorecer a percepção e iniciar o condicionamento.
Para a redução ou acréscimo da intensidade, foi estabelecido o movimento de virada de cabeça da criança, adequado por quatro vezes em direção ao reforço visual, por se tratar da fase de treinamento.
Após o treinamento, iniciou-se a aplicação do protocolo com fones de inserção para as frequências de 500 a 4kHz.
Os critérios para a determinação dos níveis mínimos de respostas auditivas foram os níveis mais fracos de respostas aos quais a criança respondeu corretamente por duas vezes consecutivas.
Os reforços visuais foram apresentados simultaneamente aos estímulos sonoros;
- **Audiometria Tonal Lúdica:** foi realizada a partir dos dois anos de idade, sendo necessário o condicionamento da criança para execução das tarefas lúdicas (encaixe), cada vez que percebesse o estímulo sonoro. O procedimento de pesquisa de nível mínimo de resposta na Audiometria Condicionada foi o mesmo utilizado na técnica VRA.

Os exames eletroacústicos e eletrofisiológicos abaixo mencionados foram realizados com as crianças acomodadas em maca, dormindo em sono natural ou sob sedação com Hidrato de Cloral (10%), devidamente assistidas por um médico otorrinolaringologista.

- **PEATE (*click*) Via aérea:** foi utilizado o *click* como estímulo, inicialmente na intensidade de 80 dBnNA, para estudo das latências absolutas e inter-picos. Foi realizado o estudo do limiar eletrofisiológico com decréscimo de 20 dB em 20 dB, para pesquisa do limiar de resposta. Os eletrodos foram posicionados da seguinte maneira: eletrodo terra e positivo na testa e os negativos nas mastóides ou no arco zigomático (próximos às orelhas), sendo a *impedance* < 5kohm. A janela para a pesquisa das latências foi de 20ms, a taxa de apresentação do estímulo foi de 49.1/s e 2000 *sweeps* foram coletados. O estímulo foi oferecido pelo fone de inserção EAR 3A. A polaridade utilizada foi alternada. Foram utilizados filtros passa alta de 30Hz e passa baixa de 1500Hz. Nível de rejeição do amplificador sendo de $10 \pm 25\mu\text{V}$ e *display* de 1-2ms (Elliot et al., 2002);
- **PEATE (*Tone burst*):** foi utilizada, inicialmente, a intensidade de 80 dBnNA, para estudo das latências absolutas. Realizou-se o estudo do limiar eletrofisiológico com decréscimo ou acréscimo de 20 dB em 20 dB, para pesquisa do limiar. Os eletrodos foram posicionados da seguinte maneira: os eletrodos terra e o positivo na testa e os negativos nas mastóides ou no arco zigomático (próximos às orelhas),

sendo a *impedance* < 5kohm. A janela para a pesquisa das latências foi de 25ms, e a taxa de apresentação do estímulo foi de 37/s e 2000 *sweeps* foram coletados. O estímulo foi oferecido pelo fone de inserção EAR 3A. A polaridade utilizada foi rarefação. Foram utilizados filtros para 1k, 2k e 4kHz (100-3000Hz) e para *tone burst* de 500Hz (30-3000Hz). Para 500Hz *rise/fall* 4ms; para 1kHz, 2ms; para 2kHz, 1ms e para 4kHz, 0.5ms (Stapells, 2005; Gorga et al., 2006);

- **PEAEE:** os eletrodos foram dispostos da seguinte maneira: terra e eletrodo de positivo posicionados na testa e os negativos no arco zigomático (próximo às orelhas). O fone utilizado foi o de inserção ER3A. O exame foi realizado por meio da pesquisa do nível mínimo de resposta diante da estimulação de um sinal acústico complexo formado por frequências portadoras de 500, 1k, 2k e 4kHz, respectivamente moduladas em amplitudes de 75, 85, 93, 101Hz à esquerda e de 79, 87, 95, 103Hz à direita. Os parâmetros utilizados foram de, no máximo, 400*sweeps*, com *block size* de 20 e filtros *high pass*: 70Hz e *low pass*: 110Hz.

A intensidade inicial foi de 60dB_{NPS} na modalidade dicótica multifrequencial, sendo que o aumento ou decréscimo da intensidade dependeu do surgimento da resposta. Quando não havia registro da resposta, as orelhas foram estimuladas de maneira monoaural e as frequências apresentadas de forma separada.

O limiar foi considerado presente somente quando a resposta também se manteve em uma intensidade 10dB acima do limiar considerado. Se

não houvesse resposta nesta intensidade acima do limiar, a resposta foi considerada como falso positivo (Luts e Wounters, 2004).

Os dados foram submetidos à análise do *Fast Fourier Transform* e à análise angular a cada 20 coletas, sendo utilizado o nível de significância $p < 0,05$. A resposta foi considerada presente a partir da análise de amplitude e fase dos componentes espectrais gerados pelas frequências portadoras e suas respectivas frequências de modulação. Foram considerados válidos os picos de frequência correspondentes às frequências de modulação que se apresentaram estatisticamente superiores ao nível de ruído, utilizando-se método estatístico do próprio equipamento, como mostra o Quadro 10.

Quadro 10- Valores das relações que foram analisadas utilizando-se o método estatístico do equipamento

Relação sinal ruído	> 6.13 dB
Relação sinal ruído <i>side-bins</i>	> 6.13 dB;
Amplitude do sinal	> 0.0125 μ V
Amplitude do ruído	< 0.05 μ V.

A intensidade máxima oferecida foi de 117dBNPS. Durante a realização do procedimento, se não houvesse registro de resposta de estado estável, considerou-se ausência de resposta e o exame foi finalizado.

4.4 Análise dos dados e dos limiares e níveis mínimos de respostas

Não foi aplicado valor de correção na Audiometria Tonal, no PEATE *click* e *tone burst*. Para o PEAE, foi utilizado o limiar em dBNA (corrigido) oferecido pelo próprio equipamento (SmartEP), uma vez que o estímulo para realização do exame estava em dBNPS.

Optou-se por utilizar o valor corrigido em dBNA, justamente para facilitar a correlação com os demais achados e para representar a realidade da rotina clínica, uma vez que se trata de uma sugestão do fabricante.

4.5 Método Estatístico

Na caracterização da amostra foram calculados os valores das estatísticas descritivas: média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo da idade. As mesmas estatísticas descritivas foram calculadas para descrever as respostas nos testes, por grau de perda auditiva e frequência. Os valores individuais das respostas foram representados em gráficos de perfis ou gráficos de valores individuais.

No estudo da correlação entre o NMR no PEAE e as respostas nos demais testes foram construídos diagramas de dispersão e calculados coeficientes de correlação de Pearson (Fisher e Van Belle, 1993). Este

coeficiente varia entre -1 e 1 , sendo que valores próximos a zero indicam ausência de correlação entre as variáveis.

Considerando a participação de crianças com perda auditiva profunda e, conseqüentemente, ausência de resposta de limiars comportamentais e eletrofisiológicos, optou-se em considerar, para análise do modelo de regressão e correlação entre o PEAAE e os demais exames, apenas as crianças que tiveram presença de limiar auditivo nos dois tipos de exame.

Com o objetivo de prever o limiar auditivo na Audiometria a partir do NMR no PEAAE, foram ajustados modelos de regressão, tendo como resposta o limiar auditivo na Audiometria e como variável explicativa o NMR no PEAAE. A concordância do grau de perda auditiva obtida no PEAAE e demais testes foi avaliada por meio da estatística Kappa ponderada (Sim e Wright, 2005). Os valores desse coeficiente podem variar de -1 a 1 . Valores menores ou iguais a $0,4$ indicam concordância fraca; entre $0,41$ e $0,6$, concordância moderada; entre $0,61$ e $0,80$, concordância forte e de $0,81$ a 1 , concordância quase perfeita.

Para comparar as porcentagens de presença de resposta no PEAAE com as dos outros testes, foi aplicado o teste de McNemar (Fisher e van Belle, 1993).

5 Resultados

5.1 Caracterização da amostra

Foram atendidas e encaminhadas para diagnóstico audiológico 332 crianças, sendo que, destas, apenas 52 apresentaram perda auditiva neurossensorial bilateral. A seleção dos casos baseou-se, ainda, na ausência de alteração neurológica, associação de alteração condutiva e colaboração para realização dos procedimentos. Alteração neurológica foi evidenciada em 8 crianças, alteração de orelha média em 9 e em 12 crianças não foi possível completar o protocolo da pesquisa, umas vez que ficaram agitadas e acordaram durante os procedimentos. A amostra foi composta, então, de 23 crianças.

O protocolo completo foi aplicado em 12 (52%) crianças com idades entre 1 e 3 anos; 9 crianças (39%) entre 4 e 5 anos e 2 crianças (9%) entre 6 e 7 anos. Desse total de 23, 15 (65%) eram do sexo feminino e 8 (35%) do sexo masculino. Valores das estatísticas descritivas para a idade em anos são apresentados na tabela 1.

Tabela 1- Valores de estatísticas descritivas para a Idade (anos)

N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
23	3,4	1,6	1	3	7

A tabela 2 mostra as distribuições de frequências e porcentagens marginais e conjunta do grau de perda auditiva nas duas orelhas. Observa-se que a maioria das crianças apresentava o mesmo grau de perda nas duas orelhas. Apenas uma criança (4,4%) tinha perda profunda na orelha direita e severa na esquerda e duas (8,7%), perda severa na direita e profunda na esquerda.

Tabela 2- Distribuições de frequências e porcentagens marginais e conjunta do grau de perda nas orelhas direita e esquerda

Orelha direita	Orelha esquerda				Total
	Leve	Moderada	Severa	Profunda	
Leve	1 (4,4%)	0	0	0	1 (4,4%)
Moderada	0	5 (21,7%)	0	0	5 (21,7%)
Severa	0	0	3 (13,0%)	2 (8,7%)	5 (21,7%)
Profunda	0	0	1 (4,4%)	11(47,8%)	12(52,2%)
Total	1 (4,4%)	5 (21,7%)	4 (17,4%)	13(56,5%)	23(100%)

Observa-se ainda que uma criança (4,4%) apresentava grau de perda leve nas duas orelhas; cinco (21,7%), grau de perda moderada; três (13%), severa e onze (47,8%) apresentavam perda profunda nas duas orelhas. Nas marginais da tabela (linha e coluna designadas por total) têm-se as distribuições de frequências e porcentagens marginais do grau de perda em cada orelha: na coluna “Total” constam as distribuições para a orelha direita e na linha “Total”, as distribuições para a orelha esquerda.

Com relação à configuração da perda auditiva, é possível observar no anexo (Figura A1 e A2) que três crianças (13%), identificadas como 4, 9 e 19,

apresentaram perda auditiva descendente (rampa) e as demais, configuração plana.

Foi realizada Audiometria Lúdica em treze das crianças e VRA em dez delas. A faixa etária que variou entre 2 e 3 anos foi a mais difícil de avaliar, uma vez que as crianças não se interessaram tanto pelo VRA e, em contrapartida, não executaram com facilidade a Audiometria Lúdica.

5.2 Avaliação da associação entre as respostas no PEAE e demais testes

Nas figuras de 7 a 12 são apresentados diagramas de dispersão das respostas na Audiometria (Figuras 7 e 8), PEATE (*click*) (Figuras 9 e 10) e PEATE (*tone burst*) (Figuras 11 e 12) em função da resposta no PEAE nas frequências de 0,5k, 1k, 2k e 4kHz. Foram utilizados símbolos diferentes para representar os valores das respostas de indivíduos com grau de perda auditiva leve, moderada, severa ou profunda.

Nos gráficos são representadas duas retas. A reta em preto é formada pelos pontos: resposta no teste = resposta no PEAE. O objetivo da representação dessa reta foi facilitar a visualização da magnitude das respostas no teste em relação às respostas no PEAE. Dessa forma, na figura 7, nota-se que a maioria dos pontos está localizada abaixo da reta, nas quatro frequências, indicando que as respostas na Audiometria tenderam a ser menores que as no PEAE. A outra reta, em azul, é a reta de regressão ajustada a partir das respostas dos indivíduos com presença

de resposta, e indica a tendência existente na nuvem de pontos. Essas retas sugerem correlação positiva entre as respostas na Audiometria, no PEATE (*click*) e PEATE (*tone burst*) com as no PEAE.

