A Utilização da Resposta Auditiva de Estado Estável
para Estimar Limiares Auditivos em Indivíduos com
Perda Auditiva Neurosensorial

Josilene Luciene Duarte

Dissertação apresentada à Faculdade de
Odontologia de Bauru, da Universidade
de São Paulo, como parte dos requisitos
para a obtenção do título de mestre em
Fonoaudiologia.

**BAURU
2007**

A Utilização da Resposta Auditiva de Estado Estável
para Estimar Limiares Auditivos em Indivíduos com
Perda Auditiva Neurosensorial

Josilene Luciene Duarte

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Fonoaudiologia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. **Kátia de Freitas Alvarenga**

**BAURU
2007**

Duarte, Josilene Luciene
D85a A Utilização da Resposta Auditiva de Estado Estável para
Estimar Limiares Auditivos em Indivíduos com Perda Auditiva
Neurosensorial / Josilene Luciene Duarte. – Bauru, 2007.
118p. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Odontologia de
Bauru . Universidade de São Paulo.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Kátia de Freitas Alvarenga

Autorizo, exclusivamente pra fins acadêmicos e científicos, a
reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos
fotocopiadores e/ou meios eletrônicos.

Assinatura do autor:

Data:

Comitê de Ética da FOB-USP

Protocolo n.º: 100/2005

Data: 30/09/2005

DADOS CURRICULARES

JOSILENE LUCIENE DUARTE

1979	Nascimento – Belo Horizonte – Minas Gerais
Filiação	Walter Duarte Ana Maria Silva Duarte
1999-2002	Graduação – Curso de Fonoaudiologia na Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo
2003-2004	Especialização em Audiologia na Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo
2005-2007	Curso de Pós-Graduação em Fonoaudiologia, em nível de Mestrado, na Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, **Ana Maria e Walter**; irmãs, **Janaina e Josiane**; e, sobrinha, **Ana Laura**, por estarem sempre presentes nas grandes decisões da minha vida apoiando-me e pelo amor e paciência que me proporcionam.

Ao meu querido e amado marido, **Marcio**, por estar sempre ao meu lado, em todos os momentos, proporcionando-me muita alegria, amor e companheirismo, e que me ajudou a superar as dificuldades ocorridas, e contribuiu para que eu pudesse dar continuidade a este trabalho.

Aos meus queridos cunhados, **Marcio e Marcel**, principalmente ao meu amigo e estatístico que em todos os momentos da realização deste trabalho, esteve ao meu lado me auxiliando com a sua sabedoria.

Aos meus queridos sogros **Eulázio e Maria Silvia**, por mostrarem-me os caminhos da pesquisa e acreditarem em mim.

Aos meus queridos avós maternos **Jacinta e José Benedito**, (*in memorian*); e avós paternos, **Aparecida** (*in memorian*) e **Waldemar** (*in memorian*).

À **Faculdade de Odontologia de Bauru**, por meio dos seus docentes e funcionários, por fazerem de mim a profissional que hoje sou.

A **Prof^a. Dr^a. Kátia de Freitas Alvarenga** que, além de ótima orientadora, demonstrou ser é uma grande amiga, a quem eu acompanho desde o ano de 2001. Sua paixão e dedicação pela audiologia fizeram com que eu a escolhesse para orientadora na minha iniciação científica, especialização e mestrado; auxiliando-me com seu companheirismo em vários momentos importantes de minha vida, evidenciando-me, assim, o quanto ela já faz parte dela.

AGRADECIMENTOS

- Agradeço, primeiramente, a DEUS, por acompanhar-me e auxiliar-me durante toda a elaboração deste trabalho, pois sem Ele nada disso seria possível;
- à coordenadora do Programa de Pós Graduação em Fonoaudiologia, Prof^a. Dr^a. Maria Inês Pegoraro-Krook, e aos professores do departamento de fonoaudiologia por toda a dedicação e esforços despendidos com a nossa primeira turma;
- à Prof^a. Dr^a. Dionísia Cusin Lamônica, Chefe do Departamento de Fonoaudiologia da FOB-USP, pelo seu amor e dedicação ao Curso de Fonoaudiologia;
- à cada indivíduo que participou da casuística deste trabalho, permitindo que os resultados de sua avaliação fossem aqui publicados e contribuindo, assim, para o avanço da audilogia no Brasil;
- ao Prof. Dr. Otávio Lins pelas valiosas considerações durante o período de discussão dos resultados obtidos;
- às amigas e fonoaudiólogas da Clínica de Audiologia Infantil (CAI), Ana Dolores, Raquel, Marisa, Tati Mendes, Luzia, Vivian, Jéssica, Priscila e

Vanessa, pelos momentos de alegria, companheirismo e, por estarem sempre dispostas a ouvir-me e ajudar-me;

- à querida amiga e fonoaudióloga, Tatiana Garcia, profissional extremamente dedicada, que não mediu esforços para me ajudar durante a execução deste trabalho, e que tem o dom de cooperar com as pessoas;
- aos funcionários da clínica de Fonoaudiologia, principalmente os funcionários da recepção e do agendamento, que sempre me ajudaram, e às fonoaudiólogas Luciane, Patrícia e Joseli que muito contribuíram na casuística deste trabalho;
- às amigas, Ana Dolores, Vanessa, Simone, Maria Cecília, Dáphine, Luciana Silva, Luciana Biral, Mariana, Isabel, Daniela e Luciana Biral, que fizeram parte da primeira turma de Mestrado em Fonoaudiologia da FOB-USP, marcando o início de mais esta conquista;
- aos funcionários do Departamento de Fonoaudiologia por serem muito atenciosos e estarem sempre dispostos a ajudar;
- à equipe de funcionários do CPA, principalmente à Dra Regina B Amantini, por aceitar fazer parte da banca do meu exame de qualificação e contribuir com suas sugestões; à Fonoaudióloga Elizabeth Honda por estar sempre disposta a encaminhar os pacientes;

- ao querido Dr Orozimbo Alves Costa por ser este exemplo de mestre e pesquisador, que nos empolga com seu discurso e nos faz acreditar que realmente a audição é apaixonante;
- aos funcionários da pós-graduação, pela educação e paciência que tiveram com a nossa primeira turma, mostrando-se sempre dispostos a orientar-nos;
- ao serviço de Biblioteca e documentação da FOB-USP, por ser a peça chave em todos os trabalhos realizados nessa instituição;
- à CAPES pela bolsa concedida.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
RESUMO.....	xiv
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
3 - REVISÃO DE LITERATURA.....	17
4 - OBJETIVO.....	49
5 - MATERIAL E MÉTODO.....	53
5.1 - Seleção da casuística.....	55
5.2 – Processo de avaliação.....	56
5.2.1 – Resposta Auditiva de Estado Estável (RAEE).....	57
5.3 – Análise dos dados.....	60
6 - RESULTADOS.....	61
7 - DISCUSSÃO.....	71
8 – CONCLUSÃO.....	79
ANEXOS.....	83
REFERÊNCIAS.....	107
ABSTRACT.....	115

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Classificação do nível de audição segundo a OMS68, 1997.....	55
TABELA 2 -	Distribuição dos indivíduos com perda auditiva neurossensorial (coclear) de acordo com o nível de audição, definido pela média das frequências de 0,5 a 4 kHz (OMS68, 1997).....	56
TABELA 3 -	Distribuição da casuística de acordo com a idade (média $\pm$ DP, valor mínimo e valor máximo) e o sexo dos indivíduos com diagnóstico de perda auditiva neurossensorial (coclear) e dos indivíduos com perda auditiva neurossensorial (NA/DA).....	63
TABELA 4 -	Distribuição da casuística de acordo com a classificação do nível de audição encontrado para a orelha direita, definida pela média dos limiares das frequências de 0,5 a 4 kHz (OMS68, 1997) da Audiometria Tonal Liminar e Resposta Auditiva de Estado Estável.....	66
TABELA 5 -	Distribuição da casuística de acordo com a classificação do nível de audição encontrado para a orelha esquerda, definida pela média dos limiares das frequências de 0,5 a 4 kHz (OMS68, 1997) da Audiometria Tonal Liminar e Resposta Auditiva de Estado Estável.....	66
TABELA 6 -	: Valores do coeficiente Kappa para a concordância entre o grau da perda auditiva para a Audiometria Tonal Liminar e Resposta Auditiva de Estado Estável em ambas as orelhas.....	67
TABELA 7 -	: Distribuição da casuística quanto à presença e ausência da Resposta Auditiva de Estado Estável, nos 17 indivíduos com perda auditiva neurossensorial (NA/DA), considerando as duas orelhas avaliadas.....	67
TABELA 8 -	Padrão de respostas obtidas no Teste-Retestes da Resposta Auditiva de Estado Estável para os indivíduos com perda auditiva neurossensorial (NA/DA), considerando as frequências de 0,5 a 4 kHz e as orelhas direita e esquerda.....	68
TABELA 9 -	Limiares obtidos por via aérea e via óssea na Audiometria Tonal Liminar (ATL) para as frequências de 0,25 a 8 kHz em ambas as orelhas.....	69
TABELA 10 -	: Resultado da timpanometria e dos reflexos ipsilaterais e contralaterais do músculo estapédio.....	70

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Espectro acústico de um tom puro de 1 kHz modulado 100% em amplitude.....	13
FIGURA 2 -	Gráficos polares representando a disposição dos vetores na análise da RAEE.....	15
FIGURA 3 -	Representação da RAEE no domínio da frequência pelo FFT, cujas frequências portadoras de 0,5; 1; 2 e 4 kHz foram moduladas em 82,031; 86,719; 91,406 e 96,094 Hz na orelha esquerda e 84, 375; 89,062; 93,750 e 98,437 Hz na orelha direita, respectivamente. Os picos amarelos indicam a amplitude da RAEE que será analisada pelo teste F, com a amplitude do ruído nas frequências adjacentes.....	16
FIGURA 4 -	Gráficos de dispersão dos limiares auditivos da ATL x limiares da RAEE para as frequências de 0,5 e 1 kHz das orelhas direita e esquerda, considerando todos os indivíduos com perda auditiva neurosensorial (coclear).....	64
FIGURA 5 -	Gráficos de dispersão dos limiares auditivos da ATL x limiares da RAEE para as frequências de 2 e 4 kHz das orelhas direita e esquerda, considerando todos os indivíduos com perda auditiva neurosensorial (coclear).....	65
FIGURA 6 -	Gráfico referente à quantidade de respostas presentes observadas nos exames de VRA e RAEE (teste) para as frequências de 0,5 a 4 kHz, nos indivíduos com perda auditiva neurosensorial (NA/DA).....	68
FIGURA 7 -	Resultado obtido da RAEE das orelhas direita e esquerda obtida nas frequências de 0,5 a 4 kHz, para as intensidades de 80, 70, 60 e 50 DBHL.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS

Lista de abreviaturas

AMFR – *Amplitude-Modulation-Following-Response*
ASSR – *Auditory-Steady-State-Response*
ATL – Audiometria tonal liminar
AM – Amplitude modulada
CAE – conduto auditivo externo
CCI – células ciliadas internas
CCE – células ciliadas externas
EFR – *Envelope- Following-Response*
EEG – Eletroencefalograma
EOA – Emissões otoacústicas
EOET – Emissões otoacústicas evocadas transientes
EOPD- Emissões otoacústicas evocadas produto de distorção
dBHL – Decibel hearing level
dBnHL - Decibel *normal hearing level*
dBNPS – Decibel nível de pressão sonora
dBNA – Decibel nível de audição
Hz – Hertz
kHz – Quiloheartz
FFT – *Fast Fourier Transformation*
FM – Frequência modulada
IC – implante coclear
Kohm – quilohoms
MASTER – *Multiple Auditory Steady-State Response*
MC – microfonismo coclear
ms – milissegundos
NA/DA – Neuropatia Auditiva/Dessincronia Auditiva
PEATE – Potencial evocado auditivo de tronco encefálico
PEAML – Potencial evocado auditivo de média latência
RAEE - Resposta auditiva de estado estável
SSEP – *Steady-State-Evoked-Potential*
SSR – *Steady-State-Response*

SN 10 – *Slow Negative 10*

VRA – *Visual reinforcement audiometry*

μs – microssegundos

μV – microvoltz

nV – nanovoltz

RESUMO

O diagnóstico precoce da perda auditiva tem sido cada vez mais freqüente em virtude dos programas de saúde auditiva que estão sendo implantados em todo o país. Existe, contudo, a necessidade de técnicas e procedimentos que ajudem a identificar, com maior precisão, a presença e o grau da mesma. A Resposta Auditiva de Estado Estável (RAEE) é um procedimento eletrofisiológico que, ao contrário do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) realizado com estímulo *tone burst*, possibilita avaliar, ao mesmo tempo limiares auditivos com especificidade por freqüência e por orelha, reduzindo assim o tempo do exame. Além disso, ele permite a estimulação até níveis próximos a 130 dBHL, podendo assim medir a audição residual. O objetivo deste estudo foi verificar a aplicabilidade da RAEE para determinar os limiares auditivos nos diferentes graus de perda auditiva neurossensorial. Foram avaliados 65 indivíduos com perda auditiva neurossensorial, sendo que 48 apresentaram alteração neurossensorial (coclear) de grau leve até profundo, e idades entre sete e 30 anos; e 17 apresentaram alteração neurossensorial (Neuropatia Auditiva/Dessincronia Auditiva) e idades entre 0,6 e cinco anos. A avaliação foi composta por Audiometria Tonal Liminar (ATL) e pesquisa da RAEE para o grupo com alteração neurossensorial (coclear) e somente a pesquisa da RAEE para o grupo com alteração neurossensorial (NA/DA). Os resultados demonstraram que, nos indivíduos com perda auditiva neurossensorial (coclear), houve associação significativa ($p < 0,01$) entre os limiares obtidos na ATL e RAEE para as freqüências de 0,5 a 4 kHz, ocorrendo uma maior concordância para graus de deficiências auditivas mais acentuadas. Já na perda auditiva neurossensorial (NA/DA), a RAEE mostrou ausência de resposta na maioria dos indivíduos avaliados. Concluímos que a RAEE pode predizer os limiares da ATL com maior precisão para os graus de perda auditiva mais acentuados, e que a utilização deste procedimento não mostrou informações adicionais que podem contribuir para o diagnóstico da perda auditiva neurossensorial (NA/DA).

Palavras Chave: Potenciais Evocados Auditivos. Estado Estável. Audiometria. Perda Auditiva Neurossensorial.

1 - INTRODUÇÃO

1) INTRODUÇÃO

Com o advento da triagem auditiva neonatal universal, é possível que um maior número de lactentes¹ seja encaminhado para diagnóstico audiológico logo nas primeiras semanas de vida. Desta forma, é importante que o fonoaudiólogo que atua na área de audiológica aprofunde seus conhecimentos para realizar a avaliação audiológica infantil que envolve procedimentos comportamentais, eletroacústicos e eletrofisiológicos.

Os procedimentos comportamentais são técnicas que dependem da resposta da criança frente a uma estimulação auditiva. Na avaliação do comportamento auditivo, são apresentados ao indivíduo sons instrumentais e/ou sons de fala foneticamente balanceados e não calibrados quanto à intensidade, esperando-se como resposta mudança no comportamento frente ao som. A desvantagem deste procedimento é que, no caso da perda auditiva de grau leve, ou mesmo moderado, o indivíduo poderá apresentar semelhante resposta ao estímulo, o que dificulta a interpretação do avaliador para definir a presença ou ausência de alteração auditiva, e, conseqüentemente, caracterizá-la quanto ao grau. Outro dado importante é que a perda auditiva unilateral é dificilmente identificada.

A partir dos seis meses de idade, quando o indivíduo já apresenta controle de tronco e cervical, pode ser introduzida, como método de avaliação auditiva, a técnica *Visual Reinforcement Audiometry* (VRA), realizada com fone ou em campo livre. Na prática clínica, observa-se que, às vezes, a criança não aceita a colocação de fones, mesmo que de inserção, para a realização do VRA, sendo assim necessário realizar o teste em campo livre. Desta forma, é difícil a detecção da perda auditiva unilateral, assim como a definição do grau da perda auditiva bilateral assimétrica, visto que são registradas as respostas da melhor orelha.

Os exames eletroacústicos e eletrofisiológicos são importantes na avaliação audiológica infantil, visto que não dependem da resposta do indivíduo frente à estimulação acústica, podendo esta estar sob estado de sono natural

¹ Lactente é o Descritor Científico utilizado para uma criança com idade entre um e 23 meses. Disponível em <http://www.bireme.br/php/decsws>

ou sedação. Tratam-se de procedimentos complementares que, contudo não podem ser analisados de forma isolada, uma vez que não avaliam a função auditiva.

Dentre estes procedimentos eletroacústicos, ressalta-se a pesquisa das emissões otoacústicas, exame que mostra ao clínico a funcionalidade de células ciliadas externas, auxiliando desta maneira no diagnóstico diferencial das deficiências auditivas cocleares. A avaliação eletrofisiológica destaca-se por ser amplamente utilizada na prática clínica, sendo que os Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE) podem ser realizados com o estímulo clique, com faixa de frequência entre 1 a 4 kHz, ou o estímulo *tone burst*, este último com especificidade de frequência. Assim, a pesquisa do limiar eletrofisiológico, por meio do PEATE com *tone burst*, fornece, ao clínico, informações que possibilitam estimar o limiar audiológico na frequência testada, mas que tem demonstrado ser uma avaliação extremamente demorada quando se pretende avaliar as frequências de 0,5 a 4 kHz em ambas as orelhas.

Uma nova técnica que vem sendo introduzida, na avaliação audiológica infantil, é a resposta auditiva de estado estável (RAEE). A RAEE tem sido discutida como uma ferramenta efetiva pela possibilidade de se avaliar as duas orelhas e várias frequências específicas simultaneamente, diminuindo assim o tempo gasto para avaliar a audição, quando comparado ao PEATE com estímulo *tone burst*. Além disso, existe a possibilidade da estimulação auditiva até níveis próximos a 125 dBHL, o que permite avaliar a audição residual em indivíduos com perda auditiva profunda.

Outra grande vantagem da RAEE é a forma de análise. Diferentemente do PEATE em que as respostas são analisadas no domínio do tempo; na RAEE, a detecção da resposta é realizada no domínio da frequência, utilizando algoritmos que são aplicados ao sinal do registro do eletroencefalograma (EEG) para a análise da magnitude e da fase da atividade cerebral correspondente à modulação de frequência do estímulo acústico. Desta maneira, a resposta é determinada por meio de uma verificação estatística, diminuindo a participação do avaliador na análise da resposta.

De acordo com a literatura consultada, o principal enfoque dos trabalhos realizados com a RAEE, como método de avaliação do limiar

auditivo, foi o de avaliar indivíduos com audição normal ou com perda auditiva neurossensorial (coclear) de grau severo e profundo, demonstrando assim a necessidade da realização de trabalhos para mostrar a relação da RAEE com os limiares comportamentais nos diferentes graus e tipos de perda auditiva.

2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2) FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1) RESPOSTA AUDITIVA DE ESTADO ESTÁVEL (RAEE)

As respostas de estado estável são conhecidas como uma medida fisiológica da sensibilidade cerebral a um estímulo periódico e tem sido descrita para todas as modalidades sensoriais (SIMPSON et al.⁵⁴, 2005). Segundo STACH⁵⁶, 2002, a modalidade auditiva da resposta de estado estável pode possuir várias denominações, como resposta seguindo modulação de amplitude (*Amplitude-Modulation-Following-Response* - AMFR), resposta seguindo envelope (*Envelope-Following-Response* - EFR), potencial evocado de estado estável (*Steady-State Evoked Potentia* - SSEP), resposta de estado estável (*Steady-State Response* - SSR) e resposta auditiva de estado estável (*Auditory Steady-State Response* - ASSR)². A RAEE é considerada um potencial evocado auditivo, pois trata-se de uma atividade elétrica no sistema auditivo frente a uma estimulação, mas que se diferencia dos demais potenciais pela maneira como é gerada e analisada.

No Potencial evocado auditivo de tronco encefálico (PEATE), por exemplo, a resposta é transitória a um estímulo simples transitório, ou seja, a resposta cessa a cada apresentação do estímulo e não começa novamente até que o próximo estímulo seja apresentado (HALL¹², 1992, VENEMA⁶⁶, 2004). Por outro lado, a RAEE é obtida apresentando-se um estímulo com uma taxa de apresentação suficientemente rápida, de modo que não há tempo para o sistema nervoso voltar à condição inicial, gerando assim uma sobreposição de respostas. Esta resposta neural contínua é denominada de estado estável, e caracteristicamente segue a mesma forma de onda do estímulo contínuo que está sendo apresentado ao indivíduo (STAPPELLS et al.⁵⁷, 1984, LINS²⁶, 2002, VENEMA⁶⁶, 2004).

Os primeiros relatos da RAEE foram relativos à modulação de 40 Hz. GALAMBOS; MAKEIG; TALAMACHOFF⁹, 1981, variaram a taxa de apresentação do estímulo na pesquisa do Potencial Evocado Auditivo de Média Latência (PEAML) entre 10, 20 e 40 apresentações/segundo e observaram

² Neste estudo optou-se por utilizar o termo Resposta Auditiva de Estado Estável (RAEE).

que, com o aumento da taxa de apresentação do estímulo, a forma da onda tornava-se diferente, até que em 40 apresentações/segundo registrava-se uma onda com intervalo de 25 ms inter-estímulo. Os autores sugeriram que a onda resultante da RAEE de 40 Hz era o resultado da consolidação ou sobreposição dos sucessivos picos positivos e negativos observados no PEAML e que estes poderiam ser registrados em valores muito próximos ao limiar comportamental do indivíduo e com especificidade por frequência.

Diversos estudos descreveram que pelo fato da resposta auditiva de 40 Hz ser uma variação do potencial evocado auditivo de média latência, ambos foram gerados pelas mesmas estruturas (GALAMBOS; MAKEIG; TALMACHOFF⁹, 1981, STAPELLS et al.⁵⁷, 1984, HARI; HAMALAINEN; JOUTSINIEMI¹⁴, 1989, PLOURDE; STAPELLS; PICTON⁴², 1991, PICTON et al.³⁹, 2003, VENEMA⁶⁶, 2004). Os trabalhos que analisaram as regiões ativadas no cérebro por estímulos modulados em 40 Hz mostraram que há grande evidência de que elas são geradas pelo córtex auditivo e região superior do lobo temporal, envolvendo também as regiões talâmicas e tálamo-corticais (PANTEV et al.³¹, 1996, HERDMAN et al.¹⁶, 2002), giro de Heschl (ROOS et al.⁵⁰, 2003), fissura Sylviana (GUTSCHALK et al.¹⁰, 1999) e regiões do lobo temporal e frontal (REYES et al.⁴⁷, 2004; REYES et al.⁴⁸, 2005).

STAPELLS et al.⁵⁸, 1988 e AOYAGI et al.¹, 1993, relataram que a RAEE de 40 Hz é gerada principalmente pelo córtex auditivo primário, sendo assim influenciada pela maturação neurológica (STAPELLS et al.⁵⁸, 1988, AOYAGI et al.¹, 1993) e estado de vigília do indivíduo (PETITOT; COLLET; DURRANT³⁷, 2005). Alguns estudos mostraram que a amplitude da resposta é menor quando o indivíduo está em estado de sono ou sedado (LEVI; FOLSOM; DOBIE²³, 1993, PETHE; VON SPECHT; HOCKE³⁵, 2001). Por este motivo, alguns autores têm recomendado utilizar a modulação de frequência de 80 a 100 Hz para o registro da RAEE em lactentes e pré-escolares (HERDMAN; STAPELLS¹⁵, 2001, PEREZ-ABALO et al.³³, 2001). Segundo LINS²⁶, 2002, a modulação em torno de 80 – 110 Hz gera RAEE proveniente do Tronco Encefálico, fato constatado por meio da pesquisa do PEATE com diferentes taxas de apresentação. Com o aumento da taxa de apresentação do estímulo, as ondas I e III do PEATE tendem a desaparecer, sendo que nas taxas de apresentação entre 80-110 Hz resta somente a onda V e o contingente

negativo *Slow Negative* 10 (SN10) que tendem a se sobrepor, gerando assim uma resposta de estado estável. HERDMAN et al.¹⁶, 2002, sugeriram que a RAEE com modulação em torno de 88 Hz seja gerada principalmente pelas estruturas do tronco encefálico envolvidas com a audição.

Na pesquisa dos limiares auditivos, estudos demonstraram que em adultos a RAEE de 40 Hz é melhor para este fim, tanto em indivíduos com audição normal quanto em indivíduos com perda auditiva, quando comparada com a RAEE de 80 Hz (MAANEN, STAPELLS³⁰, 2005, PETITOT; COLLIER; DURRANT³⁷, 2005, VAN DER REIJDEN; MENS; SNIK⁶⁴, 2006), pois apresentam amplitude cinco vezes maior quando obtidas na superfície do crânio (HERDMAN et al.¹⁶, 2002). Nos primeiros anos de vida, no entanto, ocorre o inverso. PETHE et al.³⁶, 2004, observaram que a amplitude da RAEE de 40 Hz é muito pequena em lactentes, aumentando com a idade, enquanto que a RAEE de 80 Hz varia muito pouco com a idade. Desta maneira, a RAEE com modulação em torno de 80 a 110 Hz parece ser ideal para predizer limiares auditivos em lactentes e pré-escolares³, associada ao fato de poderem estar dormindo e/ou sedadas, por não ser afetada pelo sono e maturação neurológica.

Segundo SMALL; STAPELLS⁵⁵, 2005, a RAEE pode ser registrada pela modulação de uma única frequência e/ou múltiplas frequências, que podem estimular uma orelha (estimulação monótica) e/ou ambas as orelhas (estimulação dicótica) ao mesmo tempo. Estudos mostraram que não ocorre diferença estatisticamente significativa ao comparar os modos de estimulação sonora (HERDMAN; STAPELLS¹⁵, 2001, LINS²⁶, 2002). Alguns equipamentos de teste põem à disposição apenas uma apresentação simples por vez; outros, atualmente no mercado, disponibilizam à estimulação múltipla e dicótica, que permite avaliar uma ou quatro frequências portadoras ao mesmo tempo nas duas orelhas.