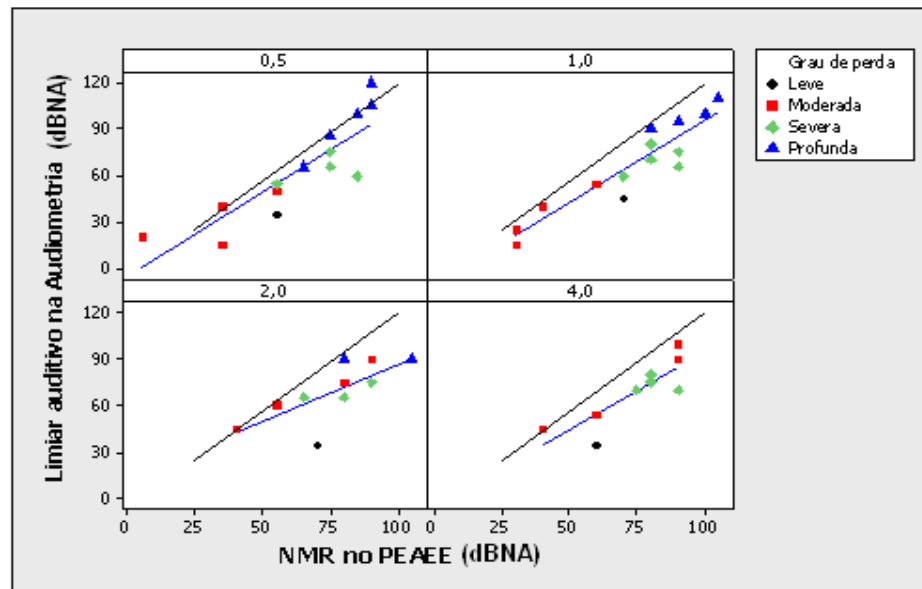


Figura 7- Diagramas de dispersão do nível mínimo de resposta na Audiometria e no PEAE nas frequências de 0,5KHz, 1KHz, 2KHz e 4KHz – **Orelha direita**

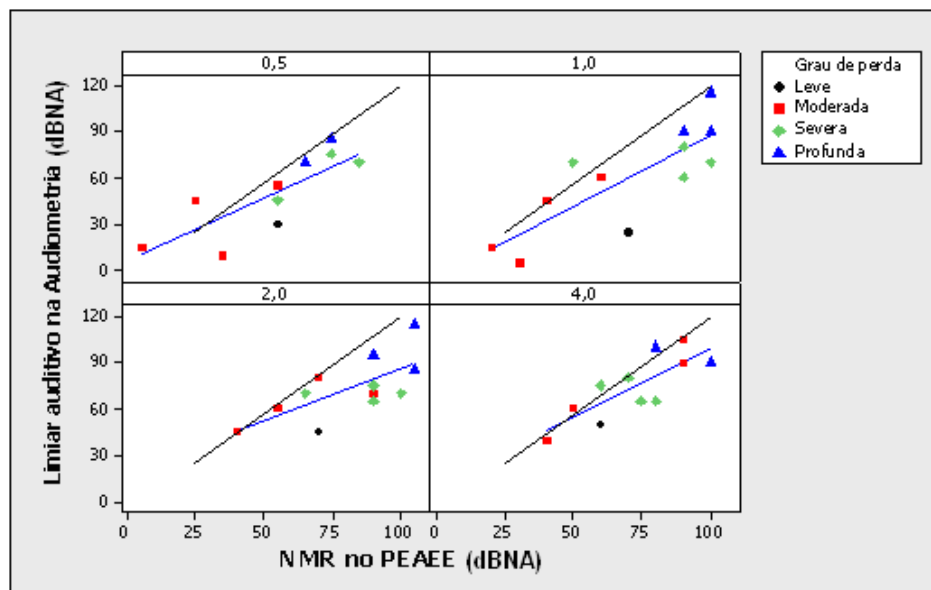


Figura 8 - Diagramas de dispersão do nível mínimo de resposta na Audiometria e no PEAE nas frequências de 0,5KHz, 1KHz, 2KHz e 4KHz – **Orelha esquerda**

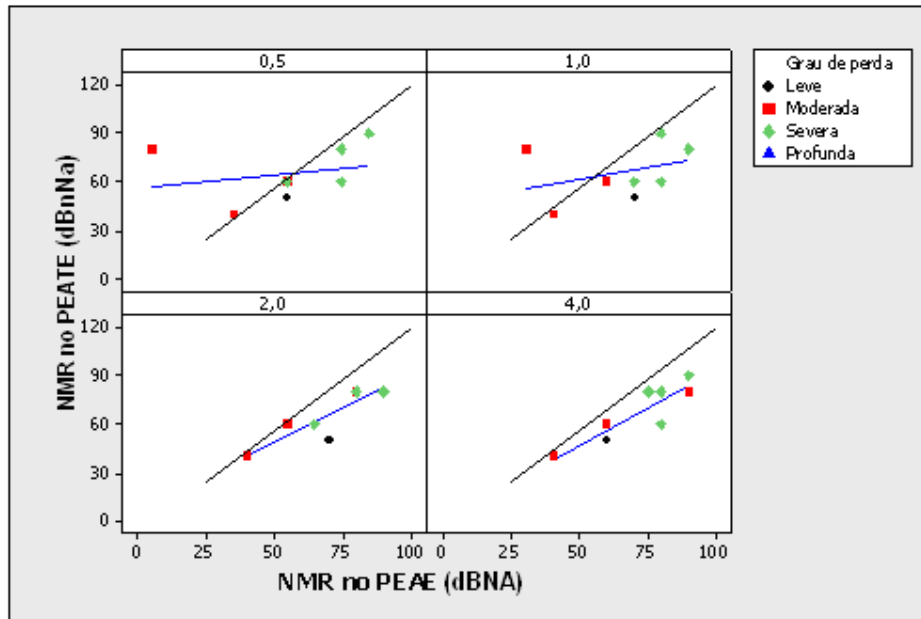


Figura 9- Diagramas de dispersão do nível mínimo de resposta no PEATE (*click*) e no PEAE nas frequências de 0,5KHz, 1KHz, 2KHz e 4KHz – **Orelha direita**

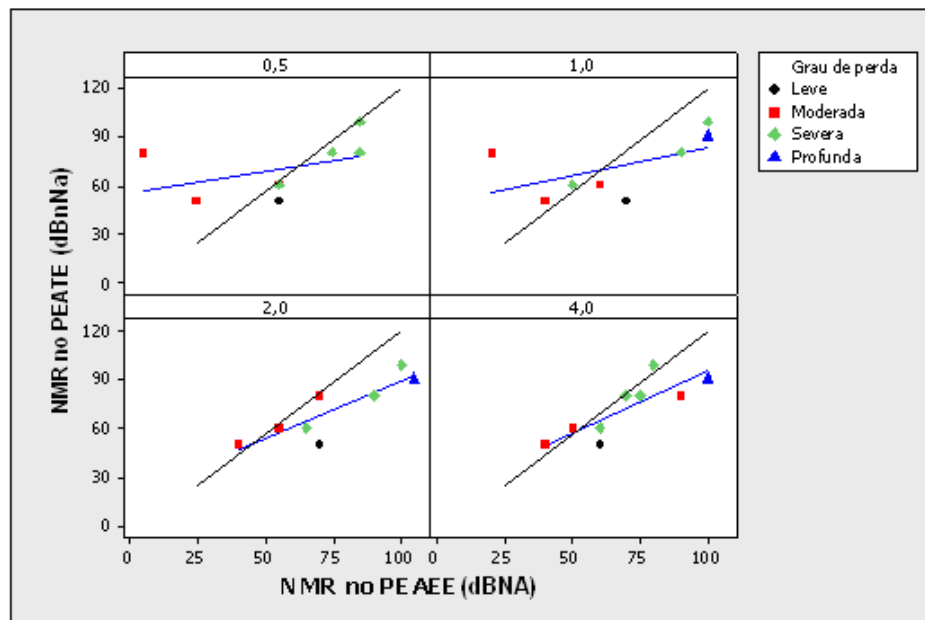


Figura 10- Diagramas de dispersão das respostas no PEATE (*click*) e no PEAE nas frequências de 0,5KHz, 1KHz, 2KHz e 4KHz – **Orelha esquerda**

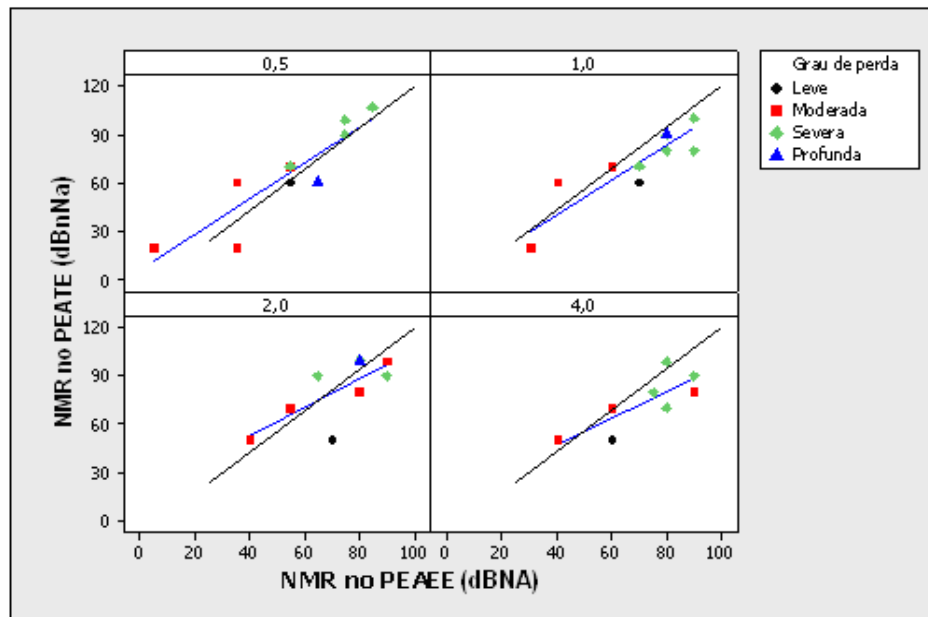


Figura 11- Diagramas de dispersão das respostas no PEATE (*tone burst*) e PEAE nas frequências de 0,5KHz, 1KHz, 2KHz e 4KHz – **Orelha direita**

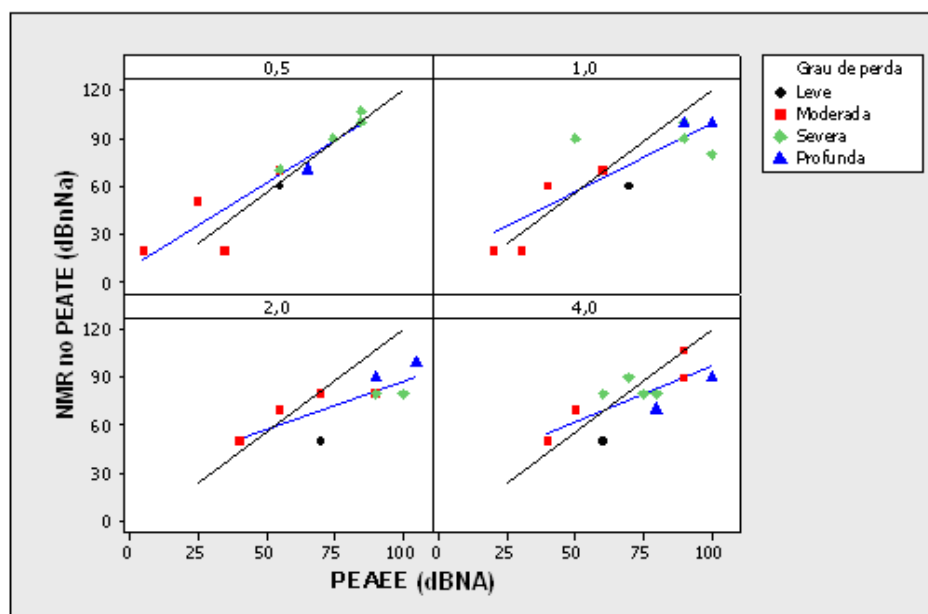


Figura 12- Diagramas de dispersão das respostas no PEATE (*tone burst*) e PEAE nas frequências de 0,5KHz, 1KHz, 2KHz e 4KHz – **Orelha esquerda**

Como medida da correlação foi considerado o coeficiente de correlação de Pearson, cujos valores são apresentados nas tabelas de 3 a 5. Os p-valores na tabela 3 mostram que houve correlação significativa entre a Audiometria e o PEAE nas quatro frequências consideradas, tanto na orelha direita quanto na esquerda. O mesmo ocorreu na análise da correlação entre o PEATE (*tone burst*) e o PEAE (tabela 5). Na tabela 4 observa-se que houve correlação significativa entre o PEATE (*click*) e o PEAE apenas nas frequências de 2k e 4kHz.