É denominada de frequência portadora, a frequência do estímulo teste que se pretende avaliar o limiar auditivo e que será modulada para gerar uma RAEE. LUTS; WOUTERS²⁸, 2004, afirmaram que a frequência portadora pode ser modulada por amplitude (AM), por frequência (FM), por amplitude e

³ Pré-escolar é o Descritor Científico utilizado quando se refere a um indivíduo com idade entre 24 meses e cinco anos. Disponível em <http://www.bireme.br/php/decsws>

freqüência combinadas (AM + FM) e modulação exponencial da amplitude, a qual utiliza um envelope de amplitude determinado pelo quadrado da função seno (JOHN et al.²¹, 2004). VENEMA⁶⁶, 2004, sugeriu modulação de amplitude de 100%, a qual permitiu que a amplitude variasse do máximo para o zero, no entanto, modulações entre 50% e 100% não geraram RAEE com amplitudes estatisticamente diferentes (LINS²⁶, 2002). Geralmente, foi utilizada a modulação de freqüência em 20%, o que permitiu a freqüência variar entre $\pm 10\%$ da freqüência portadora (VENEMA⁶⁶, 2004). Estudos mostraram que a amplitude da RAEE foi maior quando os sons foram modulados juntamente em amplitude e freqüência, assim como em modulação exponencial, visto que esta última, permitiu uma melhor visualização das freqüências de 0,5 e 4 kHz (JOHN et al.²¹, 2004).

De acordo com a fisiologia da audição, quando um som entra na cóclea, ele gera uma onda viajante na membrana basilar, com maior vibração na região correspondente à freqüência do estímulo. A força tangencial, entre as membranas basilar e tectória, promove a inclinação dos cílios das células ciliadas internas (CCI) que passam a ter contato com a membrana tectória. Quando o movimento dos cílios é orientado em direção à rampa vestibular, ocorre a despolarização das CCI e conseqüentemente gera o potencial de ação no nervo auditivo, e, na direção oposta, ocorre a hiperpolarização das mesmas, não gerando o potencial de ação no nervo auditivo (GUYTON¹¹, 1993). Desta maneira, o sinal enviado ao nervo auditivo é completamente retificado, sendo este fenômeno denominado retificação compressiva (LINS et al.²⁴, 1995).

O tom puro, apresentado ao sistema auditivo, quando modulado em amplitude, terá um espectro acústico com três picos de energia (Figura 1), sendo um, correspondente à freqüência portadora, enquanto que os outros dois correspondem à freqüência de modulação (VAN DER REIJDEN; MENS; SNIK⁶⁴, 2001, JOHN; DIMITRIJEVIC; PICTON²⁰, 2002).

FIGURA 1: Espectro acústico de um tom puro de 1 kHz modulado 100% em amplitude.

Esse tom puro modulado irá estimular a membrana basilar na região correspondente ao envelope, ou seja, frequência portadora $\pm$ frequência de modulação, e quando gera potencial de ação na despolarização das CCI, o nervo auditivo transmite uma versão retificada do estímulo sonoro que apresenta um componente espectral da frequência de modulação. Isso explica como a RAEE tem energia espectral na frequência de modulação, enquanto o estímulo não tem (LINS²⁶, 2002).

Assim, a atividade cerebral é então sincronizada com a frequência de modulação do estímulo e na mesma fase, podendo ser registrada por eletrodos posicionados na superfície do crânio (HERDMAN et al.¹⁶, 2002).

A grande vantagem da RAEE é a análise da presença de respostas. Ao contrário dos outros potenciais evocados auditivos que dependem da experiência do profissional em detectar visualmente as respostas que são medidas no domínio do tempo, a RAEE é detectada no domínio da frequência, de forma objetiva e automática, diminuindo a participação do profissional na definição da mesma. A conversão da resposta para o domínio da frequência é realizada pelo *Fast Fourier Transformation* (FFT).

De acordo com STAPPELLS et al.⁵⁷, 1984, um oscilador dispara o gerador de estímulo a uma velocidade de f Hz, e, enquanto o indivíduo recebe a estimulação auditiva e gera a RAEE, o seu EEG é amplificado e enviado para o analisador de *Fourier* para ser multiplicado pelo seno e o co-seno da frequência de repetição do estímulo. Estas multiplicações convertem os

componentes do EEG com a mesma frequência de modulação do estímulo em uma saída digital que será utilizada para medir a amplitude e a fase, enquanto todos os outros componentes de frequência são convertidos em uma saída analógica e removidos por um filtro passa-baixa. Segundo LINS; PICTON²⁴, 1995, PICTON et al.³⁸, 2001, LINS²⁶, 2002, o FFT converte a forma original da onda (amplitude-tempo) em uma série de ondas co-seno com frequências, amplitudes e fase específicas. Desta maneira, o FFT representa os componentes da onda como vetores em plano bidimensional, dando seus parâmetros nas coordenadas X e Y que são transformadas em coordenadas polares como amplitude e fase, sendo a amplitude representada pelo comprimento do vetor e a fase pela rotação do vetor em relação ao eixo X (LINS; PICTON²⁴, 1995, PICTON et al.³⁸, 2001, LINS²⁶, 2002).

Desta forma, a fase é um fenômeno circular que ocorre a intervalos de 0 a 360 graus. De acordo com JOHN; PICTON¹⁹, 2000, mesmo que os dados da fase estivessem sempre disponíveis para análise não seriam utilizados, pois somente a amplitude e a frequência da análise do FFT são suficientes para a análise do sinal. De acordo com SARTORI; JOAQUIM⁵², 2003, o conhecimento da fase pode ser, no entanto, um parâmetro crucial para a informação exata do sinal. A fase pode representar não só a RAEE para uma determinada frequência de modulação, mas também todas as frequências do ruído que está sendo captado juntamente com esta resposta. O método pelo qual é possível identificar uma resposta no meio do ruído, consiste no ruído que gera vetores que se ordenam de forma aleatória no gráfico polar e com amplitudes menores e variadas, enquanto que ocorre o inverso na presença de resposta. Como o vetor que representa a resposta vai sempre possuir uma amplitude maior, e vai estar agrupado, ou ordenado, para uma determinada direção, quando ocorre a promediação da resposta com o ruído, vai ser gerado um vetor resultante que irá se orientar para o lado em que ocorreu maior amplitude.

O gráfico polar também representa o intervalo de confiança de 95% para o ruído, que é representado por um círculo centrado na ponta final do vetor (Figura 2). Quanto mais distante este círculo estiver da origem do vetor, ou seja, do centro do gráfico polar, mais a resposta sairá do limite de 95% de

ruído estimado, tendo somente 5% de chance para que seja uma RAEE (JOHN; PICTON¹⁹, 2000).

A Figura 2 ilustra a presença e a ausência da RAEE, com a ordenação dos vetores e o intervalo de confiança do ruído.

FIGURA 2: Gráficos polares representando a disposição dos vetores na análise da RAEE.

PICTON et al.³⁸, 2001, relataram que há basicamente dois tipos de testes para verificar a presença de resposta, sendo que, um é baseado na similaridade entre a fase; e o outro, na diferença entre a medida da frequência de modulação (sinal) e as outras medidas (ruído) no espectro (Figura 3).

FIGURA 3: Representação da RAEE no domínio da frequência pelo FFT, cujas frequências portadoras de 0,5; 1; 2 e 4 kHz foram moduladas em 82,031; 86,719; 91,406 e 96,094 Hz na orelha esquerda e 84,375; 89,062; 93,750 e 98,437 Hz na orelha direita, respectivamente. Os picos amarelos indicam a amplitude da RAEE que será analisada pelo teste F, com a amplitude do ruído nas frequências adjacentes.

PICTON et al.³⁸, 2001, demonstraram que protocolos que utilizaram juntamente a coerência de fase e a amplitude para detectar a RAEE foram mais eficientes do que aqueles que utilizaram somente a coerência de fase.

Após serem analisadas por testes estatísticos específicos para cada tipo de análise, geralmente teste T2 para coerência de fase e teste F para análise da amplitude, as RAEE são então apresentadas na tela do computador, permitindo ao clínico interpretá-las na definição dos limiares auditivos que serão utilizados para montar o audiograma.

3 - REVISÃO DE LITERATURA

3) REVISÃO DE LITERATURA

AOYAGI et al.², 1994, avaliaram a utilização da resposta RAEE de 80 Hz para prever os limiares auditivos durante o sono, por meio de três experimentos: 1ª) RAEE em 20 indivíduos adultos com audição normal; 2ª) comparação da RAEE com o PEATE em oito lactentes com audição normal; e 3ª) comparação da RAEE com o PEATE em 37 pré-escolares e crianças⁴ com idade variando de três anos e oito meses a 12 anos (média de cinco anos e três meses) e perda auditiva de diferentes graus e tipos. Os parâmetros utilizados para a RAEE foram: estímulos apresentados por fones TDH-49 nas frequências portadoras de 0,25, 1 e 4 kHz, modulados em 80 Hz em 95%; eletrodos posicionados em Fz, lóbulo ipsilateral e Fpz; e, filtro passa banda de 8 a 300 Hz (18 dB/ oitava). Os parâmetros utilizados para o PEATE foram: estímulos *tone pip* com taxa de apresentação de 18.9 Hz; eletrodos posicionados em Fz, lóbulo ipsilateral e Fpz; e, filtro passa-banda de 80 a 300 Hz (12 dB/oitava). Os resultados obtidos nos experimentos mostraram que os limiares da RAEE de 80 Hz foram menores do que os limiares do PEATE, na maioria dos casos, e ao comparar o limiar fisiológico com o limiar comportamental o coeficiente de correlação foi maior para a RAEE do que para o PEATE, mas não foi estatisticamente significativa. Os autores concluíram que a RAEE pôde ser utilizada para prever limiares auditivos mais acuradamente do que o PEATE.

RANCE et al.⁴², 1998, compararam a RAEE e o limiar comportamental de 108 lactentes e pré-escolares com idade variando de um a 49 meses e ausência de resposta no PEATE na intensidade de 100 dBNA. A avaliação comportamental foi realizada pela audiometria com reforço visual/audiometria condicionada com estímulo *Warble* nas frequências de 0,25 a 4 kHz, utilizando-se fone de inserção para os indivíduos protetizados e apresentação do estímulo em campo livre em dBNPS, para os usuários de aparelho de amplificação sonora individual. A RAEE foi realizada com sono

⁴ Criança é o Descritor Científico utilizado quando se refere a uma pessoa com idade entre seis e 12 anos. Disponível em <http://www.bireme.br/php/decsws>

natural ou sedação com Hidrato de Cloral e anestesia geral, utilizando os seguintes parâmetros: eletrodos posicionados em Fz, lóbulo da orelha ou mastóide ipsilateral e mastóide contralateral (terra), fones de inserção 3A, frequências portadoras de 0,25, 0,5, 1, 2 e 4 kHz, modulados 100% em amplitude e 10% em frequência a 90 Hz. Os resultados demonstraram que a avaliação por meio do PEATE não diferiu entre os indivíduos com perda auditiva; algumas orelhas eram anacúsicas; mais de um quarto mostraram audição residual em cada uma das frequências audiométricas avaliadas; no mínimo 10% dos limiares comportamentais de cada frequência mostraram perda auditiva de grau moderado até severo; foi observada uma forte correlação entre a RAEE e os limiares auditivos, sendo que quando a RAEE foi ausente no nível máximo de apresentação do estímulo, 99,5% das orelhas avaliadas mostraram por meio da audiometria comportamental, perda auditiva total ou limiar auditivo com média de 10 dB de diferença desse nível; quando a RAEE estava presente, o limiar comportamental teve uma diferença de cinco dB da RAEE. Os resultados mostraram que, neste grupo de indivíduos avaliados, a técnica da RAEE mostrou ser eficiente para avaliar orelhas com quantidade mínima de audição residual, e que os tons modulados utilizados para testar a RAEE, permitiram a avaliação por frequência específica em altos níveis de estimulação auditiva.

RANCE et al.⁴³, 1999, verificaram a prevalência da Neuropatia Auditiva/Dessincronia Auditiva (NA/DA) em um grupo de indivíduos com indicadores de risco para a perda auditiva, assim como os achados clínicos. Foram avaliados 20 lactentes e pré-escolares, na faixa etária entre um e 49 meses, cujos indicadores de risco foram: icterícia, hipóxia, Hidrocefalia, Meningite neonatal, malformação unilateral e baixo peso. Os parâmetros para a avaliação audiológica foram: 1) PEATE - eletrodos posicionados em Fz, M1/M2 ou A1/A2 e Fpz; estímulo clique com taxa de apresentação entre 12 a 30 Hz apresentados por fones de inserção 3A nas intensidades entre 95 a 100 dBNA; filtro passa-banda de 100 a 3000 Hz e 2000 promediações para o PEATE; 2) Microfonismo Coclear (MC) – estímulos clique nas polaridades rarefação e condensação; estímulos apresentados por fones de inserção 3A; intensidade diminuída em passos de 10 dB até a intensidade de 60 dBNA quando era

observada a presença do MC e confirmação do MC pelo grampeamento do tubo do fone durante a realização do exame; 3) RAEE – estímulos apresentados pelo fone TDH 39 nas frequências portadoras de 1 e 4 kHz moduladas 100% em amplitude e 10% em frequência, com frequência de modulação de 90 Hz e filtro passa banda de 0,2 Hz a 10 kHz; 4) Emissões otoacústicas evocadas transientes (EOET) – intensidade de 82 ± 5 dBNPS, janela de 20 ms, relação sinal/ruído > 3 dB e reprodutibilidade $> 75\%$; 5) Audiometria comportamental – VRA ou audiometria condicionada (dependendo da idade do indivíduo), e com fone TDH 39. Os resultados mostraram prevalência de um em 433 (0,23%) para a NA/DA e um para nove (11,01%) para perda auditiva permanente; os limiares comportamentais mostraram desde audição normal à perda auditiva profunda; com relação a RAEE, as mesmas foram piores do que o limiar comportamental em cinco indivíduos para a frequência de 1 kHz e seis indivíduos em 4 kHz, sendo observada fraca correlação entre os limiares comportamentais e da RAEE (0,533 para 1 kHz e 0,358 para 4 kHz). Os autores concluíram que nesta população com indicadores de risco, a proporção de NA/DA foi maior quando comparada a outros estudos e que, os efeitos da alteração no sistema auditivo, não podem ser preditos por procedimento de avaliação convencional.

PEREZ-ABALO et al.³³, 2001 determinaram a efetividade da RAEE com estimulação múltipla e dicótica para estimar a configuração da curva audiométrica. Foram avaliados 43 indivíduos com perda auditiva neurosensorial de grau moderado até severo, e idade entre seis e 15 anos; e 40 indivíduos, com audição normal, e idade entre 18 e 25 anos. Para tanto foi realizada a otoscopia, impedanciometria, audiometria de tom puro e RAEE. Os parâmetros da RAEE foram: estímulos apresentados por fones TDH 49 nas frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz, moduladas 95% em amplitude e em frequências de modulação 77, 85, 93 e 101 Hz para a orelha esquerda e 81, 89, 97 e 105 Hz para a orelha direita; eletrodos posicionados em Cz, Oz e o eletrodo terra em Fpz; ganho de 100 mil e filtro passa-banda de 10 a 300 Hz. Os resultados mostraram que os limiares da RAEE foram piores do que os

limiares comportamentais, e que a média ($\pm$ desvio padrão) das diferenças entre ambos os procedimentos foi de 12,03 ($\pm 11,08$), 12,90 (± 10), 10,02 ($\pm 11,1$) e 12,29 ($\pm 11,08$) para os indivíduos com audição normal e 13,2 ($\pm 15,04$), 7,4 ($\pm 15,3$), 4,6 ($\pm 14,5$) e 4,6 ($\pm 15,7$) para os indivíduos com perda auditiva, para as frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz respectivamente. Foi observada forte correlação linear entre o limiar da RAEE e o limiar comportamental em todas as frequências, sendo que o menor coeficiente foi para a frequência de 0,5 kHz. Os autores concluíram que a RAEE foi válida para estimar um audiograma objetivo tanto em indivíduos com audição normal quanto com perda auditiva.

DIMITRIJEVIC et al.⁷, 2002, avaliaram a RAEE com modulação em amplitude e frequência em indivíduos com audição normal e perda auditiva, com o objetivo de averiguar a eficácia do MASTER em prever limiares auditivos, a precisão para determinar perda auditiva neurosensorial e condutiva, e validar a técnica MASTER para obter limiares por via óssea. Participaram deste estudo quatro grupos de indivíduos: 1) 31 indivíduos com perda auditiva neurosensorial (44 orelhas) ou mista (12), e idade entre 32 e 86 anos (média de 69 anos), cuja média dos limiares comportamentais de 0,5; 1 e 2 kHz foi de 46 dBHL (variando de 15 a 87 dBHL), sendo que sete orelhas apresentaram limiares audiométricos normais (≤ 25 dBHL e curva descendente a partir de 4 kHz), 17 apresentaram perda auditiva de grau leve (limiares entre 26 – 40 dBHL), 19 apresentaram perda auditiva de grau moderado (limiares entre 41 – 60 dBHL) e 16 apresentaram perda auditiva de grau severo (limiares entre 61 – 90 dBHL), cuja configuração da perda auditiva foi plana, descendente nas frequências agudas ou graves; 2) 14 adultos com audição normal (limiares entre 25 dBHL nas frequências de 0,5 a 4 kHz) e idade variando de 23 para 63 anos (média de 36 anos); 3) 10 adultos com audição normal e idade entre 23 a 35 anos (média de 28 anos), simulando uma perda auditiva condutiva de grau moderado e configuração plana, por meio da colocação do fone de inserção na orelha, cuja média dos limiares passou de 25 para 52 dBHL (variando de 47 a 57 dBHL); 4) 16 adultos com audição normal e idade variando entre 23 e 49 anos (média de 28 anos), com limiares de via aérea e via óssea abaixo de 25 dBHL nas frequências entre 0,5 a 4 kHz. Os

parâmetros utilizados para medir a RAEE por via aérea foram: estímulos de tom puro e da RAEE calibrados em dBHL apresentados por fones de inserção 3A ou vibrador ósseo modelo B-71 nas frequências portadoras de 0,5; 1; 2 e 4 kHz, eletrodos posicionados em Cz (ativo) e na linha média da região posterior do pescoço (referência), filtro passa-banda de 3 a 300 Hz, rejeição de artefatos ajustada para ± 90 nV, limiares determinados utilizando passos de 10 dB para baixo e cinco dB para cima. Os resultados demonstraram que, para os indivíduos com perda auditiva neurosensorial e audição normal, a amplitude da resposta aumentou com a elevação da intensidade do estímulo, sendo maior para os indivíduos com perda auditiva neurosensorial; a quantidade de respostas estatisticamente significante reduziu-se com a diminuição da intensidade; oitenta e três por cento das respostas tiveram uma diferença menor do que 15 dB entre o limiar fisiológico e o limiar comportamental, sendo que esta diferença não foi significativa entre os indivíduos com audição normal e os indivíduos com perda auditiva, além de ser maior na frequência de 0,5 Hz; houve uma correlação estatisticamente significativa entre os limiares comportamentais e fisiológicos; ao comparar a diferença entre os limiares comportamentais e fisiológicos quando utilizada estimulação simples e múltipla, não houve diferença estatística para a frequência de 0,5 Hz, mas houve diferença estatística para as frequências de 2 e 4 kHz cuja diferença passou de nove $\pm$ sete na estimulação simples para 21 ± 11 para estimulação múltipla. Para os indivíduos com perda auditiva condutiva simulada, a diferença média entre os limiares comportamentais e eletrofisiológico foi de 22, 14, 5 e 5 dB para as frequências de 0,5; 1; 2 e 4 kHz, respectivamente, e a amplitude da resposta foi maior do que nos indivíduos com audição normal. Os autores concluíram que os limiares fisiológicos do MASTER podem prever os limiares comportamentais, sendo em média oito dB maior para o limiar fisiológico.

LINS²⁶, 2002, teve como objetivo descrever o desenvolvimento de uma técnica de audiometria fisiológica baseada nas respostas de estado estável. Participaram do estudo 182 indivíduos (121 adultos, 10 adolescentes e 51 lactentes) com audição normal e perda auditiva moderada. Os estímulos foram apresentados por fones (inserção 3A, TDH 39 e TDH 49) e vibrador ósseo (Radio Ear B-71) por meio de estimulação simples e múltipla nas

freqüências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz modulados 100% em amplitude e 20% em freqüência entre 75 e 110 Hz; os eletrodos foram posicionados em Fz, Oz ou mastóide com os registros coletados amplificados 10 mil vezes, filtro passa-banda (1 a 300 Hz, 6dB/oitava) e digitalizados a 679 Hz. Cada varredura durou 12 segundos e foi rejeitada na presença de potencial maior do que 40-60 μ V. Os resultados mostraram que, nos adultos normais, os limiares fisiológicos foram de 11 a 14 dB pior do que os limiares comportamentais para os estímulos por condução aérea, e, de 9 a 14 dB pior do que os limiares comportamentais para estímulos por condução óssea. Nos adolescentes com perda auditiva de grau moderado, os limiares fisiológicos foram em média 11dB pior do que os limiares comportamentais com coeficientes de correlação entre 0,7 e 0,9, maior para as freqüências mais altas. Nos lactentes com audição normal, os limiares fisiológicos foram em média 26 e 45 dBNPS, sendo pior para a freqüência de 0,5 kHz. O autor concluiu que a RAEE pôde ser realizada em lactente durante o sono; reproduziu o audiograma comportamental em indivíduos com audição normal e indivíduos com perda auditiva; e que a técnica de estimulação múltipla simultânea permitiu a obtenção dos limiares de quatro freqüências simultâneas.

RANCE; BRIGGS⁴⁴, 2002, realizaram um estudo retrospectivo a fim de verificar a aplicabilidade da RAEE em lactentes em que não era possível realizar a audiometria condicionada e que falharam na triagem auditiva por meio do PEATE (limiares piores do que 40 dBNA). Foram avaliadas 200 lactentes com idade entre um e oito meses (média de três meses) na época da coleta da RAEE, sendo que 184 apresentaram perda auditiva neurosensorial (confirmada pela ausência resposta no exame de EOET e MC) e 16 NA/DA (confirmada pela ausência resposta no PEATE e presença de EOET e/ou MC). Para participar do estudo todos os indivíduos deveriam ter limiares auditivos piores do que 60 dBNA nas freqüências testadas. Os parâmetros para a RAEE foram: eletrodos posicionados no vértex, mastóide ipsilateral (ou lóbulo) e contralateral; filtro passa-banda (0,2 a 10 kHz); freqüências portadoras de 0,5; 1; 2 e 4 kHz moduladas 100% em amplitude e 10% em freqüência na freqüência de 90 Hz; e, limiares obtidos com passos de 10 dB para baixo e cinco dB para cima. Os parâmetros utilizados para a audiometria

comportamental foram: estímulo *Warble* nas frequências de 0,5; 1; 2 e 4 kHz; fones de supra-aural ou de inserção; reforço visual; e, limiares obtidos com passos de 10 dB para baixo e cinco dB para cima. Os resultados demonstraram uma forte correlação entre os limiares da RAEE e os limiares comportamentais (coeficiente de correlação de *Pearson* entre 0,81 a 0,93 entre as frequências) nos indivíduos com perda auditiva neurossensorial; houve uma tendência a uma diferença entre os limiares da RAEE e comportamentais serem maiores para frequências baixas e menor grau de perda auditiva; os indivíduos com ausência de resposta na RAEE mostraram limiares comportamentais maiores ou iguais a 100 dBHL e 93% maiores ou iguais a 115 dBHL; nos indivíduos com NA/DA, houve uma fraca correlação entre os limiares da RAEE e comportamentais (coeficiente de correlação de *Pearson* entre 0,47 a 0,67 entre as frequências), sendo que, neste grupo, a diferença entre os limiares foi significativamente maior quando comparada ao grupo com perda auditiva neurossensorial. Os autores concluíram que a RAEE ofereceu uma medida acurada da quantificação dos limiares auditivos em indivíduos com perda auditiva neurossensorial.

RANCE; RICKARDS⁴⁵, 2002, compararam os resultados obtidos por meio da RAEE com a avaliação comportamental (VRA) realizada posteriormente, em 211 lactentes, com idade entre um e oito meses, no dia da avaliação fisiológica; e na faixa etária de seis a 14 meses na avaliação comportamental. O VRA foi realizado por meio de fones supra aurais ou fones de inserção nas frequências de 0,5; 1; 2; e 4 kHz, com diminuição de 10 dBNA na presença de resposta e 5 dBNA na ausência de resposta auditiva. A RAEE foi realizada em sono natural com os seguintes parâmetros: frequências portadoras de 0,5; 1; 2 e 4 kHz com modulação de amplitude de 100% e modulação de frequência de 10% a uma razão de 90 Hz; estímulos apresentados por fones de inserção ou supra aurais com diminuição da intensidade em passos de 10 dB e subindo em passos de 5 dB, como no VRA; eletrodos posicionados em Fz (ativo), lóbulo ou mastóide ipsilateral (referência) e mastóide contralateral (terra); filtro passa-banda de 0,2 a 10 kHz; resposta determinada pela coerência de fase na probabilidade de ocorrência de 99% ($p < 0,01$). Para a análise dos dados foram realizadas 809 comparações entre os

limiares fisiológicos e comportamentais (272 para 0,5 kHz; 260 para 1 kHz; 140 para 2 kHz e 137 para 4 kHz), e os casos em que houve ausência de limiar fisiológico ou comportamental na intensidade máxima do equipamento, não foram incluídos na análise de correlações, sendo analisados separadamente. Os resultados demonstraram que houve uma forte correlação entre os limiares fisiológicos e comportamentais, sendo os coeficientes de correlação de *Pearson* maior do que 0,95 para cada uma das frequências testadas; indivíduos com grau de perda auditiva entre 0 e 55 dBNA apresentaram diferenças estatísticas entre os limiares fisiológicos e comportamentais ($p < 0,01$), sendo o primeiro sempre maior; para os indivíduos com grau de perda auditiva entre 60 e 85 dBNA e > 90 dBNA; não foi observada diferença estatística entre os limiares fisiológicos e comportamentais; e, nos indivíduos com ausência de limiar fisiológico na intensidade máxima testada, houve uma coerência com grau de perda auditiva profunda.