As retas de regressão representadas nas figuras 7 e 8, que têm como variável resposta o limiar auditivo na Audiometria e como variável explicativa o NMR no PEAE, podem ser utilizadas para prever a resposta na Audiometria a partir do NMR no PEAE. As equações dessas retas são apresentadas na tabela 3.

Tabela 3- Retas de regressão ajustadas e valores observados do coeficiente de correlação de Pearson entre Audiometria e PEAE por frequência e orelha

Frequência (KHz)	Orelha direita			Orelha esquerda		
	Reta ajustada	R	p	Reta ajustada	R	p
0,5	Limiar = -5,2+1,1 NMR	0,87	0,000	Limiar = 6,3+0,8 NMR	0,83	0,002
1	Limiar = -11,6+1,1 NMR	0,93	0,000	Limiar = -3,5+0,9 NMR	0,82	0,001
2	Limiar = 12,4+0,8 NMR	0,74	0,014	Limiar = 19,2+0,7 NMR	0,70	0,012
4	Limiar = -6,6+1,0 NMR	0,85	0,004	Limiar = 8,9+0,9 NMR	0,81	0,003

(*): variável resposta = limiar auditivo na Audiometria e variável explicativa = NMR no PEAE. R: corresponde ao coeficiente de correlação de Person e p: ao p valor

Tabela 4- Valores observados do coeficiente de correlação de Pearson entre PEATE (*click*) e PEAEE por frequência e orelha

Frequência (KHz)	Orelha direita		Orelha esquerda	
	R	p	R	p
0,5	0,23	0,582	0,43	0,294
1	0,37	0,328	0,57	0,110
2	0,87	0,01	0,87	0,002
4	0,89	0,003	0,83	0,005

R corresponde ao coeficiente de correlação de Person e p ao p-valor

Tabela 5- Valores observados do coeficiente de correlação de Pearson entre PEATE (*tone burst*) e PEAEE por frequência e orelha

Frequência (KHz)	Orelha direita		Orelha esquerda	
	R	p	R	P
0,5	0,90	0,000	0,93	0,000
1	0,92	0,000	0,84	0,001
2	0,73	0,025	0,80	0,005
4	0,80	0,018	0,76	0,007

R corresponde ao coeficiente de correlação de Person e p ao p-valor

A seguir, é apresentada a análise da concordância do PEAEE com a Audiometria, PEATE (*click*), PEATE (*tone burst*) e RA quanto à classificação da perda auditiva. Como apenas um indivíduo foi classificado como tendo perda leve, foi criada a categoria “Leve ou Moderada”.

Para exemplificar a interpretação dos resultados nessas tabelas, considere-se a tabela 6, na qual constam as distribuições do grau de perda no PEAAE e Audiometria na orelha direita. Observa-se que cinco (21,7%) dos indivíduos foram classificados na categoria Leve ou Moderada pelos dois testes, um (4,3%) foi classificado na categoria Severa pelos dois testes e doze (52,2%) foram classificados com perda Profunda. Não houve concordância de classificação dos dois testes em cinco (21,7% = 4,3% + 17,4%) indivíduos. Nota-se também que, na Audiometria, seis (26,1%) dos indivíduos foram classificados com perda Leve ou Moderada, cinco (21,7%) com perda Severa e doze (52,2%) com perda Profunda. No PEAAE observa-se que cinco (21,7%) apresentaram perda Leve ou Moderada; dois (8,7%), perda Severa e dezesseis (69,6%) perda Profunda.

No rodapé de cada tabela consta o valor do coeficiente Kappa ponderado e a estimativa do erro padrão desse coeficiente. Resultados indicaram boa concordância entre o PEAAE e Audiometria nas duas orelhas. Entre o PEAAE e o PEATE (*click*) houve concordância boa na orelha esquerda e moderada na direita. Entre o PEATE (*tone burst*) e o PEAAE houve concordância muito boa na orelha direita e boa na esquerda. Houve concordância moderada entre as classificações do PEAAE e da regra de Jerger et al. (1978).

Tabela 6- Frequências e porcentagens do grau de perda na Audiometria e PEAAE – Orelha direita

Audiometria	PEAAE			Total
	Leve ou Moderada	Severa	Profunda	
Leve ou Moderada	5 (21,7%)	1 (4,3%)		6 (26,1%)
Severa		1 (4,3%)	4 (17,4%)	5 (21,7%)
Profunda			12 (52,2%)	12 (52,2%)
Total	5 (21,7%)	2 (8,7%)	16 (69,6%)	23 (100%)

KAPPA = 0,75 ; ERRO PADRÃO = 0,10

Tabela 7- Frequências e porcentagens do grau de perda na Audiometria e PEAAE – Orelha esquerda

	PEAAE			Total
	Leve ou Moderada	Severa	Profunda	
Leve ou Moderada	5 (21,7%)	1 (4,3%)		6 (26,1%)
Severa	1 (4,3%)	1 (4,30%)	2 (8,7%)	4 (17,4%)
Profunda			13 (56,5%)	13 (56,5%)
Total	6 (26,1%)	2 (8,7%)	15 (65,2%)	23 (100%)

Kappa = 0,80 ; erro padrão = 0,09

Tabela 8- Frequências e porcentagens do grau de perda no PEATE (*click*) e PEAAE – Orelha direita

	PEAAE			Total
	Leve ou Moderada	Severa	Profunda	
Leve ou Moderada	4 (17,4%)	1 (4,3%)	1 (4,3%)	6 (26,1%)
Severa			2 (8,7%)	2 (8,7%)
Profunda	1 (4,3%)	1(4,3%)	13(56,5%)	15 (65,2%)
Total	5 (21,7%)	2 (8,7%)	16(69,6%)	23 (100,%)

Kappa = 0,57 ; erro padrão = 0,17

Tabela 9- Frequências e porcentagens do grau de perda no PEATE (*click*) e PEAE – Orelha esquerda

	PEAE			Total
	Leve ou Moderada	Severa	Profunda	
Leve ou Moderada	5 (21,7%)			5 (21,7%)
Severa		1 (4,3%)	1 (4,3%)	2 (8,7%)
Profunda	1 (4,3%)	1 (4,3%)	14 (60,9%)	16 (69,6%)
Total	6 (26,1%)	2 (8,7%)	15 (65,2%)	23 (100%)

Kappa = 0,78 ; erro padrão = 0,13

Tabela 10- Frequências e porcentagens do grau de perda no PEATE (*tone burst*) e PEAE – Orelha direita

	PEAE			Total
	Leve ou Moderada	Severa	Profunda	
Leve ou Moderada	4 (17,4%)	1 (4,3%)		5 (21,7%)
Severa	1 (4,3%)	1 (4,3%)		2 (8,7%)
Profunda			16(69,6%)	16 (69,6%)
Total	5 (21,7%)	2 (8,7%)	16(69,6%)	23 (100%)

Kappa = 0,89 ; erro padrão = 0,07

Tabela 11- Frequências e porcentagens do grau de perda no PEATE (*tone burst*) e PEAE – Orelha esquerda

	PEAE			Total
	Leve ou Moderada	Severa	Profunda	
Leve ou Moderada	5 (21,7%)	1 (4,3%)		6 (26,1%)
Profunda	1 (4,3%)	1 (4,3%)	15 (65,2%)	17(73,9%)
Total	6 (26,1%)	2 (8,7%)	15 (65,2%)	23 (100%)

Kappa = 0,79 ; erro padrão = 0,12

Tabela 12- Frequências e porcentagens do grau de perda auditiva sugerida pela regra de Jerger et al. (1978) e no PEAAE – **Orelha direita**

	PEAAE			Total
	Leve ou Moderada	Severa	Profunda	
Severa	5 (21,7%)	2 (8,7%)	4 (17,4%)	11 (47,8%)
Profunda			12 (52,2%)	12 (52,2%)
Total	5 (21,7%)	2 (8,7%)	16 (69,6%)	23 (100%)

Kappa = 0,45 ; erro padrão = 0,09

Tabela 13- Frequências e porcentagens do grau de perda auditiva sugerida pela regra de Jerger et al. (1978) e no PEAAE – **Orelha esquerda**

	PEAAE			Total
	Leve ou Moderada	Severa	Profunda	
Leve ou Moderada	1 (4,3%)			1 (4,3%)
Severa	5 (21,7%)	2 (8,7%)	2 (8,7%)	9 (39,1%)
Profunda			13 (56,5%)	13 (56,5%)
Total	6 (26,1%)	2 (8,7%)	15 (65,2%)	23 (100%)

Kappa = 0,60 ; erro padrão = 0,10

5.3 Comparação entre as porcentagens de presença de resposta no PEAAE e demais testes

Para comparar as porcentagens de presença de resposta no PEAAE com as dos demais testes por frequência e orelha, foram construídas as tabelas de 14 a 19. Em cada uma delas é possível observar as porcentagens de presença de resposta em um par de testes em cada frequência, em uma orelha e o p-valor obtido no teste de McNemar.

Na tabela 14 são apresentadas as porcentagens de presença de resposta na Audiometria e no PEAAE na orelha direita. Observa-se que, na frequência de 0,5KHz, foi encontrada resposta presente no PEAAE em 60,9% das crianças e na Audiometria, em 91,3%; assim, conclui-se que há diferença significativa nas porcentagens de presença nos dois testes ($p=0,016$). Em 1,0KHz, a porcentagem de presença no PEAAE foi de 60,9%, enquanto que na Audiometria foi de 82,6%. Não houve diferença significativa entre as porcentagens de presença de resposta no PEAAE e Audiometria ($p=0,063$). Também não foram detectadas diferenças significativas entre as porcentagens de presença nos dois testes nas frequências de 2KHz e 4KHz. As conclusões referentes à orelha esquerda são semelhantes (Tabela 15).

Tabela 14- Frequências e porcentagens da Presença de resposta na Audiometria e PEAAE – Orelha direita

Frequência (KHz)	Audiometria	PEAAE		Total	p
		Ausente	Presente		
0,5	Ausente	2 8,7%		2 8,7%	0,016
	Presente	7 30,4%	14 60,9%	21 91,3%	
	Total	9 39,1%	14 60,9%	23 100%	
1	Ausente	4 17,4%		4 17,4%	0,063
	Presente	5 21,7%	14 60,9%	19 82,6%	
	Total	9 39,1%	14 60,9%	23 100%	
2	Ausente	8 34,8%		8 34,8%	0,063
	Presente	5 21,7%	10 43,5%	15 65,2%	
	Total	13 56,5%	10 43,5%	23 100%	
4	Ausente	9 39,1%		9 39,1%	0,063
	Presente	5 21,7%	9 39,1%	14 60,9%	
	Total	14 60,9%	9 39,1%	23 100%	

Tabela 15- Frequências e porcentagens da presença de resposta na Audiometria e PEAAE – Orelha esquerda

Frequência (Hz)	Audiometria	PEAAE		Total	p
		Ausente	Presente		
0,5	Ausente	4 17,4%		4 17,4%	0,008
	Presente	8 34,8%	11 47,8%	19 82,6%	
	Total	12 52,2%	11 47,8%	23 100%	
1	Ausente	5 21,7%		5 21,7%	0,063
	Presente	5 21,7%	13 56,5%	18 78,3%	
	Total	10 43,5%	13 56,5%	23 100%	
2	Ausente	9 39,1%		9 39,1%	0,500
	Presente	2 8,7%	12 52,2%	14 60,9%	
	Total	11 47,8%	12 52,2%	23 100%	
4	Ausente	10 43,5%		10 43,5%	0,500
	Presente	2 8,7%	11 47,8%	13 56,5%	
	Total	12 52,2%	11 47,8%	23 100%	

Nas tabelas 16 e 17 encontram-se as porcentagens de presença no PEAAE e PEATE (*click*). As porcentagens de presença de resposta no PEAAE foram maiores que no PEATE nas frequências de 0,5KHz, 1KHz e 2KHz. Porém, as diferenças não foram significativas ($p>0,05$). Diante da ausência de resposta no PEATE *click*, foi possível observar resposta no PEAAE para 500 e 1kHz em 26,1%, 21,7% das crianças na orelha direita e 13%, 17,4% na orelha esquerda, respectivamente.

Ao se comparar as porcentagens de presença de resposta no PEAAE e PEATE (*tone burst*) (Tabelas 18 e 19), conclusões semelhantes às da comparação do PEAAE e PEATE (*click*) são obtidas.

Tabela 16- Frequências e porcentagens da Presença de resposta no PEATE (*click*) e PEAE – Orelha direita

Frequência (kHz) PEATE (<i>click</i>)		PEAE		Total	p
		Ausente	Presente		
0,5	Ausente	8 34,8%	6 26,1%	14 60,9%	0,125
	Presente	1 4,3%	8 34,8%	9 39,1%	
	Total	9 39,1%	14 60,9%	23 100%	
1	Ausente	9 39,1%	5 21,7%	14 60,9%	0,063
	Presente		9 39,1%	9 39,1%	
	Total	9 39,1%	14 60,9%	23 100%	
2	Ausente	11 47,8%	3 13,0%	14 60,9%	0,999
	Presente	2 8,7%	7 30,4%	9 39,1%	
	Total	13 56,5%	10 43,5%	23 100%	
4	Ausente	13 56,5%	1 4,3%	14 60,9%	1,000
	Presente	1 4,3%	8 34,8%	9 39,1%	
	Total	14 60,9%	9 39,1%	23 100%	

Tabela 17- Frequências e porcentagens da presença de resposta no PEATE (*click*) e PEAE – Orelha esquerda

Frequência (kHz) PEATE (<i>click</i>)		PEAE		Total	p
		Ausente	Presente		
0,5	Ausente	11 47,8%	3 13,0%	14 60,9%	0,625
	Presente	1 4,3%	8 34,8%	9 39,1%	
	Total	12 52,2%	11 47,8%	23 100%	
1	Ausente	10 43,5%	4 17,4%	14 60,9%	0,125
	Presente		9 39,1%	9 39,1%	
	Total	10 43,5%	13 56,5%	23 100%	
2	Ausente	11 47,8%	3 13,0%	14 60,9%	0,250
	Presente		9 39,1%	9 39,1%	
	Total	11 47,8%	12 52,2%	23 100%	
4	Ausente	12 52,2%	2 8,7%	14 60,9%	0,500
	Presente		9 39,1%	9 39,1%	
	Total	12 52,2%	11 47,8%	23 100%	

Tabela 18- Frequências e porcentagens da presença de resposta no PEATE (*tone burst*) e PEAAA– **Orelha direita**

Frequência (kHz)	PEATE	PEAAA		Total	p
		Ausente	Presente		
0,5	Ausente	7 30,4%	4 17,4%	11 47,8%	0,687
	Presente	2 8,7%	10 43,5%	12 52,2%	
	Total	9 39,1%	14 60,9%	23 100%	
1	Ausente	9 39,1%	3 13,0%	12 52,2%	0,250
	Presente		11 47,8%	11 47,8%	
	Total	9 39,1%	14 60,9%	23 100%	
2	Ausente	12 52,2%	1 4,3%	13 56,5%	1,000
	Presente	1 4,3%	9 39,1%	10 43,5%	
	Total	13 56,5%	10 43,5%	23 100%	
4	Ausente	13 56,5%	1 4,3%	14 60,9%	1,000
	Presente	1 4,3%	8 34,8%	9 39,1%	
	Total	14 60,9%	9 39,1%	23 100%	

Tabela 19- Frequências e porcentagens da presença de resposta no PEATE (*tone burst*) e PEAE– **Orelha esquerda**

Frequência (kHz)	PEATE	PEAE		Total	p
		Ausente	Presente		
0,5	Ausente	12 52,2%	1 4,3%	13 56,5%	>0,999
	Presente		10 43,5%	10 43,5%	
	Total	12 52,2%	11 47,8%	23 100%	
1	Ausente	10 43,5%	2 8,7%	12 52,2%	0,500
	Presente		11 47,8%	11 47,8%	
	Total	10 43,5%	13 56,5%	23 100%	
2	Ausente	11 47,8%	2 8,7%	13 56,5%	0,500
	Presente		10 43,5%	10 43,5%	
	Total	11 47,8%	12 52,2%	23 100%	
4	Ausente	12 52,2%		12 52,2%	1,000
	Presente		11 47,8%	11 47,8%	
	Total	12 52,2%	11 47,8%	23 100%	

6 Discussão

6.1 Caracterização da amostra e tempo de execução do protocolo

Na caracterização da amostra ficou evidente a dificuldade de se realizar um protocolo extenso de avaliação audiológica na população infantil, uma vez que, das 52 crianças com perda auditiva neurossensorial que realizaram avaliação audiológica na APADAS, em 12 delas não foi possível realizar o protocolo completo, mesmo com a possibilidade de sedação. A média de idade dessas 12 crianças foi de 5,9 anos, sendo possível realizar: Audiometria, Imitanciometria e PEATE *click*; porém, o PEATE *tone burst* e PEAE não puderam ser feitos, pois havia um elevado registro de artefatos e necessidade de maior tempo de colaboração da criança.

O tempo estimado para realização do PEAE variou entre 45 minutos e 1 hora e 20 minutos, e a aplicação do protocolo completo durou, em média, três horas. Rance et al. (2002) relataram que a duração do exame foi de 45 a 106 minutos; Roberson et al. (2003), 1 hora e 30 minutos e Luts et al. (2006), entre 40 minutos e 1 hora e 15 minutos. Calil (2006) realizou o procedimento em um tempo médio de 46 minutos e sua variação foi de 25 a 78 minutos. Perez-abalo et al. (2001) referiram ter realizado o exame em 21 minutos apenas.

Luts e Wonters (2004) estudaram a interferência do tempo de coleta no registro das respostas do PEAAE. Os resultados mostraram que a duração do teste interfere na precisão dos limiares, quando comparados com as respostas auditivas comportamentais. Assim, prolongar o tempo de registro das respostas por aproximadamente 5 a 15 minutos reduz a diferença entre o limiar eletrofisiológico e comportamental.

Segundo os autores, a duração do exame para determinação dos limiares é um fato importante, principalmente para a população de bebês e crianças, que devem estar dormindo durante a realização do procedimento. Porém, referiram que a longa duração para execução do teste pode ter um efeito negativo na relação sinal/ruído. A movimentação e tensão resultam em elevados níveis de ruído elétrico, prejudicando o registro do PEAAE, e, com isso, muitas respostas acabam sendo rejeitadas. Se a intensidade do ruído aumenta, a amplitude da resposta diminui de maneira significativa. A mesma tendência foi observada nos estudos de Perez-abalo et al. (2001) e Dimitrijevic et al. (2002).

6.2 Avaliação da associação entre as respostas no PEAAE e demais testes PEAAE e Audiometria Tonal (lúdica ou VRA)

Na análise da correlação do PEAAE e a Audiometria, visualizadas na nas figuras 7 e 8, observa-se que houve correlação significativa nas quatro frequências consideradas à direita e à esquerda. Outros autores

encontraram bons resultados ao correlacionar esses procedimentos e sugeriram o emprego do PEAAE na rotina clínica: Lins et al. (1996); Perez-Abalo et al. (2001); Cone-Wesson et al. (2002); Rance e Rickards (2002); Stueve et al. (2003); Swanepoell, Hugo e Road (2004); Luts et al. (2006); Duarte et al. (2008); Rodrigues (2009).

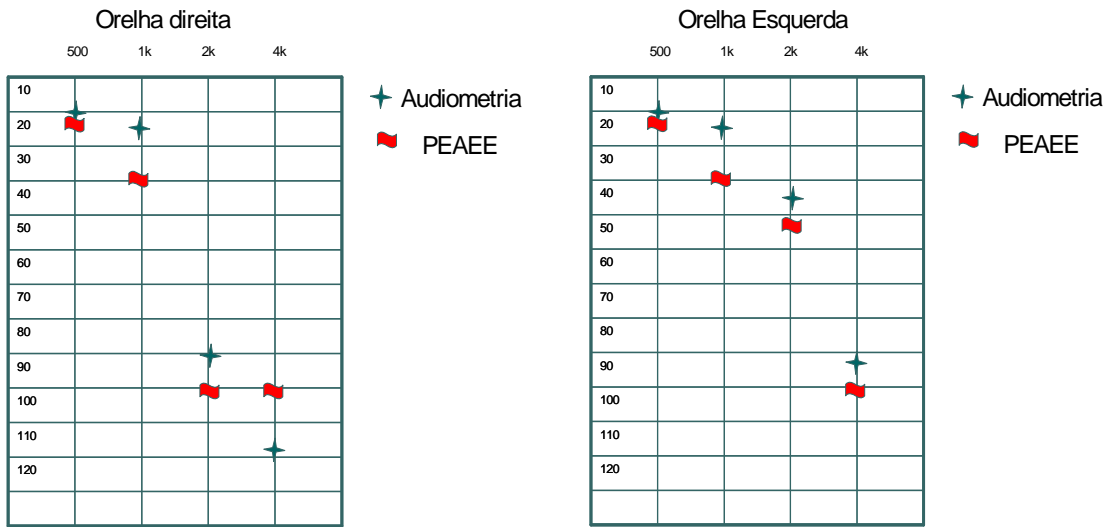
No quadro abaixo (11) consta a comparação entre os coeficientes de correlação do presente estudo e os demais da literatura.

Quadro 11- Comparação dos coeficientes de correlação entre o PEAAE e a Audiometria

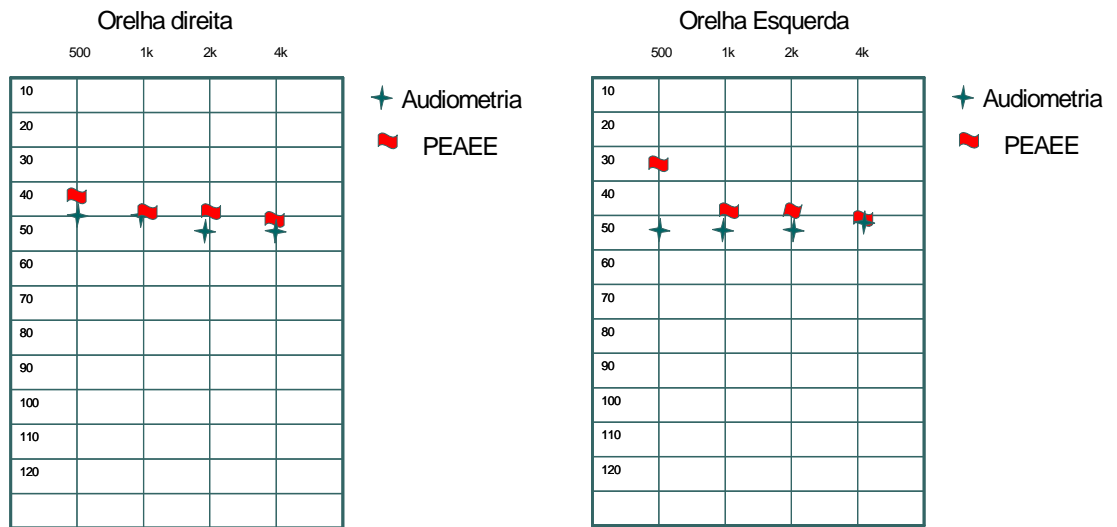
Estudos	Resultados da correlação
Perez-abalo (2001)	0.70 -0.83 para 0.5 a 4Hz
Stueve et al., (2003)	0.82 -0.90 para 0.5k a 4kHz.
Rodrigues (2009)	0.89 -0.93 para 0.5k a 4kHz.
Presente estudo	0.70 -0.93 para 0.5k a 4kHz

Houve boa correlação entre os limiares do PEAAE e da Audiometria e, conseqüentemente, boa correlação com o perfil audiométrico e a configuração da perda auditiva (anexos), permitindo a obtenção de informações sobre a audição nas baixas frequências.