HERDMAN; STAPELLS¹⁷, 2003 verificaram a validade da RAEE para estimulação simples e múltipla em prever a configuração do audiograma comportamental. Participaram, deste estudo, 31 adultos com perda auditiva neurossensorial, divididos em dois grupos de acordo com o declínio da curva ($A \geq 30$ dB/oitava e $B < 30$ dB/oitava), com idade variando de 25 a 94 anos (média de 63 anos). Foi testada somente uma orelha de cada indivíduo, por meio da audiometria tonal liminar e da RAEE. Os limiares da RAEE foram obtidos com os seguintes parâmetros: fones de inserção 3A nas frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz modulados 100% em amplitude e em frequências de modulação 77.148, 84.961, 92.773 e 100.586 Hz; eletrodos posicionados em Cz, Oz e o eletrodo terra em Fpz; ganho de 80 mil, filtro passa-banda de 30 a 250 Hz (12 dB/oitava) e varredura de 16.384 segundos que continham 16 sessões de 1.024 segundos cada (duração do exame de aproximadamente 1h 30 minutos); duas condições de apresentação do estímulo (múltipla e simultânea e simples) considerando o limiar comportamental. O teste iniciou-se na intensidade de 40 ou 60 dBNA, utilizando passos de 20dB para baixo e 10dB para cima para determinar o limiar. Os resultados mostraram limiares para tons múltiplos da RAEE com uma diferença média de 20 dB do limiar comportamental em 81%, 93%, 93% e 100% dos indivíduos para as

freqüências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz, respectivamente; não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os grupos A e B; houve correlação significativa entre os limiares da RAEE múltipla e o limiar comportamental para cada freqüência portadora (simples) e para todas as freqüências combinadas (múltipla), cujos coeficientes de correlação variaram de 0,66 a 0,99. Ao comparar a especificidade de local de estimulação na cóclea para o método da RAEE múltipla, os resultados de três de 18 indivíduos no grupo A mostraram que a RAEE múltipla subestimou o limiar comportamental por 5 a 20 dBNA na freqüência com maior declínio, sendo que os outros 15 sujeitos do grupo A tiveram limiares da RAEE na freqüência de teste que foram de zero a 20 dB maior do que o limiar comportamental e a diferença média dos limiares para o grupo A foi de 2,5 dB e para o grupo B foi de 5,0, não sendo estatisticamente significativa; não houve efeito de mascaramento entre as freqüências na apresentação múltipla, visto que as médias dos limiares para a estimulação simples e múltipla foram 63 ± 9 e 64 ± 14 dBNA, respectivamente; não houve diferença significativa entre as duas condições de estímulo. A média total para o tempo de registro para o grupo A e B foram 49 e 44 minutos, não havendo diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Os autores concluíram que o método da RAEE pôde prever o audiograma comportamental em pacientes com altos graus de perda auditiva neurosensorial e que todos os resultados promoveram boa evidência da utilização de técnica da RAEE múltipla para prever limiares comportamentais para pacientes com perda auditiva neurosensorial que não apresentaram limiares comportamentais confiáveis, como no caso de lactentes com idade menor do que seis meses de idade.

ROBERSON; O'ROURKE; STIDHAM⁴⁹, 2003 avaliaram a RAEE em 28 lactentes com perda auditiva severa e profunda, entre fevereiro de 1999 e setembro de 2000, sendo realizado timpanometria com sonda de 226 Hz; pesquisa do reflexo acústico com estimulação ipsilateral e contralateral; pesquisa das EOET e EOA DP; PEATE com estímulos clique e *tone burst*, e, RAEE com eletrodos posicionados em Fz e M₁/M₂ ou A₁/A₂, estímulos apresentados por fones de inserção 3A nas intensidades de -10 a 120 dBHL na faixa de freqüência de 0,25 a 8 kHz, modulados 100% em amplitude e 10% em

freqüência. Os resultados demonstraram que, utilizando métodos de avaliação combinados, 10 indivíduos foram identificados com perda auditiva e oito com audição normal. Considerando o PEATE, nas 55 das 56 orelhas testadas, oito orelhas foram encontradas com audição normal (onda V presente em 20 dBNA ou menos) e as demais com limiar eletrofisiológico variando de 25 a 90 dBNA. O PEATE esteve presente em 34 orelhas e 21 tiveram ausência de resposta em 90 dBNA (limite do equipamento). Foi pesquisada a RAEE em 54 orelhas, sendo obtido limiar em 47 orelhas em pelo menos duas freqüências, e, em 40 orelhas em três freqüências. Dos indivíduos que tiveram ausência do PEATE e presença da RAEE, o audiograma estimado demonstrou limiares altos, compatíveis com perda auditiva de grau severo para profundo, com média de resposta nas freqüências de 0,25 a 4 kHz de 98,9 dB. Os autores concluíram que a RAEE foi superior à avaliação por meio do PEATE, por testar freqüências específicas, permitindo assim, estimar o audiograma, além de ser um teste objetivo que pode ser utilizado para avaliar níveis de perda auditiva de severa para profunda, principalmente em lactentes, para auxiliar na definição das técnicas de intervenção precoce, como o dispositivo de amplificação sonora individual e/ou implante coclear.

STUEVE; O'ROURKE⁵⁹, 2003, correlacionaram os limiares da RAEE com o PEATE e métodos de avaliação comportamental em 76 lactentes e pré-escolares com idade entre um e 125 meses. O PEATE foi obtido em 151 orelhas com os seguintes parâmetros: eletrodos de referência localizados em A1/A2 ou M1/M2 e ativo em Fz; estímulos clique e *tone burst* (0,25 e 0,5 kHz) apresentados por fone de inserção 3A na velocidade de 21.7/segundo e polaridade rarefação; ganho de 100 mil; e filtro passa-banda (100 a 3000 Hz). A RAEE foi obtida em 147 orelhas com os seguintes parâmetros: freqüências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz, (incluindo as freqüências de 0,25, 1,5 e 8 kHz, se houvesse tempo) modulados 100% em amplitude e 10% em freqüência nas freqüências de 67, 74, 81, 85, 95 e 102 Hz para 0,25, 0,5, 1, 1,5, 2, 4 e 8 kHz; fones de inserção 3A; e filtro passa-banda (3 a 5000 Hz). A avaliação comportamental foi obtida em 51 orelhas pelo VRA ou audiometria condicionada. Os resultados demonstraram correlação significativa entre o PEATE com estímulo clique e os limiares da RAEE nas freqüências de 1, 2 e 4

kHz e o PEATE com estímulo *tone burst* e os limiares da RAEE nas frequências de 0,25 e 0,5 kHz. Ao comparar a RAEE com a avaliação comportamental os coeficientes de correlação para 0,5, 1, 2 e 4 kHz foram 0.82, 0.90, 0.83 e 0.83, respectivamente. A diferença entre os limiares da RAEE e da avaliação comportamental na frequência de 1 kHz foi em média 20 dB em 92% das orelhas testadas, e a diferença entre a RAEE e o PEATE por clique foi em média 20 dB em 73% das orelhas testadas. Os autores concluíram que as informações adicionais da RAEE foram essenciais para a avaliação de lactentes e pré-escolares com perda auditiva.

FIRSZT et al.⁸, 2004, determinaram a efetividade da RAEE como uma medida da sensibilidade auditiva em 42 lactentes e pré-escolares com idade entre um e 54 meses (média de 18 meses) com funcionalidade normal de orelha média e suspeita de perda auditiva. Foi realizado o PEATE, sob estado de sono natural ou sedação, com os seguintes parâmetros: eletrodos posicionados em Fz, A1/A2 ou M1/M2; fones de inserção 3A, estímulo clique na polaridade rarefação com 100 microssegundos de duração e velocidade de 31 Hz; filtro passa-banda (100 a 3000 Hz); e três replicações de 1000 varreduras. Para a obtenção da RAEE foram utilizados estímulos apresentados por fones de inserção 3A nas frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz modulados 100% em amplitude e 10% em frequência nas frequências de modulação de 74, 81, 88 e 95 Hz, respectivamente. A resposta foi determinada por algoritmos específicos baseados na coerência de fase. Os resultados mostraram que 50% dos indivíduos apresentaram por meio do PEATE e RAEE perda auditiva de grau severo para profundo e das 80 orelhas avaliadas, 27 apresentaram ausência de resposta no PEATE com presença da RAEE em pelo menos uma frequência e 21 apresentaram presença de resposta em duas ou mais frequências. Houve uma forte correlação entre os limiares do PEATE e da RAEE para as frequências de 2 e 4 kHz. Os autores concluíram que a RAEE promove informações adicionais na avaliação de indivíduos que apresentam níveis de perda auditiva de severa para profunda e que podem ajudar a definir qual a orelha que será escolhida para o implante coclear.

LUTS et al.²⁷, **2004**, realizaram um estudo em 10 lactentes e pré-escolares com idade variando de três a 14 meses de idade, com suspeita de perda auditiva, utilizando o PEATE e a RAEE. Os parâmetros utilizados foram: estímulo clique de polaridade alternada com 100 μ s de duração, taxa de apresentação de 21 cliques/segundo, filtro passa-banda 100 a 3000 Hz, eletrodos posicionados Fz e M1/M2 e fones de inserção 3A para o PEATE. Para o registro da RAEE as frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz foram moduladas 100% em amplitude e 20% em frequência, com modulação de 82.031, 89.844, 97.656, 106.445 Hz para a orelha esquerda e 85.937, 93.750, 101.562, 110.352 Hz para a orelha direita, eletrodos posicionados em Fz, A1/A2 e clavícula (terra), ganho de 50 mil, filtro passa-banda 30 e 300 Hz, rejeição de artefatos ajustada de cinco para 10% e análise dos dados pelo FFT com nível de significância de 0,05. Para a audiometria comportamental foi utilizada a audiometria de observação comportamental e audiometria com reforço visual, com fones ou em campo livre com estímulo *Warble* em ambos os casos. Os resultados demonstraram oito orelhas com ausência de resposta no PEATE, mas apresentaram RAEE nas frequências de 1 e 2 kHz, sendo um total de 23 RAEE com limiares variando de 40 a 110 dBNPS, e ao comparar o PEATE com a RAEE na frequência de 2 kHz (maior pico de energia do estímulo clique) foi observada correlação linear. A audiometria comportamental foi obtida confiavelmente em sete indivíduos, sendo a diferença média encontrada entre a audiometria comportamental e a RAEE de 0,9 dB ($p=0,691$) e a correlação entre frequências específicas e valor de probabilidade foram de 0,92 ($p=0,029$); 0,93 ($p=0,001$); 0,91 ($p=0,001$) e 0,93 ($p=0,001$) para as frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz.

LUTS; WOUTER²⁸, **2004**, verificaram a influência do aumento no tempo de teste da RAEE com apresentação múltipla e dicótica para estimar os limiares auditivos, em 10 indivíduos com audição normal e idade variando de 22 a 32 anos, e 10 indivíduos com perda auditiva e idade variando de 45 a 75 anos, sendo que seis orelhas apresentavam perda auditiva plana (diferença entre frequências graves e agudas < 20 dB); oito orelhas apresentavam perda auditiva com um declínio médio (diferença entre frequências graves e agudas de 25 a 45 dB); e seis orelhas apresentavam perda auditiva com um declínio

acentuado (diferença entre frequências graves e agudas de 50 dB ou mais). Os parâmetros utilizados para a RAEE foram: estímulos apresentados por fones de inserção 3A nas frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz moduladas 100% em amplitude e 20% em frequência, com modulação de 82.031, 89.844, 97.656 e 106.445 Hz para a orelha esquerda e 85.937, 93.750, 101.562 e 110.352 Hz para a orelha direita; intensidade inicial de 55 dBNPS para os indivíduos com audição normal e 70 dBNPS para os indivíduos com perda auditiva, sendo o limiar determinado utilizando passos de 10 dB para baixo e cinco dB para cima; eletrodos posicionados em Cz, Oz e o eletrodo terra em Pz; ganho de 50 mil, filtro passa-banda de 30 a 300 Hz (6 dB/oitava), conversor analógico-digital com velocidade de 1 kHz; limite de rejeição de artefatos 15 a 20 μ V e 16, 32 e 48 varreduras. O limiar comportamental foi determinado nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz sendo determinado em passos de 10 dB para baixo e cinco dB para cima. A diferença média ($\pm$ desvio padrão) entre os limiares comportamentais e da RAEE nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz para os indivíduos com audição normal foram 15 ($\pm$ 9), 10 ($\pm$ 11), 12 ($\pm$ 7), 18 ($\pm$ 9) e 13 ($\pm$ 10) para 16 varreduras; 13 ($\pm$ 8), 7 ($\pm$ 7), 9 ($\pm$ 7), 15 ($\pm$ 8) e 11 ($\pm$ 8) para 32 varreduras; e 12 ($\pm$ 7), 7 ($\pm$ 7), 9 ($\pm$ 7), 13 ($\pm$ 7) e 10 ($\pm$ 7) para 48 varreduras, e para os indivíduos com perda auditiva foram 23 ($\pm$ 12), 15 ($\pm$ 10), 12 ($\pm$ 10), 14 ($\pm$ 8) e 17 ($\pm$ 11) para 16 varreduras; 20 ($\pm$ 12), 13 ($\pm$ 7), 11 ($\pm$ 11), 13 ($\pm$ 7) e 14 ($\pm$ 10) para 32 varreduras; e 15 ($\pm$ 9), 11 ($\pm$ 8), 9 ($\pm$ 9), 13 ($\pm$ 8) e 12 ($\pm$ 9) para 48 varreduras. O tempo médio para medir os limiares por meio da RAEE foi de 55 minutos nos indivíduos com audição normal e 75 minutos nos indivíduos com perda auditiva. Considerando o ruído médio da RAEE, no início do teste, foi de 6,3 e no final de 7,8; a amplitude de 55,4 (início) e 51,5 (fim); e relação sinal/ruído 18,5 (início) e 16,3 (fim), mostrando aumento do ruído de 24% e diminuição da amplitude de 7%. Os autores concluíram que os registros, com aproximadamente uma hora de duração, apresentaram correlação de 0,95 e erro padrão de oito dB para os limiares da RAEE e comportamentais.

SWANEPOEL; HUGO⁶⁰, 2004, apresentaram os achados preliminares de uma investigação do uso da RAEE comparada com o PEATE e a audiometria comportamental em candidatos ao implante coclear. Foram avaliados 15 indivíduos (oito mulheres) com idade entre 10 e 60 meses e perda

auditiva de grau severo até profundo. Todos passaram por uma bateria de testes incluindo otoscopia, timpanometria e audiometria comportamental antes da realização do PEATE e RAEE. Os parâmetros utilizados para a avaliação foram: estímulo *Warble* apresentados em campo livre nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz com passos de 10 dB para baixo e cinco dB para cima para determinar o limiar na audiometria comportamental; estímulos clique apresentados por fones de inserção 3A com passos de 10 dB para baixo e cinco dB para cima para determinar o limiar, eletrodos posicionados em Fpz, M1 e M2, ganho de 150 mil, filtro analógico de 0,1 a 3 kHz, 2000 promediações e janela de 16 ms para o PEATE; e para a RAEE foram utilizados estímulos apresentados por fones de inserção 3A nas frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz modulados 100% em amplitude e 20% em frequência entre 0,074 e 0,95 kHz apresentados em passos de 10 dB para baixo e cinco dB para cima para determinar o limiar, utilizando a mesma montagem de eletrodos do PEATE, com a atividade do EEG amplificada e filtrada, com a utilização do filtro passa-banda de 0,020 a 10 kHz. Os resultados mostraram que não houve diferença estatística entre as orelhas, e os limiares da RAEE foram obtidos em 74% do total de todas as frequências avaliadas, com maior ocorrência para a frequência de 2 kHz, seguida da frequência de 1, 4 e 0,5 kHz. Os limiares da RAEE foram de 110 ± 10 , 112 ± 12 , 110 ± 12 e 109 ± 15 dB, para as frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz, respectivamente. O limiar comportamental, assim como o limiar eletrofisiológico pelo PEATE, foi determinado somente em um indivíduo, o mesmo que apresentou menores limiares na RAEE, compatível com perda auditiva de grau severo. O limiar da RAEE foi de 75 dBHL, o limiar comportamental, de 90 dBHL; e o limiar do PEATE, de 65 dBHL. Os autores concluíram que a ausência do limiar comportamental e do PEATE não anularam a presença de audição residual, a qual pode ser medida pela RAEE.

SWANEPOEL; HUGO; ROODE⁶¹, 2004, investigaram a perda auditiva severa e profunda por meio da RAEE comparada com a audiometria comportamental. Foram avaliados 10 indivíduos (cinco meninas), com idade variando de 10 a 15 anos, sendo que 10 orelhas apresentavam perda auditiva congênita de grau profundo (> 90 dBHL) e 10 orelhas apresentavam perda auditiva congênita de grau severo (71 a 90 dBHL), classificada de acordo com

a média de tom puro entre 0,5, 1 e 2 kHz. O limiar comportamental foi determinado por meio de tom puro em 0,5, 1, 2 e 4 kHz apresentados por fones supra aurais TDH 39 e a RAEE por meio da estimulação simples e dicótica nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz modulados 20% em frequência e 100% em amplitude a 65 Hz, em todos os tons na orelha esquerda e 69 Hz na orelha direita, com o estímulo de teste apresentado por fones de inserção e eletrodos posicionados em Cz (ativo), Oz (referência), e Fpz (terra). Os resultados demonstraram que a média do limiar comportamental variou entre 84 e 93 dBNA comparada com a média do limiar da RAEE entre 91 e 96 dBNA, sendo que a média da diferença foi de seis dB para 0,5 kHz e 4 dB para 1, 2 e 4 kHz com um desvio padrão variando de 8 a 12 dB. Houve melhor estimativa de limiar, em todas as frequências avaliadas, na perda auditiva de grau profundo. A RAEE demonstrou uma maior concentração (73%) de limiares registrados entre 90 e 100 dBHL entre as frequências. O coeficiente de correlação de *Pearson* variou de 0.58 para 0.74 para as frequências avaliadas, sendo observado melhor coeficiente de correlação em 1 kHz e o pior coeficiente de correlação para 0,5 kHz. Não houve diferença estatisticamente significativa entre a RAEE e o limiar comportamental, exceto para 0,5 kHz. Os autores concluíram que, a RAEE pode ser o único procedimento capaz de caracterizar acuradamente a audição residual para perdas auditivas profundas, em indivíduos que são incapazes de apresentar respostas comportamentais confiáveis.

VENEMA⁶⁶, 2004, avaliou a RAEE em 17 indivíduos (três do sexo masculino) com idades variando de dois meses a 75 anos, sendo que 10 apresentavam audição normal e sete apresentavam diferentes graus de perda auditiva. A RAEE foi realizada nas frequências portadores de 0,5, 1, 2 e 4 kHz e nas intensidades de 60, 50, 40 e 30 dBHL, com estimulação dicótica por fones de inserção (ER 3A), coletando 32 varreduras para cada intensidade. Para o registro das respostas os eletrodos foram posicionados Fz-C7, sendo o sinal amplificado, filtrado e transformado para o domínio da frequência pelo FFT, para serem analisados por testes estatísticos. Os resultados mostraram que a amplitude da RAEE foi maior para todos os indivíduos quando estavam dormindo. Dos 10 indivíduos com audição normal, dois apresentaram limiares

da RAEE pelo menos 10 dB melhor do que 30 dBHL e cinco apresentaram limiares da RAEE pelo menos 10 dB melhor do que 40 dBHL para ambas as orelhas em todas as frequências testadas. Em um indivíduo com perda auditiva neurossensorial de grau leve para profunda na orelha esquerda e audição normal da orelha direita, a RAEE mostrou similaridade com a audiometria comportamental, sendo que, na orelha esquerda, as respostas foram obtidas somente em 0,5 kHz na intensidade de 70 dB; e nas demais frequências foram obtidas respostas em nível médio de intensidade, que não foram consideradas por não aparecerem em níveis alto de estimulação; em um caso de perda auditiva neurossensorial de grau severo para profundo nas frequências a partir de 2 kHz, a RAEE mostrou a mesma configuração do audiograma, com ausência de resposta em 2 e 4 kHz para ambas as orelhas em 60 dBHL e presença de resposta em 0,5 kHz na intensidade de 50 dBHL e em 2 kHz nas intensidades de 30 e 40 dBHL para as orelhas direita e esquerda; em um caso de perda auditiva neurossensorial de grau severo para profundo em frequências médias, a configuração do audiograma da RAEE não foi semelhante ao comportamental, pois não foi observada a RAEE em todas as frequências, mesmo em 0,5 kHz em que o indivíduo apresentou limiares mais preservados; em um caso de perda auditiva neurossensorial moderada nas frequências a partir de 2 kHz e configuração do audiograma descendente em rampa (Presbiacusia), a RAEE indicou exatamente a mesma configuração do audiograma, com respostas consistentes em 40, 40 e 50 dBHL e 40, 30 e 60 dBHL nas frequências de 0,5, 1 e 2 kHz nas orelhas direita e esquerda, respectivamente; em um caso de otite média, a RAEE mostrou limiares mais rebaixados (50 e 40 dBHL) nas frequência de 0,5 e 1 kHz na orelha direita, e em 0,5 kHz na orelha esquerda (60 dBHL), com as demais frequências com limiares normais. O autor observou que houve uma tendência para os indivíduos com audição normal a não apresentar a RAEE em 0,5 e 4 kHz na intensidade de 30 dBHL e a RAEE foi efetiva para estimar a configuração do audiograma comportamental.

CALIL⁴, 2005, descreveu os achados da RAEE para lactentes ouvintes e lactentes portadores de perda auditiva. Desta maneira, avaliou 14 indivíduos com idade de dois a 19 meses com e sem indicadores de risco para

perda auditiva e que passaram na TAN, e sete na faixa etária de três meses e dois anos e 11 meses portadores de perda auditiva neurossensorial. Os parâmetros utilizados foram: frequências portadoras de 0,5; 1; 2; e 4 kHz moduladas em amplitude nas frequências de 77, 85, 93 e 101 Hz na orelha esquerda e 79, 87, 95 e 103 Hz na orelha direita; estimulação simples e unilateral; e eletrodos posicionados em Fz (ativo), mastóide (referência) e C7 (terra). Os resultados demonstraram que o tempo para a realização da RAEE variou de 25 a 78 minutos (média de 46,35 minutos); verificaram limiares de 6 a 17,2 dBNA para os ouvintes normais e correlação entre os limiares da RAEE e VRA nos indivíduos com perda auditiva. A autora concluiu que a RAEE predisse a configuração audiométrica, mesmo quando o PEATE esteve ausente.

JOHNSON; BROWN²², 2005, verificaram a acuracidade da RAEE e do PEATE com estímulo *tone burst* para prever os limiares comportamentais em indivíduos com perda auditiva neurossensorial. Participaram do estudo 14 indivíduos com audição normal e com idade de 18 a 40 anos (média de 26 anos), 10 indivíduos com perda auditiva neurossensorial plana e 10 indivíduos com perda auditiva neurossensorial em rampa descendente nas altas frequências, sendo que a faixa etária desses dois últimos grupos variou de 28 a 96 anos (média de 65 anos). Os parâmetros utilizados para o PEATE foram: estímulos *tone burst* nas frequências de 1, 1,5 e 2 kHz, janela *blackman* ou linear, taxa de 27.1 estímulos/segundo, fones de inserção 3A, eletrodos posicionados em Cz (ativo), mastóide ipsilateral (referência) e mastóide contralateral (terra), filtros passa-banda de 30 a 3000 Hz, ganho de 100 mil, apresentação de 2000 estímulos, nível de rejeição de artefatos ajustados para $\pm 25 \mu V$; os parâmetros utilizados para a RAEE foram: estímulos apresentados monoaural por fones de inserção 3A nas frequências portadoras de 1, 1,5 e 2 kHz modulados em amplitude (100%) ou modulados em frequência (25%) e amplitude (100%) nas frequências de modulação de 83.008, 84.961 e 86.914 para as frequências de 1, 1,5 e 2 kHz, respectivamente, posicionamento dos eletrodos semelhante ao registro do PEATE, filtros passa-banda de 30 a 300 Hz, ganho de 50 mil e nível de rejeição de artefatos ajustados para $\pm 25 \mu V$. Os resultados demonstraram que a diferença média entre os limiares da RAEE e

comportamentais foram de 15 a 20 dB para todas as frequências testadas nos indivíduos com audição normal e para a frequência de 1kHz nos indivíduos com perda auditiva com configuração descendente, e de 10 dB para todas as frequências nos casos de perda auditiva com configuração plana e para as frequências de 1,5 e 2 kHz nos indivíduos com perda auditiva com configuração descendente; a diferença para os estímulos modulados em amplitude e frequência tenderam a ser igual ou menor do que aquela relacionada aos estímulos modulados somente em amplitude; os indivíduos com perda auditiva e configuração plana tiveram as menores diferenças entre os limiares da RAEE e comportamental, enquanto que indivíduos com audição normal tiveram as maiores diferenças; a diferença em 1 kHz foi estatisticamente maior do que as demais frequências testadas; não houve diferença entre os protocolos do PEATE e da RAEE para predizer os limiares comportamentais. Os autores concluíram que ambos os protocolos foram bons para predizer os limiares comportamentais.