Segue abaixo o perfil audiométrico e do PEAAE na criança 9 do anexo, com perda auditiva neurossensorial em rampa.



Criança 21 do anexo, com perda auditiva com configuração plana



A boa concordância entre o PEAE e a Audiometria Comportamental reforça a possibilidade de sua aplicação em crianças que não realizam o VRA, favorecendo o diagnóstico e a reabilitação auditiva o mais cedo possível (Lins et al., 1996; Perez-Abalo et al., 2001; Cone-Wesson et al., 2002; Rance e Rickards, 2002; Stueve et al., 2003; Swanepoell, Hugo e Road, 2004; Luts et al., 2006; Duarte et al., 2008; Duarte, 2008; Rodrigues, 2009).

6.3 Correlação do PEAE com PEATE *click* e *tone burst*

Os resultados obtidos mostram que houve significativa correlação entre o PEAE e o PEATE *click*, porém apenas para as frequências de 2k e 4kHz. Na orelha direita a correlação foi de 0.87 e 0.89 e à esquerda, de 0.87 e 0.83, respectivamente, como mostram as figuras 9, 10 e a tabela 4.

Werff et al. (2002) também encontraram forte correlação entre o limiar do PEAE em 2kHz e o PEATE *click* (0.96) e entre a média de 2k e 4kHz com o *click* (0.97). Rodrigues (2009) obteve uma boa correlação entre o PEAE e o PEATE *click* (0.63 - 0.70), sendo melhor para a frequência de 1kHz (0.70).

Gorga et al. (1985), ao correlacionarem o PEATE *click* com a avaliação comportamental, já haviam mencionado sua correlação com as frequências de 2k a 4kHz.

O PEATE com estímulo *click* é geralmente a primeira medida aplicada na avaliação audiológica infantil quando as respostas auditivas

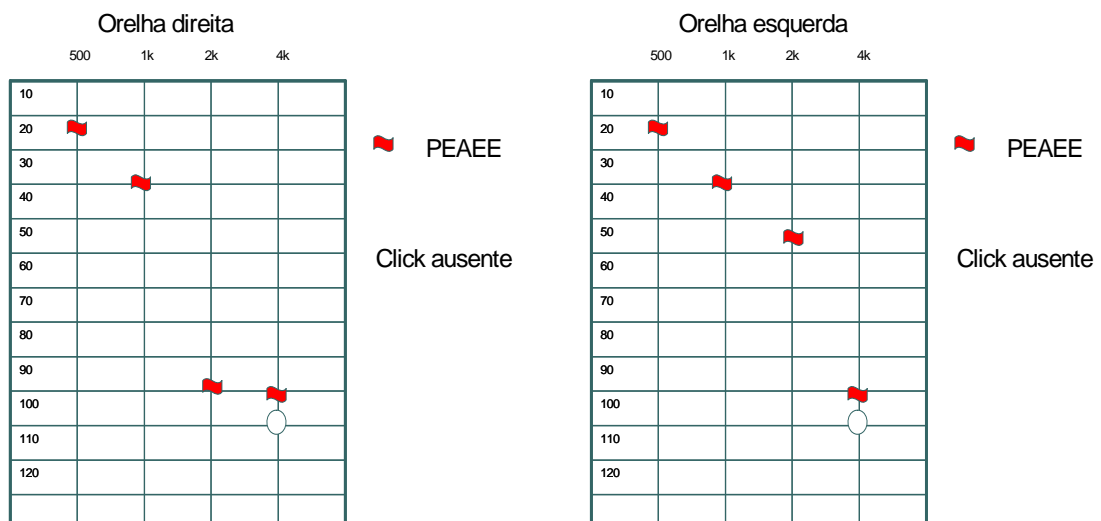
comportamentais não são obtidas com sucesso. Porém, o *click* não é suficientemente capaz de estimar o limiar por frequência específica dentro do espectro de 500 a 4kHz (Gorga et al., 1985).

Entre os 12 pacientes que não fizeram parte da presente pesquisa o único potencial evocado auditivo possível de realizar foi o PEATE *click*. Quando o PEATE é registrado e interpretado de maneira correta, torna-se uma ferramenta para avaliar a média da perda auditiva, além de fornecer informações sobre a integridade da via auditiva (Stapells, 2000).

Ao se utilizar o *click*, há uma maior descarga das fibras nervosas que inervam a base da cóclea (frequências altas) comparada com a região no ápice da cóclea (baixas frequências), enfatizando as frequências por volta de 2k a 4kHz, não sendo possível estimar o limiar comportamental de baixas frequências (Matas et al., 1998).

A discrepância entre PEATE *click* e PEAEÉ pode ocorrer devido à configuração da perda auditiva (Cone-Wesson et al., 2002).

De fato, é possível observar que a criança 9 do anexo teve presença de respostas no PEAEÉ e ausência de resposta no PEATE *click*.



Como mostra o audiograma acima, o PEATE *click* permite estimar a magnitude da perda auditiva para uma proposta inicial de intervenção, não oferecendo detalhes, como informação por frequência específica. Uma das principais limitações do PEATE *click* é a falta de frequência específica. No caso acima ilustrado, com perda auditiva descendente, o PEATE *click* subestimou a audição da criança que apresentava resíduo auditivo, assim como nos dois outros casos do estudo.

Gorga et al. (2006), apesar de terem comparado o PEATE *click* com *tone burst*, fizeram considerações importantes sobre o *click*, destacando que este superestima o limiar comportamental com a audição normal e subestima quando há perda de audição. Os autores concluíram que os limiares obtidos com *click*, mesmo quando comparados com as frequências de 2k e 4kHz, podem ocasionar erros na predição do limiar. O limiar do PEATE *tone burst* pode ser correlacionado com o tom puro na Audiometria na mesma frequência.

O PEATE é altamente dependente da sincronia neural. O PEAEE vence algumas limitações do PEATE, pois se trata de uma resposta evocada por um tom puro modulado em frequência e amplitude. É comum para o avaliador julgar a presença e ausência de PEATE baseando-se na morfologia da onda em forte intensidade (Cone-Wesson et al., 2002).

No presente estudo foi realizada também a correlação do PEAEE com o PEATE *tone burst*, sendo obtida significativa correlação entre ambos os procedimentos, como mostram as figuras 11 e 12 e a tabela 5.

Os valores dos coeficientes de correlação entre o PEAEE e o PEATE *tone burst* variou de 0.73 e 0.93 para as frequências de 0,5k a 4kHz.

Os resultados estão de acordo com os já apresentados na literatura, uma vez que Werff et al. (2002) encontraram a correlação de 0.86 entre os dois exames para a frequência de 0.5kHz, e Stueve et al. (2003), para 0.25k e 0.5kHz, obteve os valores de 0.9 e 0.79, respectivamente. No trabalho de Rodrigues (2009), os valores dos coeficientes de correlação foram de 0.77, 0.60, 0.66 e 0.50 entre 0.5k e 4kHz.

Apesar de a literatura questionar a dificuldade de reprodutibilidade da frequência de 500Hz no PEATE *tone burst*, no presente trabalho a correlação com o PEAAE foi 0.90 à direita e 0.93 à esquerda. Alguns autores descreveram a morfologia das ondas registradas como pobres, destacando que, em muitos casos, somente a onda V pode ser detectada. Cada mudança no formato da onda dificulta a identificação e interpretação da resposta (Stapells e Picton, 1981; Stapells, 2000; Cone-Wesson et al, 2002; Kaf et al., 2006).

Além disso, referiram que a forma da onda para o estímulo de baixa frequência tende a ser menos distintiva e mais difícil de identificar que o *click*. A limitação da saída, particularmente para as baixas frequências, pode assim limitar seu uso na prática clínica como protocolo. Sendo assim, Werff et al. (2002) sugeriram que o PEAAE é uma alternativa por utilizar estímulo contínuo.

Reijden et al. (2006) compararam o PEATE *tone burst* com PEAAE com modulação de 40 e 90Hz para os estímulos de 0.5 e 2kHz. Os autores referiram que a diferença entre os dois exames foi quanto à facilidade da análise objetiva com o F teste do PEAAE, uma vez que para o PEATE foi necessária a análise de um audiologista experiente. Consideraram o PEAAE mais eficiente para detecção de limiares do que o PEATE *tone burst*.

Stapells (2000) realizou uma meta-análise sobre *tone burst* e concluiu que ele permite a avaliação da magnitude e configuração da perda auditiva, diferentemente do *click*, que avalia apenas a magnitude da perda auditiva.

Estudos, como de Cone-Wesson et al. (2000) indicaram boa correlação com os limiares psicoacústicos .

Kaf et al. (2006) destacam vantagens do PEAE em relação ao PEATE, como mostra o quadro 12.

Quadro 12- Vantagens do uso do PEAE comparado com o PEATE

Vantagens
Estimulação por frequência específica
Maior saída do equipamento, permitindo avaliar os limiares das perdas auditivas severo-profundas
Estimulação multifrequencial simultânea
Interpretação objetiva

Kaf et al. (2006)

6.4 Grau da perda auditiva com o PEAE e com a regra de Jerger et al (1978)

Houve neste estudo concordância moderada entre as classificações do grau da perda auditiva sugerido pelo PEAE e a predição do limiar auditivo a partir da regra de Jerger et al. (1978).

É possível observar que cinco crianças (21.7%) com perda auditiva leve à direita e esquerda, segundo o PEAAE, foram classificadas como apresentando perda severa em ambas as orelhas. Nos casos de perda auditiva profunda, quatro crianças (17.4%) à direita e duas (8.7%) à esquerda foram classificadas com perda severa.

Entretanto, é válido salientar que em nenhum caso a regra sugeriu audição normal, uma vez que todas as crianças avaliadas tinham perda auditiva neurosensorial. Considerar a predição de audição normal em casos de perda auditiva severa é o erro mais grave que o fonoaudiólogo poderia cometer. Os erros na predição do grau da perda auditiva já foram registrados em outros estudos (Jerger et al., 1974; Tsappis, 1977; Keith, 1977; Van Wagoner et al., 1977; Hall, 1978).

Ao comparar os valores dos tons puros na pesquisa do reflexo acústico com o ruído de banda larga, foi possível observar que em 100% dos casos o limiar do ruído de banda larga estava elevado ou ausente, sugerindo perda auditiva. Quando há normalidade da audição, pelo efeito de somação, o limiar para o ruído de banda larga apresenta-se em menor intensidade quando comparado com o tom puro (Jerger et al., 1974).

A análise da relação entre os limiares para tom puro e para o ruído de banda larga (ruído branco) indicou a diferença no comportamento da via auditiva diante dos diferentes estímulos. Essa análise poderia acrescentar informações ao diagnóstico audiológico infantil; porém, a regra de predição do limiar auditivo a partir do reflexo não poderia ser utilizada de maneira isolada, pois erros podem ocorrer quanto ao grau da perda.

O quadro 13 ilustra a diferença entre os limiares do reflexo acústico e para o ruído de banda larga em dBNA para as crianças 3, 19 e 20 do anexo.

Quadro 13- Diferença entre os limiares do Reflexo Acústico de acordo com o grau da perda auditiva.

	Limiar do Reflexo Acústico em kHz									
	Orelha direita					Orelha esquerda				
	0.5k	1k	2k	4k	RBL	0.5k	1k	2k	4k	RBL
Perda auditiva										
Leve	80	90	95	90	105	80	90	90	95	105
Moderada	95	95	95	95	105	95	95	95	95	105
Moderada	120	115	Aus	aus	aus	115	120	aus	aus	aus

RBL corresponde ao ruído de banda Larga

Nos três casos apresentados no quadro acima é possível observar a diferença entre os limiares para tom puro e para o ruído banda larga (ruído branco). O primeiro exemplo corresponde à criança 3 do anexo, com perda auditiva leve e configuração plana. A segunda e terceira crianças, 20 e 19 do anexo, apresentavam perda auditiva moderada, porém, é possível observar diferenças nos limiares do reflexo, apesar de a perda auditiva ser do mesmo grau. O diferencial entre os dois casos estava na configuração da perda auditiva, uma vez que a criança 20 apresentou configuração plana e a 19, em rampa. A ausência de reflexo para 2k e 4kHz foi compatível com maior comprometimento a partir de 2kHz.