MAANEN; STAPELLS³⁰, 2005, verificaram a validade da RAEE e do potencial cortical lento para predizer limiares auditivos, assim como o tempo de teste. Participaram do estudo 46 indivíduos (todos do sexo masculino) com idade variando de 45 a 80 anos que foram divididos em dois grupos de 23 indivíduos, sendo um grupo avaliado por meio da RAEE de 40 Hz e potencial cortical, e outro grupo avaliado pela RAEE de 80 Hz e potencial cortical. Cada grupo teve três indivíduos com audição normal e os demais com diferentes graus de perda auditiva neurossensorial coclear. Os parâmetros utilizados para a RAEE foram: estímulos apresentados por fones de inserção 3A nas frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz modulados 100% em amplitude e 20% em frequência, com modulação de 77.148, 84.961, 92.773 e 100.586 Hz para a RAEE de 80 Hz e 36.133, 39.062, 41.992, 44.922 Hz para a RAEE de 40 Hz; intensidade do estímulo variando de zero a 100 dBHL, diminuídos em passos de 20 dB e aumentados em passos de 10 dB para verificar o limiar auditivo; eletrodos posicionados em Cz, Oz e o eletrodo terra em Fpz; ganho de 80 mil, filtro passa-banda de 30 a 250 Hz (12 dB/oitava) para a RAEE de 80 Hz e 5 a 100 Hz (12 dB/oitava) para a RAEE de 40 Hz; varreduras de 16.384 segundos e limite de rejeição de artefatos $\pm 40 \mu V$; os parâmetros utilizados

para o potencial cortical foram: estímulos apresentados por fones de inserção 3A nas frequências de 0,5, 1 e 2 kHz, com 60 ms (rise/fall 10 ms e platô 40 ms), taxa de apresentação de 0,9/segundo e intensidade 0 a 100 dBHL; eletrodos posicionados em Cz, M1 ou M2 e Fpz (terra); ganho de 100 mil, filtro passa-banda de 1 a 15 Hz e janela de 940 ms. Os resultados mostraram que o potencial cortical e a RAEE foram válidos para predizer o grau e a configuração do audiograma comportamental, sendo que o coeficiente de correlação de *Pearson* mostrou forte correlação para a RAEE e o limiar comportamental (0,65 a 0,93) com menor coeficiente para a frequência de 0,5 kHz, ao contrário do potencial cortical que mostrou alta correlação (0,81) para esta frequência. A RAEE de 80 Hz apresentou uma diferença média de 4 a 17 dB do limiar comportamental, com a menor diferença para a frequência de 4 kHz, enquanto que a diferença para a RAEE de 40 Hz foi de zero a 14 dB, mostrando ser estatisticamente melhor para predizer os limiares comportamentais comparados a RAEE de 80 Hz; o potencial cortical apresentou uma diferença média de 20 a 22 dB do limiar comportamental. O tempo de registro foi menor do que 60 minutos para 91% dos indivíduos do grupo da RAEE de 80 Hz (média = 36 minutos), menor do que 45 minutos para todos os indivíduos do grupo da RAEE de 40 Hz (média = 21 minutos) e menor do que 30 minutos para todos os indivíduos que realizaram o potencial cortical (média = 15 minutos), sendo que houve diferença estatisticamente significativa entre o tempo realizado para medir o potencial cortical e a RAEE de 80 Hz. Os autores concluíram que o potencial cortical e a RAEE de 40 e 80 Hz foram válidos para predizer o audiograma comportamental em indivíduos adultos com audição normal e com perda auditiva.

PEREZ-ABALO et al.³⁴, 2005, relataram a utilização da RAEE em um programa de saúde auditiva instaurado em Cuba desde novembro de 1983. A utilização da RAEE começou em 1999, por meio do equipamento AUDIX, em que foram atendidos 513 recém-nascidos (três meses de idade) com indicadores de risco para perda auditiva, onde foi realizado em um primeiro momento o PEATE por meio do estímulo clique e a RAEE nas frequências de 0,5 e 2 kHz. Os recém-nascidos que falharam nesta primeira avaliação foram reavaliados depois de um a dois meses, por meio de otoscopia, audiometria

condicionada, imitanciometria, PEATE por clique e RAEE nas frequências de 0,5 a 4 kHz. Os resultados demonstraram que: ambos os métodos foram eficientes para detecção de perdas auditivas; que a maioria dos indivíduos que falharam na primeira avaliação, também falharam na segunda; que uma pequena porcentagem de indivíduos que falharam na avaliação com PEATE, passaram na avaliação com a RAEE; e seis indivíduos falharam na avaliação com RAEE e passaram na avaliação com PEATE, sendo que um deles foi diagnosticado com uma perda auditiva neurosensorial de grau moderado com predomínio nas frequências graves; a RAEE mostrou-se mais efetiva para a detecção de perdas auditivas residuais comparada ao PEATE; o coeficiente de correlação foi maior para RAEE do que para o PEATE ao comparar os limiares fisiológicos com os limiares comportamentais; e dos 17 indivíduos diagnosticados com perda auditiva neurosensorial bilateral, sete mostraram resíduos auditivos nas frequências graves pela RAEE e não apresentaram resposta no PEATE com estímulo clique na máxima intensidade testada (95 dBnHL). Os autores afirmaram que a possibilidade da técnica da RAEE para avaliar restos auditivos que não foram evidenciados pelo PEATE, mostrou informações valiosas para a seleção e ajuste da prótese auditiva.

PICTON et al.⁴⁰, 2005, realizaram a RAEE em indivíduos com audição normal e indivíduos com perda auditiva em diferentes intensidades acima do limiar comportamental e com diferente tempo de duração, para observar se os limiares fisiológicos tinham relação com o limiar comportamental e a possibilidade de menor variabilidade das frequências de 1 e 2 kHz comparada com as frequências de 0,5 e 4 kHz e o tempo de registro longo comparado ao tempo de registro curto. Foram avaliados 10 indivíduos (cinco homens) com limiares auditivos comportamentais ≤ 20 dBHL nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz e idade variando entre 19 e 31 anos (média de 25 anos); dez indivíduos (quatro homens) com perda auditiva neurosensorial de grau moderado ou severo e idades variando de 64 a 86 anos (média de 78 anos); e, 10 indivíduos idosos (dois homens) com audição normal ou uma perda auditiva média nas frequências altas e idade variando de 61 a 77 anos (média de 69 anos). Os parâmetros para o teste foram: estímulos apresentados simultaneamente por fones de inserção 3A nas frequências portadoras de 0,5,

1, 2 e 4 kHz com modulação exponencial nas freqüência entre 78 e 95 Hz e adicionalmente nas freqüências entre 110 e 125 Hz para os indivíduos normais; conversão digital-analógica de 32 kHz; a intensidade inicial foi de 60 dBNPS, diminuída em passos de 10 dB para os indivíduos com audição normal e 80 dBNPS, diminuídas em passos de cinco dB para os indivíduos com perda auditiva; eletrodos posicionados em Fz (ativo) e Oz (referência); filtro passa-banda de 1 a 300 Hz; ganho de 50.000 e velocidade de conversão analógica-digital de 1 kHz, sendo coletadas 1, 3, 6, 12, 24 e 36 varreduras, respectivamente. Com relação à função amplitude – intensidade os resultados mostraram efeito do grupo ($p<0,01$), efeito da intensidade ($p<0,01$), interação entre grupo e intensidade ($p<0,01$) e interação maior em intensidades maiores, sendo que a amplitude da resposta nos jovens foi maior do que a amplitude nos idosos; a amplitude em altas freqüências foi maior do que a amplitude nas baixas freqüências; a amplitude nas freqüências de modulação de 108-125 Hz foi menor comparada 78-95 Hz e a amplitude menor em 0,5 kHz foi mais visível em baixas intensidades. Com relação aos indivíduos com perda auditiva, a amplitude foi menor em intensidades mais baixas, e em altas intensidades a amplitude foi similar aos indivíduos idosos com audição normal. Com relação ao ruído residual do EEG, ele foi menor para o aumento do número de varreduras, indivíduos mais jovens e intensidade fraca do estímulo, freqüências mais altas e para a orelha esquerda. O limiar da RAEE foi menor com o aumento do número de varreduras, a variabilidade intersujeitos também foi menor com o aumento do número de varreduras, o limiar fisiológico mostrou-se mais distante do limiar comportamental na freqüência de 0,5 kHz e mais próximo do limiar comportamental nos indivíduos com perda auditiva, sendo o limiar fisiológico em 90 dB igual ao limiar comportamental e o limiar fisiológico em zero dB maior 30 dB do que o limiar comportamental. Os autores concluíram que a certeza do limiar dependem muito mais da variabilidade do limiar fisiológico estimado do que qualquer diferença média entre o limiar fisiológico e o limiar comportamental.

RANCE et al.⁴⁵, **2005**, realizaram um estudo clínico retrospectivo, a fim de verificar a relação existente entre os limiares auditivos comportamentais e a RAEE em um grupo de 575 lactentes (1091 orelhas) com perda auditiva e

idade variando de 0,5 até três meses quando realizaram a avaliação eletrofisiológica; e seis até 23 meses quando realizaram a avaliação comportamental. A avaliação eletrofisiológica foi realizada por meio do equipamento ERA Systems e GSI AUDERA, sendo o eletrodo ativo posicionado em Fz ou Cz, o eletrodo de referência na mastóide ipsilateral e o terra na mastóide contralateral. Foram utilizados tons de frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz modulados 100% em amplitude e 10% em frequência entre 74 e 95 Hz; cujo registro do EEG foi pré-amplificado e filtrado por um filtro passa-banda de 10 a 500 Hz, para ser analisado pelo FFT por meio da amplitude e fase da resposta. O limiar eletrofisiológico foi estabelecido diminuindo a intensidade em passos de 10 dB e subindo em passos de cinco dB. A avaliação comportamental foi realizada utilizando o teste apropriado para a idade cronológica, sendo apresentado estímulo *Warble* nas frequências de 0,5 a 4 kHz apresentado de forma monoaural via fones auditivos. Os resultados mostraram que 271 dos lactentes avaliados, neste estudo, apresentaram perda auditiva neurossensorial em uma ou ambas as orelhas, e o coeficiente de correlação de *Pearson* mostrou uma forte correlação entre o limiar da RAEE e o limiar comportamental em todas as frequências testadas (0,96 a 0,98), sendo que o limiar da RAEE foi sempre maior do que o comportamental. Dos 575 lactentes avaliados, 19 apresentaram diagnóstico de NA/DA, em que o limiar da RAEE foi obtido somente a altos níveis de sensação e apresentou fraca correlação com o limiar comportamental (coeficiente de correlação de *Pearson* variou de 0,46 a 0,55). O restante dos indivíduos (285) apresentou audição normal por meio da avaliação comportamental (≤ 15 dBHL) e média do limiar da RAEE entre 24,3 a 32,5 dBHL, com diferença significativa entre o limiar da RAEE e o comportamental, sendo que esta diferença foi maior para as frequências de 0,5 e 1 kHz.

SANTIAGO-RODRIGUEZ et al.⁵¹, 2005, utilizaram a RAEE para detectar perda auditiva em lactentes com prejuízo cerebral perinatal durante o primeiro ano de vida, cujos fatores de risco foram, a prematuridade, asfixia perinatal, Meningite e Rubéola. Foram avaliados 53 lactentes, por meio do PEATE e RAEE. O PEATE foi realizado com os eletrodos posicionados em Cz (ativo), M1 e M2, por meio do estímulo clique na polaridade de rarefação, com

2000 promediações de 15 ms de varredura, nas intensidades de 90 a 20 dBHL, sendo que foi considerado, como resultado normal, o aparecimento da onda V até a intensidade de 30 dBHL, alteração leve de 40 a 50 dBHL, moderada de 60 a 70 dBHL e severa quando o limiar eletrofisiológico fosse acima de 80 dBHL. A RAEE foi realizada com os eletrodos em M1/M2 e Fpz, estímulos tonais nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz, modulados em frequência e amplitude em 95, 98, 101 e 105 Hz, respectivamente, apresentados de forma monoaural por meio de fones TDH 49 nas intensidades de 20 a 80 dBHL. Os resultados demonstraram que, no grupo de pacientes avaliados, 37,74% apresentaram perda auditiva detectada pelo PEATE; contra 67,92%, detectada pela RAEE. Os autores relataram que a discrepância entre os resultados obtidos no PEATE e na RAEE para a detecção da perda auditiva, ocorreu quando foram considerados os casos de audição normal e alteração leve; a concordância entre os dois métodos mostrou-se alta nos casos de alterações moderada e severa. Os autores concluíram que a perda auditiva foi freqüente em indivíduos com prejuízos cerebrais perinatais e a RAEE mostrou-se com alta sensibilidade para detectar a perda auditiva.