6.5 Presença e ausência de resposta entre PEAAE e os demais exames

As porcentagens de presença de respostas na Audiometria foram maiores que as no PEAAE na orelha direita e esquerda (tabela 14). Observa-se que, na frequência de 0.5KHz, foi encontrada resposta presente no PEAAE em 60,9% das crianças e na Audiometria, em 91,3%, havendo assim diferença significativa nas porcentagens de presença nos dois testes ($p=0,016$).

Para as demais frequências essa tendência também foi observada, porém não houve diferenças significativas entre as porcentagens de presença de resposta no PEAAE e na Audiometria em ambas as orelhas.

É possível que a estimulação multifrequencial e simultânea, aplicada no presente estudo, possa ter prejudicado a detecção de limiares no PEAAE, apesar de o estímulo ter sido apresentado de maneira isolada na ausência da resposta.

Lins et al. (2002) referiram que não haveria mudanças nos padrões de resposta com a estimulação multifrequencial e simultânea; porém, Picton et al. (2007) e Picton et al. (2009) sugeriram significativa redução na amplitude de resposta na estimulação multifrequencial (monótica ou dicótica), quando comparada com a estimulação de frequências isoladas, especialmente em 1k e 2kHz. Os autores também evidenciaram significante diferença nas respostas na comparação da estimulação monótica e dicótica. Na estimulação dicótica a amplitude da resposta variou com a taxa de modulação para as frequências de 0.5k e 1kHz.

No presente estudo, na comparação com o PEATE *click* e *tone burst* também não foram detectadas diferenças significativas entre as porcentagens de presença nos dois testes, mas o PEAE apresentou maior porcentagem de presença de respostas em relação ao PEATE.

Uma explicação para a maior presença de respostas para o PEAE em relação ao *click* é o espectro de frequência do *click* e a limitação da saída do equipamento (Kaf et al., 2006).

Além de analisar a presença e ausência de respostas, é válido analisar a coerência de presença de resposta em cada exame. Foi possível observar que tanto o PEATE *click* como o *tone burst* não indicaram presença de respostas em frequências nas quais não havia resposta na Audiometria Tonal. O PEAE apresentou apenas uma resposta indevida em uma criança para 4kHz à esquerda.

A baixa incidência de artefatos reforça a concordância entre os achados e favorece a aplicação clínica desses potenciais, principalmente o PEAE.

A ocorrência de artefatos com a utilização do PEAE, principalmente em fortes intensidades, já foi destacada na literatura (Small, Stapells, 2004).

Esses achados reforçam a possibilidade de utilização do PEAE em fortes intensidades para diferenciar as perdas auditivas severa das profundas e, conseqüentemente, avaliar a audição residual para posterior cirurgia de implante coclear (Firszt et al., 2004; Swanepoell et al., 2004).

7 Conclusão

O PEAAE apresentou significativa correlação com a Audiometria (VRA e Lúdica), com o PEATE *click* para 2k e 4kHz e com *tone burst* em todas as frequências, bilateralmente.

Em nenhum caso a regra de Jerger et al. (1978) sugeriu audição normal, uma vez que todas as crianças avaliadas neste estudo apresentavam perda auditiva neurossensorial. O limiar do reflexo acústico para o ruído de banda larga estava elevado ou ausente, sugerindo perda auditiva

A regra de Jerger et al. (1978) para predição do grau da perda auditiva pode auxiliar e acrescentar informações para confirmação da perda auditiva, mas não deve ser utilizada de forma isolada.

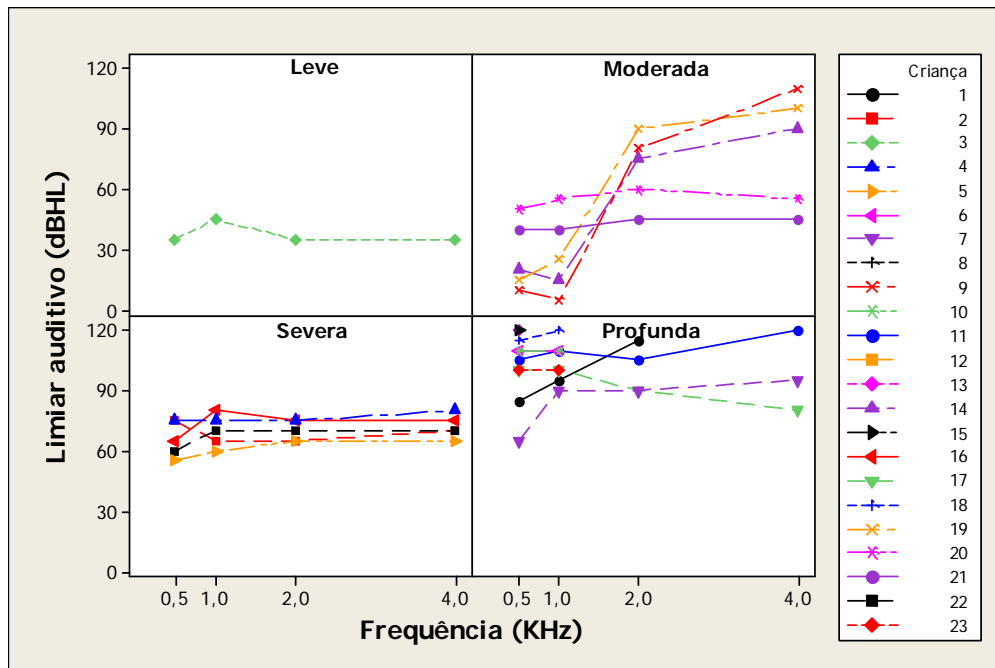


Figura A1- Perfis individuais do Limiar auditivo (dBHL) na Audiometria em cada categoria de Grau de perda auditiva – **Orelha direita**

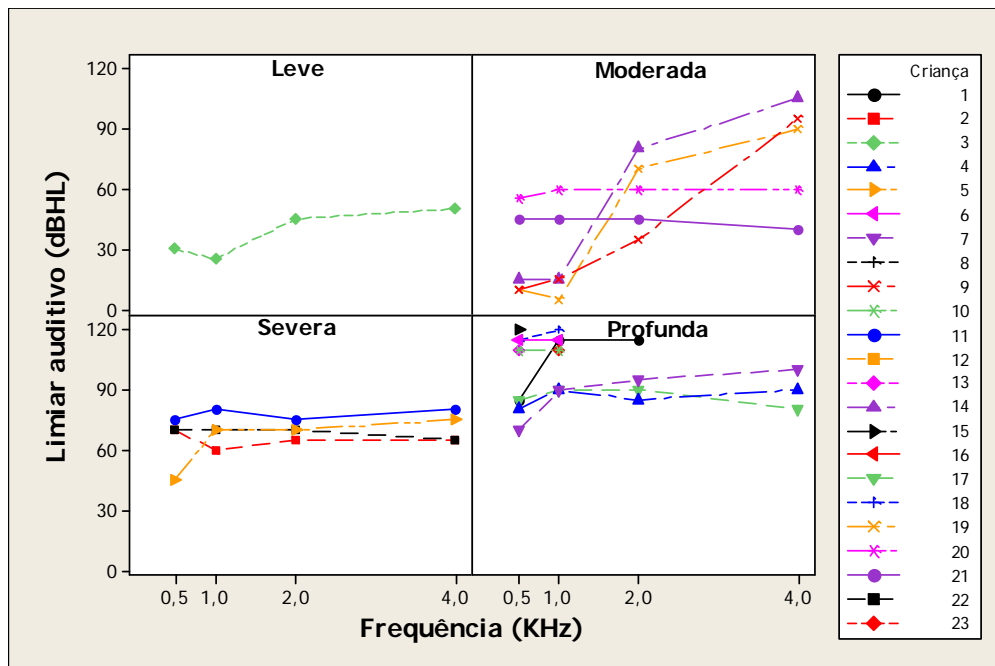


Figura A2- Perfis individuais do Limiar auditivo (dBHL) na Audiometria em cada categoria de Grau de perda auditiva – **Orelha esquerda**

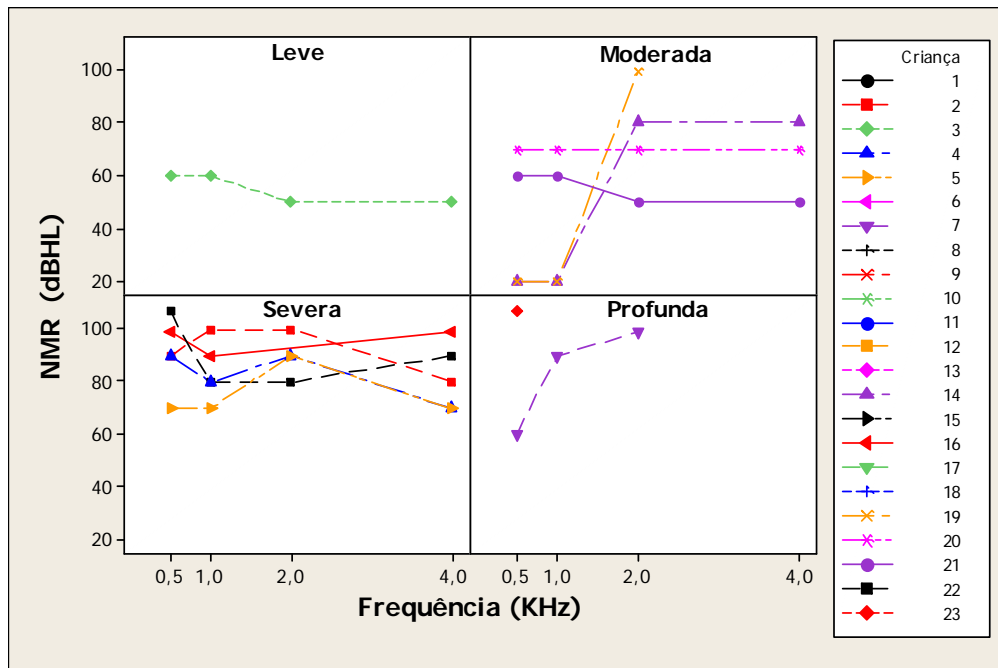


Figura A3- Perfis individuais do NMR no PEATE (*tone burst*) (dBnNA) em cada categoria de Grau de perda auditiva– **Orelha direita**

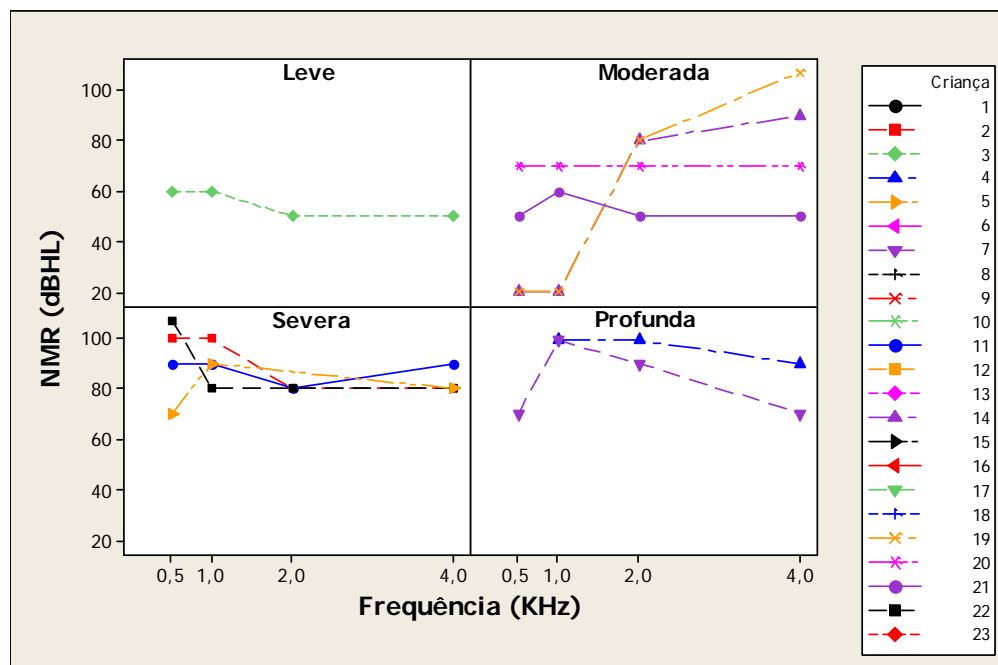


Figura A4. Perfis individuais do NMR no PETE (*tone burst*) (dBNAcg) em cada categoria de grau de perda auditiva- **Orelha esquerda**

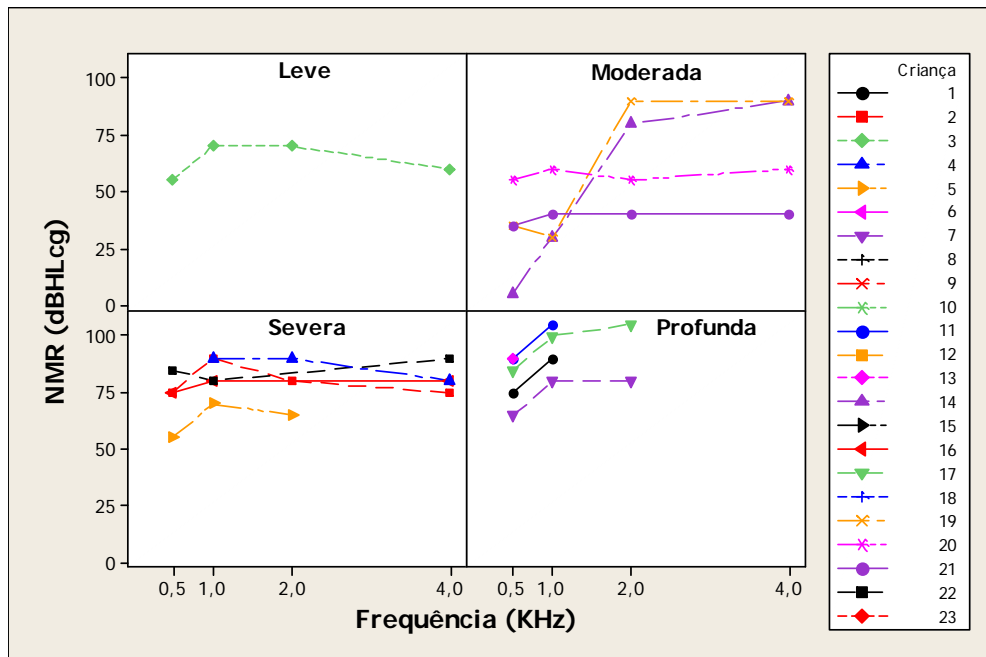


Figura A5- Perfis individuais do NMR no PEAE (dBNAcg) em cada categoria de grau de perda auditiva- **Orelha direita**

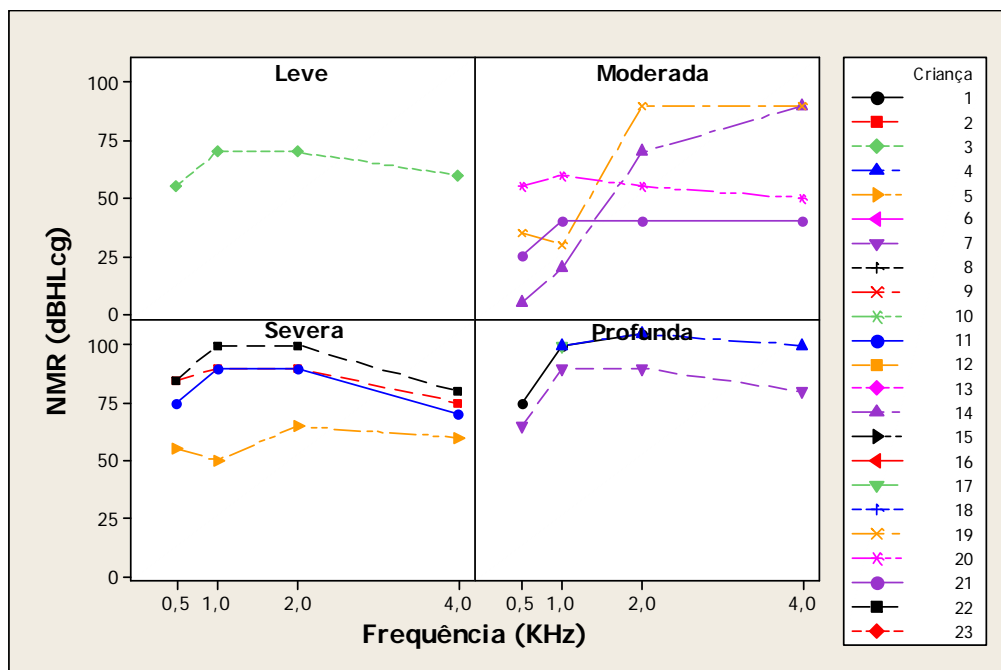


Figura A6- Perfis individuais do NMR no PEAE (dBNAcg) em cada categoria de Grau de perda – **Orelha esquerda**

9 Referências

Aoyagi M, Kiren T, Kim Y, Suzuki Y, Fuse T, Koike Y. Frequency specificity of amplitude-modulation-following response detected by phase spectral analysis. *Audiology*. 1993; 32(5):293-301.

Aoyagi M, Kiren T, Furuse H, Fuse T, Suzuki Y, Yokota, Koike Y. Pure-tone threshold prediction by 80-Hz amplitude-modulation following response. *Acta Otolaryngol Suppl (Stockh)*. 1994; 511: 7-14.

Aoyagi M, Suzuki Y, Yokota M, Furuse H, Watanabe T, Ito T. Reliability of 80-Hz amplitude-modulation-following response detected by phase coherence. *Audiology e Neuro-Otology*. 1999; 4: 28-37.

Baker SR; Lilly DJ. *Prediction of hearing level from acoustic reflex data*. Read before the American Speech and hearing Association Convention, Houston, Nov. 20, 1976.

Ballay CMD, Tonini, R, Wagninger TMS, Yoon CBS, Manolidis SMD. Steady-state response audiometry in a group of patients with steeply sloping sensorineural hearing loss. *Laryngoscope*. 2005; 115:1243-1246.

Calil DB. *Achados dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável em crianças ouvintes e crianças portadoras de deficiência auditiva neurosensorial*. [Dissertação]. Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2006.

Carvalho RMM. *Fonoaudiologia: informação para formação*. São Paulo. Guanabara –Koogan, 2003.

Cone-Wesson B, Dowell RC, Tomlin D, Rance G, Ming WJ. The auditory steady-state response: comparisons with de auditory brainstem response. *J Am Acad Audiol.* 2002 a; 13:173-87.

Cone-Wesson B, Parker J, Swiderski N, Rickards F. The auditory steady state response: full-term and premature neonates. *J Am Acad Audiol.* 2002b; 13 (5): 260-269.

David Ricardo; Colafêmina, JF-Potenciais miogênicos evocados vestibulares (VEMP): uma revisão bibliográfica. *Rev. Bras Otorrinolaringol.* 2002; 68 (1).

Davis PA. Effects of acoustic stimuli on waking human brain. *J Neurophysiol.* 1939; 2:494-499.

Deutsch LJ. The Threshold of stapedius reflex for pure tone and noise stimuli. *Acta Otolaryng (Stockoholm).* 1972; Suppl. 244: 220-228.

Dimitrijevic A, John M S, Van Roon P, Purcell DW, Adamonis J, Ostroff J, Nedzelski JM, Picton TW. Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol.* 2002; 13(4): 205-24.

Damarla VKS, Manjula P. Application of ASSR in the hearing aid select process. *The Autralian and New Zealand J Audiol.* 2007;29:89-97.

Donini TS. *A utilização do Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável no processo de indicação de aparelhos de amplificação sonora individual em crianças com deficiência auditiva.* [Dissertação]. São Paulo, 2007.

Duarte JL, Alvarenga KF, Costa Filho OA, Lins OG. A resposta auditiva de estado estável na avaliação auditiva: aplicação clínica. *Pró Fono.* 2008; 20(2): 105-110.

Durrant JD, Lovrinic JH. *Bases of hearing science*. Baltimore: Williams e Wilkins; 1995.

Elliott C, Lightfoot G, Parker D, Stapells D, Stevens J, Sutton G, Vidler M. Automated auditory brainstem response information and guidelines for screening hearing in babies. www.nhsp.info/workbook.shtml. 2002.

Feldman H. *A history of audiology*. Transl. Beltone Inst. Hear Res. 1970.

Ferraro JA, Durrant DJ. Auditory evoked potential: overview and basic principles: In Katz J. *Handbook of Clinical Audiology*. 4a ed. Baltimore: Williams e Wilkins: 1984. cap.22 p 317-338.

Firszt JB, Gaggi W, Runge-Samuels CL, Burg LS, Wackym PA. Auditory sensitivity in children using the auditory steady-state response. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2004; 130 (5): 536-540.

Fisher L D, van Belle G. *Biostatistics*. John Wiley e Sons, New York, 1993.

Galambos R, Makeig S, Talmachoff PJ. A 40Hz auditory potential recorded from the human scalp. *Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America*. 1981; 78(4): 2643-2647.

Gravel JS. Audiologic assessment for the fitting of hearing instruments: big challenges from tiny ears. In Seewald RC. *A sound foundation through early amplification: proceedings of an international conference*. Edited by Richard C Seewald, National center of audiology, London Ontario Canada, 2000.

Gorga MP, Worthington DW. Some issues relevant to the measurement of frequency-specific auditory brainstem response. *Sem Hear*. 1983.; 4:353-61.

Gorga MP, Worthington DW, Reiland JK, Beauchaine KL, Goldgar DE. Some comparisons between auditory brainstem response thresholds, latencies, and the tone pure audiogram. *Ear Hear.* 1985; 6(2): 105-112.

Gorga MP, Kaminski JR, Beauchaine KL, Jesteadt W. Auditory brainstem response to tone burst in normally hearing subjects. *J Speech Hear Res.* 1988; 31:87-97.

Gorga MP, Kaminski JR, Beauchaine KL, Bergan BM. A comparison of auditory brainstem response threshold and latencies elicited by air-and-bone conducted stimuli. *Ear Hear.* 1993; 14(2): 85-94.

Gorga MP, Johnson TA, Kaminski JR, Beauchaine KL, Garner CA, Neely ST. Using a Combination of Click- and Tone burst-Evoked Auditory Brain Stem Response Measurements to Estimate Pure-Tone Thresholds. *Ear Hear,* 2006 (27): 60-74.

Hall JW. Predicting hearing level from the acoustic reflex: a comparison of three methods. *Arch Otolaryngol.* 1978;104:601-606.

Hall JW. Hearing loss predicting by the acoustic reflex in a young population. *In J Ped Otorhinolaryngol.* 1980; 3:225-243.

Hall JW, Bleakney ME. Hearing loss prediction by the acoustic reflex: comparison of seven methods. *Ear Hear.* 1981; 2 (4): 156-164.

Hall JW. Handbook of auditory evoked response. The first Edition. Massachusetts. *Allyn and Bacon,* 1992.

Herdman AT; Stapells DR. Thresholds determined using the monótono and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal-hearing subjects. *Scand Audiol.* 2001; 30 (1): 41-49.

Rodrigues, GRI. *Potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças com perda auditiva neurossensorial.* [Dissertação]– São Paulo, 2009. 112 f

Jerger JF. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch otolaryngol.* 1970; 92:311-324.

Jerger JF, Burney P, Mauldin L, Crump B. Predicting hearing loss from the acoustic reflex. *J Speech Hear Disord.* 1974; 39:11-22.

Jerger JF, Hayes D, Anthony L, Mauldin L. Factors influencing prediction of hearing levels from the acoustic reflex. *Monogr Contemp Audiol.* 1978; 1:1-20.

Jerger JF, Hayes D, Anthony L. Effect of age on prediction of hearing level from the acoustic reflex. *Arch Otolaryngol.* 1978;194: 393-394.

Jewett DL. Volume –conducted potentials in response to auditory stimuli as detected by averaging in the cat. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology.* 1970; 28: 609-618.

Jewett DL, Romano MN, Willinston JS. Human auditory evoked potentials: possible brain stem components detected on the scalp. *Science.* 1970;167: 1517-1518.

Jewett DL, Willinston JS. Auditory-evoked far fields averaged from de scalp of humans. *Brain.* 1971; 94:681-696.

Joint Committee on Infant Hearing – Year 2007 Position Statement: principles and guidelines for early detection and intervention programs. *Pediatrics*. 2007; 120(4):898-921.

Kaf W A, Sabo AD, Durrant JD. R. Reability of electric response audiometry using 80Hz auditory steady-state responses. *Int J Audiology*. 2006; 45:477-486.

Katz J. *Handbook of Clinical Audiology*. 4a ed. Baltimore: Willians e Wilkins: 1984.

Kei J, Allison-Levick J, Dockray J, Harrys R, Kirkegard C, Wong J, Maurer M, Hegarty J, Young J, Tudehope D. High-frequency (1000Hz) tympanometry in normal neonates. *J.Am Ac Audiol*. 2003; 14:20-28.

Keith RW. An evaluation of predicting hearing loss from the acoustic reflex. *Arch Otolaryngol*, 1977; 103: 419-424.

Kemp, DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am*. 1978; 64: 1368-1391.

Kemp DT, Bray P, Alexander L, Brown AM. Acoustic Emission Cocleography: pratical aspects. *Scand Audiol Suppl*. 1986; 25: 71-95.

Kemp, DT; Ryan S; Bray, P. A guide to effective use of otoacoustic emissions. *Ear Hear*. 1990; 11:93-105.

Lidén, DR; Kankkunen, A. A visual reinforcement audiometry. *Acta Otolaryngol*.1969; 67: 281-292.

Lilly DJ. *Prediction of points on the audiogram from acoustic reflex*. Paper presented at the American Speech and Hearing association Convention. Chicago, 1977.

Lins OG, Picton TW, Champagne SC, Durieux-Smith A. Auditory steady-state response to tones amplitude-modulated at 80 to 110Hz. *J Acous Soc Am.* 1995; 97: 3051-63.

Lins OG, Picton TW, Boucher BL, Duriex-Smith A, Champagne SC, Moran LM, Perez-Abalo MC, Martin V, Savio G. Frequency specific audiometry using steady-state responses. *Ear Hear.* 1996; 17(2): 81-96.

Lins OG. *Audiometria fisiológica tonal utilizando respostas de estado estável auditivas do tronco cerebral.* 2002. [Doutorado em Medicina] – Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2002.

Luts H, Wouters J. Hearing assessment by recording multiple auditory steady-state response: the influence of test duration. *Int J Audiology.* 2004; 43:471-478.

Luts H, Wouters J. Comparison of Master and Audera for measurement of auditory steady-state response. *Int J Audiology.* 2005; 44:244-253.

Luts H, Desloovere C, Wouters J. Clinical application of dichotic multiple-stimulus auditory steady-state responses in high risk newborn and young children. *Audiology e Neuro-otology.* 2006; 11(1):24-37.

Luts H, Van Dun B, Alaerts J, Wouters J. The influence of the detection paradigm in recording auditory steady-state responses. *Ear Hear.* 2008; 29(4):638-650.

Martinez, MANS. *Tratado de Fonoaudiologia.* Ed. Roca São Paulo, 2004.

Margolis RH, Bass-Ringdahl S, Hanks WD, Holte L, Zapala DA. Tympanometry in newborn infants: 1kHz norms. *J Am Ac Audiol.* 2003; 14: 383-92.

Matas CG, Frazza MM, Munhoz MSL. Aplicação do Potencial Auditivo de Tronco Encefálico em audiologia pediátrica. Em Basseto MCA, Brock R, Wajnstein R. *Neonatologia: um convite à atuação fonoaudiológica*. São Paulo: Lovise; 1998. p. 301-10.

Mencher, G.; Davis, A.; DeVoe, S. Beresford, D; Bamford, J. Universal neonatal hearing screening: past, present, and future. *Am J Audiol*. 2001; 10: 3-12.

Metz O. The acoustic impedance measured on normal and pathological ears. *Acta Otolaryngol* . 1946; Suppl.63, 11-253.

Mokotoff B; Schulman-Galambos C; Galambos R. Brainstem auditory evoked responses in children. *Archives of Otolaryngology*. 1977; 103: 38-43.

Niemeyer W; Sesterhenn G. *Calculating the hearing threshold from the stapedius reflex threshold for different sound stimuli*. 1972; Paper presented at the 11th International Congress of Audiology, Budapest.

Norris TW. Impedance measurements. In: Keith RW. *Audiology for the physician*. Baltimore, The Williams e Wilkins, 1980.

Northern JL; Gabbard AS; Kinder DL. O Reflexo Acústico. In Katz, J. *Tratado de audiologia clínica*. São Paulo. 3. ed. Manole; 1989.

Northern JL; Downs MP. *Audição na Infância*. São Paulo. 5 ed. Editora Guanabara, 2005.

Perez-Abalo MC; SavioG; Torres. Steady state responses to multiple amplitude-modulated tones: an optimized method to test frequency-specific thresholds in hearing-impaired children and normal-hearing subjects. *Ear Hear*. 2001; 22 (3): 200-211.

Picton TW, Smith AD. The practice of evoked potential audiometry. *Otolaryngol. Clin N Am.* 1978; 11: 263-282.

Picton TW, Hink R F, Perez-Abalo M, Linden RD, Wiens AS. Evoked potentials: How Now?. *Journal of Electrophysiological Technology.* 1984; 10: 177–221.

Picton TW, Durieux-Smith A, Champagne SC, Whittingham J, Moran LM, Giguere C, Beauregard Y. Objective evaluation of aided thresholds using auditory steady-state responses. *J Am Ac Audiol.* 1998; 9: 315-331.

Picton T W, John M S, Dimitrijevic A, Purcell DW. Human auditory steady - state response. *Int J Audiol.* 2003; 42(4):177-219.

Picton TW, Dimitrijevic A, Perez-Abalo MC, Van Roon P. Estimating audiometric thresholds using auditory steady-state responses. *Journal of the American Academy of Audiology.* 2005; 16: 140-156.

Picton TW, van Roon P, John MS. Human auditory steady-state responses during sweeps of intensity. *Ear Hear.* 2007; 28:57-68.

Picton TW, van Roon P, John MS. Multiple auditory steady -state responses (80-101Hz): effects of ear, gender, handedness, intensity and modulation rate. *Ear Hear.* 2009; 30 (1): 100-109.

Popelka GR; Margolis RH; Wiley TL. Effect of activating signal bandwidth on acoustic reflex thresholds. *J Acoust Soc Am.* 1976; 59, 153-159.

Rance G; Rickards F. Prediction of hearing threshold in infants using auditory steady-state evoked potentials. *J Am Acad Audiol.* 2002; 13: 236-245.

Rance G, Tomlin D. Maturation of auditory steady-state responses in normal babies. *Ear Hear.* 2006; 27(1): 20-26.

Reijden CSV, Mens LHM, Snik AFM. Frequency-specific objective audiometry: tone-evoked brainstem responses and steady-state responses to 40Hz and 90Hz amplitude modulated stimuli. *International Journal of Audiology*, 2006; 45:40-45.

Ribeiro, FGSM. *Estudo das respostas para o Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável em lactentes* [Tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2008. 77p.

Rickards FW, Clark GM. Steady-state evoked potential to amplitude modulated tones. 1984. In *Evoked Potentials II*. R.H. Nodar e C. Barber, Boston, London.163-168.

Rickards FW, Tan L, Cohen LT, Wilson OJ, Drew JH, Clark GM. Steady-state evoked potential in newborns. *Br J Audiol*. 1994; 28 (6): 327-337.

Rizzo SJ; Greemberg HJ. *Predicting hearing loss from the acoustic reflex*. Paper presented at the 50th Meeting of the Acoustical Society of America. Boston, 1979.

Roberson JB JR, O`rourke C, Stidhan K R. Auditory steady-state resonance in children evaluation of a new technology. *Otolaryngology Heade Neck Surgery*. 2003; 129(1): 107-113.

Rodrigues GRI. *Potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças com perda auditiva neurossensorial*. [Dissertação]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica, 2009.

Ruth RA; Lambert PR. Auditory evoked potentials. *Otolaryngol Clin North Am*. 1991; 2: 349-70.

Schulman- Galambos C; Galambos R. Brain stem auditory evoked responses in premature infants. *J Speech and Hear Res.* 1975; 18: 456-465.

Silva KA. *Achados timpanométricos em neonatos: medidas e interpretações* [Dissertação]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica, 2005.

Sim J, Wright CC. The Kappa Statistic in Reliability Studies: Use, Interpretation and Sample Size Requirements. *Physical Therapy.* 2005; 85(3): 257-68.

Small S A, Stapells D R. Artifactual response when recording auditory steady state response. *Ear Hear.* 2004; 25(6):611-23.

Sohmer H; Feinmesser M. Cochlear action potentials recorded from external ear in man. *Annals of otology, Rinology and Laryngology.* 1967; 76: 427-36.

Sohmer H; Feinmesser M. Cochlear and cortical audiometry conveniently record in same subject. *Israel Journal of medical Sciences.* 1970; 6: 219-223.

Stapells DR, Liden D, Suffield JB, Hamel G, Picton TW. Human auditory steady state potentials. *Ear Hear.* 1984; 5: 105-113.

Stapells DR, Picton TW, Durieux-Smith A, Edwards CG, Moran LM. Thresholds for short-latency auditory evoked potentials to tones in notched noise in normal-hearing and hearing-impaired subjects. *Audiology.* 1990; 29:262–274.

Stapells DR, Gravel JS, Martin B M. Thresholds for auditory brain stem responses to tones in notched noise from infants and young children with normal hearing or sensorineural hearing loss. *Ear Hear.* 1995;16: 361-71.

Stapells DR. Threshold estimation by the tone evoked auditory brainstem responses: a literature meta-analysis. *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*. 2000; 24:74-82.

Stapells DR. Current status of the auditory steady-state responses for estimating an infant's audiogram. In: SEEWALD, R. C.; BANFORD, J. (Eds). *A sound foundation through early amplification*. Chicago: Phonak, 2005; 43-59.

Stueve MP, O'rouke C. Estimation of hearing loss in children: comparison of auditory steady-state response, auditory brainstem response, and behavioral test methods. *Am J Audiol*. 2003; 12(2): 25-136.

Suzuki T.; Ogiba Y. Conditioned orientation audiometry. *Arch Otolaryngol*. 1961; 74:192.

Swanepoell W, Hugo R, Rood R. Auditory steady-state responses for children with severe to profound hearing loss. *Arch of Otorinolaryngology-Heade Neck*. 2004; 130(5):531-35.

Thompson G; Weber B. Responses of infants and young children to behavioral observation audiometry (BOA). *J.Speech Hear Disord*. 1974; 39: 140-47.

Tsappis A. Prediction of auditory sensitivity. *Arch Otolaryngol*, 1977; 103:322-25.

Van Wagoner RS; Goodwine SE. Clinical impressions of acoustic reflex measures in adult population. *Arch Otolaryngol*, 1977; 103: 582-584.

Versolatto MC. *Relações entre o desenvolvimento sensório motor, características individuais e desempenho na Audiometria de Reforço Visual em crianças com cinco a nove meses de idade*. [Dissertação]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica; 2005.

Werff KRV; Brown CJ; Gienapp BA; Clay KMS. Comparison of auditory steady-state response and auditory brainstem response thresholds in children. *J Am Acad Audiol*, 2002; 13: 227-235.

Wilson WR; Thompson G. Behavioral audiometry. In Jerger J (Ed.) *Pediatric audiology*. 1984; 1-44. San Diego: College- Hill Press.

World health organization. prevention of blindness and deafness: Grades of hearing impairment. Disponível em:

<http://www.who.int/pbd/deafness/hearing_impairment_grades/en/>. Acesso em 24 de agosto de 2007.