SCHMULIAN; SWANEPOEL; HUGO⁵³, 2005, avaliaram 25 indivíduos com idade de 12 a 21 anos e perda auditiva neurossensorial, a fim de mostrar a utilidade da RAEE para predizer o grau e a configuração de diferentes graus de perda auditiva, cujo padrão ouro foi a audiometria comportamental e um protocolo abreviado do PEATE. Para a obtenção dos limiares audiométricos comportamentais, foi utilizado tom puro nas frequências de 0,25 a 8 kHz, por meio de um audiômetro clínico GSI 61. O protocolo para a RAEE foi: eletrodos posicionados em Cz, Oz e Fpz, estímulos apresentados por fones supra-aurais TDH 39 nas frequências portadoras de 0,5 a 4 kHz modulados 95% em amplitude e frequência, nas frequências de 70 a 101 Hz para a orelha esquerda e 81 a 105 Hz para a orelha direita, utilizando-se um ganho de 100 mil, filtro analógico entre 30 e 300 Hz, por meio do equipamento *Audix System*. O protocolo para o registro do PEATE foi: eletrodos posicionados em Cz, mastóide ipsilateral e mastóide contralateral, ganho de 100 mil, filtro analógico entre 10 a 3000 Hz e estímulo clique com taxa de apresentação de 21,1 Hz e duração de 0,10 ms, e estímulo *tone burst*, na

freqüência de 0,5 kHz, apresentado a uma velocidade de 21,1 Hz e duração de 6 ms (rise/fall 2 ms e platô 0 ms). Os resultados demonstraram que a diferença média ($\pm$ desvio padrão) dos limiares obtidos pela RAEE e audiometria comportamental foram de 14 ($\pm$ 16) para a freqüência de 0,5 kHz, 18 ($\pm$ 18) para a freqüência de 1 kHz, 15 ($\pm$ 13) para a freqüência de 2 kHz, 14 ($\pm$ 15) para a freqüência de 4 kHz; a diferença média ($\pm$ desvio padrão) dos limiares auditivos da audiometria comportamental e PEATE com estímulo *tone burst* em 0,5 kHz foi de 24 ($\pm$ 17); e a diferença média ($\pm$ desvio padrão) dos limiares obtidos pela RAEE e PEATE com estímulo *tone burst* em 0,5 kHz foi de 9 ($\pm$ 12). Os coeficientes de correlação de *Spearman* e o valor de *p* dos limiares da RAEE e da audiometria comportamental foram de 0,8803 e $< 0,001$ para a freqüência de 0,5 kHz; 0,8425 e $< 0,001$ para a freqüência de 1 kHz, 0,9103 e $< 0,001$ para a freqüência de 2 kHz; 0,8612 e $< 0,001$ para a freqüência de 4 kHz. Os coeficientes de correlação de *Spearman* e o valor de *p* dos limiares do PEATE com estímulo *tone burst* em 0,5 kHz e da audiometria comportamental foram de 0,7695 e $< 0,001$ para a freqüência de 0,5 kHz; 0,6891 e $< 0,001$ para a freqüência de 1 kHz, 0,5231 e 0,0015 para a freqüência de 2 kHz; 0,3414 e 0,558 para a freqüência de 4 kHz. Os coeficientes de correlação de *Spearman* e o valor de *p* dos limiares do PEATE com estímulo clique e da audiometria comportamental foram de 0,5757 e $< 0,001$ para a freqüência de 0,5 kHz; 0,6114 e $< 0,001$ para a freqüência de 1 kHz, 0,7009 e $< 0,001$ para a freqüência de 2 kHz; 0,6550 e $< 0,001$ para a freqüência de 4 kHz. Com relação ao grau e configuração da perda auditiva, os resultados demonstraram que o grau teve um efeito na RAEE independente da extensão da perda auditiva, enquanto que a configuração do audiograma mostrou pouco ou nenhum resultado estatístico na precisão da RAEE para prever a configuração do audiograma. Os autores concluíram que os limiares da RAEE não foram afetados pela configuração da perda auditiva, que foi altamente sensível para variações no grau da perda auditiva e que o nível mínimo de resposta foi próximo ao limiar da audiometria comportamental para todas as freqüências.

TAPIA TOCA; SAVIO LÓPEZ⁶¹, 2005, verificaram se a RAEE modulada de 80-100 Hz possuía os mesmos sítios geradores do PEATE, por

meio dos achados da RAEE em dois indivíduos com NA/DA. Participaram do estudo dois indivíduos: um com 10 anos de idade e o outro com 18 meses. Os procedimentos realizados foram anamnese, avaliação ORL, avaliação neurológica, avaliação genética, ressonância magnética, timpanometria, reflexos estapediano, EOET, audiometria comportamental, PEATE e RAEE. Os parâmetros da RAEE foram: tons contínuos apresentados de forma monoaural e simultaneamente por fones TDH 39 nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz com modulação de 95% nas frequências de 95, 98, 101 e 105 Hz e intensidade entre 40 e 110 dBHL; eletrodos posicionados em Fz e M1 e M2; ganho de 100 mil e filtro passa-banda de 10 a 300 Hz. A avaliação do 1º caso mostrou histórico de hiperbilirrubinemia neonatal e fototerapia, avaliação ORL, neurológica e neuro-imagem normais, avaliação genética negativa para síndromes relacionadas com perda auditiva, timpanometria tipo A, ausência de reflexos, audiometria tonal em 30 dB (0,5 e 1 kHz) e 25 dB (2 e 4 kHz), audiometria verbal em 56% e 60% para as orelhas direita e esquerda, presença de EOET com amplitude em 18 dBNPS, PEATE com latência da onda V em 7,2 ms na intensidade de 80 dB bilateralmente e a RAEE mostrou aumento de limiares compatíveis com perda auditiva severa. A avaliação do 2º caso mostrou histórico de prematuridade acompanhada de baixo peso e hiperbilirrubinemia, avaliação ORL, neurológica e neuroimagem normais, avaliação genética negativa para síndromes relacionadas com perda auditiva, timpanometria tipo A, ausência de reflexos, audiometria tonal em 40 dBNAs frequências de 0,5 a 4 kHz, presença de EOET com amplitude em 14 dBNPS, PEATE com limiar auditivo em 90 dBNA orelha direita e 80 dBNA orelha esquerda e a RAEE compatível com o PEATE mostrando perda auditiva de grau severo e incompatível com a avaliação comportamental. Os autores concluíram que, tanto a RAEE quanto o PEATE, em conjunto com as EOET e o MC, foram procedimentos imprescindíveis para o diagnóstico da NA.

TONINI; BALLAY; MANOLIDIS⁶³, 2005, reportaram o caso de dois indivíduos com perda auditiva neurosensorial bilateral, de grau severo para profundo, que foram avaliados por meio de timpanometria, da audiometria com

reforço visual (VRA) e da RAEE. O primeiro caso foi de uma menina de dois anos de idade, em que o VRA realizado por fones de inserção mostrou perda auditiva profunda na orelha direita, e, perda auditiva de severa para profunda na orelha esquerda com a timpanometria mostrando curva tipo B na orelha direita e tipo A na orelha esquerda. Neste caso, a RAEE mostrou-se ausente na orelha direita e presente na orelha esquerda, compatível com o VRA. Em uma nova avaliação após seis meses, quando já pôde ser observado timpanometria com curva tipo A, a RAEE esteve presente em ambas as orelhas nas frequências de 0,5 a 4 kHz. O segundo caso foi de um menino de dois anos de idade, em que a timpanometria mostrou curva tipo C na orelha direita e, uma tipo B na orelha esquerda e que apresentou ausência de RAEE na orelha direita e presença de resposta nas frequências de 2 e 4 kHz na orelha esquerda. Após 10 meses, foi observada curva tipo A na timpanometria bilateralmente e presença de RAEE em 0,5 e 2 kHz na orelha direita e em 90 dB nas frequências de 0,25 e 2 kHz. Os autores concluíram que a avaliação por meio da RAEE pode ser efetiva para predizer limiares em orelhas com funcionalidade normal de orelha média.

VANDER WERFF; BROWN⁶⁵, 2005, examinaram a correlação existente entre o limiar da RAEE e o limiar comportamental em adultos com perda auditiva, assim como verificaram se a função de crescimento da amplitude da RAEE em intensidades supraliminares poderiam auxiliar na estimativa do limiar. Participaram do estudo, 30 adultos com idade variando de 21 a 79 anos (média de 50 anos), divididos em três grupos de acordo com os limiares auditivos: 1) 10 indivíduos com audição normal; 2) 10 indivíduos com perda auditiva neurosensorial de grau moderado até severo e configuração plana; e 3) 10 indivíduos com perda auditiva neurosensorial, nas altas frequências com configuração em rampa descendente, com uma diferença de até 25 dB/oitava entre as frequências de 1 e 2 kHz. A RAEE foi medida por meio do MASTER (versão 1c), com 12 bit de resolução analógico-digital (AD) e razão de conversão de 1000 Hz, sendo avaliadas as frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz moduladas 100% em amplitude nas frequências de 78 a 92 Hz, apresentadas por fones de inserção 3A e calibrados em dBHL. As quatro

freqüências foram apresentadas simultaneamente (com exceção das altas intensidades testadas nos indivíduos com configuração da curva audiométrica em rampa) e o máximo de intensidade testado foi de 70 dBHL para os indivíduos com audição normal e 100 dBHL para os indivíduos com perda auditiva. Para a coleta do registro, os eletrodos foram posicionados em Fz (ativo), mastóide ipsilateral (referência) e mastóide contralateral (terra) e foram utilizados filtros passa-banda de 30 a 300 Hz, ganho de 50 mil e nível de rejeição de $\pm 20 \mu\text{V}$. Os limiares comportamentais foram obtidos antes dos limiares fisiológicos, por meio de um audiômetro GSI16 e fones de inserção. Os resultados mostraram que a diferença média dos limiares da RAEE e dos limiares comportamentais variou significativamente entre os indivíduos do grupo ($p < 0,001$) e pelas freqüências testadas ($p < 0,001$), mas não houve uma interação estatisticamente significativa entre estes fatores ($p < 0,578$); a média da diferença dos limiares para o grupo com audição normal foi significativamente maior do que o grupo com perda auditiva ($p < 0,001$), mas não houve diferença entre a configuração de curva plana e rampa descendente ($p < 0,386$); foi verificada uma diferença grande entre os limiares da RAEE e comportamental para a freqüência de 0,5 Hz mais do que para as outras freqüências portadoras; outro dado importante foi que embora os indivíduos com configuração de perda auditiva em rampa apresentassem limiares auditivos para as freqüências de 0,5 e 1 kHz significativamente pior do que os indivíduos com audição normal ($p < 0,001$), a média dos limiares da RAEE para estas freqüências não foi estatisticamente diferente entre os grupos; o coeficiente de correlação entre os limiares da RAEE e comportamentais foi de 0,87; 0,93; 0,97 e 0,97 para as freqüências de 0,5; 1; 2 e 4 kHz, respectivamente; o crescimento da amplitude em intensidades supraliminares foi variável entre os indivíduos, porém a função média de crescimento foi mais acentuada nos indivíduos com perda auditiva comparada aos indivíduos com audição normal, nas freqüências de 2 a 4 kHz, mas não houve diferença estatisticamente significativa entre os indivíduos com configuração da curva audiométrica plana e em rampa. Os autores concluíram que os limiares da RAEE predisseram os limiares comportamentais, tanto na configuração da curva audiométrica plana quanto em rampa descendente e que a estimativa do

limiar auditivo da RAEE baseada na exploração supraliminar não é efetiva por causa das pequenas amplitudes e a variabilidade entre os indivíduos.

ATTIAS et al.³, 2006, avaliaram quatro grupos de indivíduos por meio da avaliação comportamental e RAEE. O grupo um foi composto por 29 indivíduos com idade de quatro a 60 anos (média de 35,6 anos) e diferentes graus de perda auditiva neurossensorial, cuja média ($\pm$ desvio padrão) dos limiares para as frequências de 0,5; 1; 2 e 4 kHz foi de 42,7 ($\pm$ 20,8); 45,7 ($\pm$ 19); 48,3 ($\pm$ 19,5); e, 58,2 ($\pm$ 19,5) dB; o grupo dois foi composto por 18 indivíduos com idade de um a 61 anos (média de 14,7 anos) e candidatos ao implante coclear (IC), sendo que a maioria não apresentou resposta comportamental em altas intensidades, cuja média ($\pm$ desvio padrão) dos limiares para as frequências de 0,5; 1; 2 e 4 kHz foi de 85 ($\pm$ 15); 87,5 ($\pm$ 11,2); 89 ($\pm$ 19,2); e, 96,1 ($\pm$ 17) dB; o grupo três foi composto por 11 indivíduos com idade de um a sete anos (média de 2,7 anos) com diagnóstico de NA/DA bilateral (confirmada pela presença de EOET e/ou MC e ausência ou alteração marcante no PEATE), cuja média ($\pm$ desvio padrão) dos limiares para as frequências de 0,5; 1; 2 e 4 kHz foi de 64 ($\pm$ 17,4); 74 ($\pm$ 14); 78 ($\pm$ 14,7); e, 80 ($\pm$ 17) dB; o grupo quatro foi composto por 18 indivíduos com idade de sete a 55 anos e audição normal, limiares melhores do que 25 dBNA. A avaliação comportamental foi realizada por meio da audiometria tonal liminar (ATL) para os indivíduos adultos e audiometria com reforço visual (VRA) ou audiometria condicionada para os indivíduos com NA/DA e candidatos ao IC, cujos parâmetros foram: estímulo *Warble* nas frequências de 0,5 a 4 kHz, gerados por fones supra-aurais ou em campo livre; a avaliação fisiológica foi realizada por meio da RAEE pelo equipamento MASTER, cujos parâmetros foram: frequências portadoras de 0,5; 1; 2 e 4 kHz moduladas 100% em amplitude e 25% em frequência; eletrodos posicionados em Cz, (ativo), parte posterior do pescoço (referência) e mastóide direita (terra); filtro passa-banda de 30 a 300 Hz; estímulos apresentados por fones de inserção a 20 dB acima do limiar comportamental, sendo diminuído em passos de 10 dB até não aparecer mais resposta, e nos casos em que não foi observada a presença do limiar eletrofisiológico até a intensidade de 80 dBHL, a frequência específica foi testada isoladamente até a intensidade máxima de 132 dBNPS. Nos indivíduos

com audição normal, o limiar da RAEE foi maior do que o limiar comportamental em todas as frequências; os indivíduos com perda auditiva neurossensorial tiveram limiares semelhantes para ambos os procedimentos e não mostraram diferença estatisticamente significativa; os indivíduos com NA/DA tiveram limiares da RAEE piores do que os limiares comportamentais com diferença estatisticamente significativa; e, o grupo candidato a IC tiveram limiares da RAEE significativamente melhor do que os limiares comportamentais. Outro dado importante foi que todos os indivíduos com audição normal não mostraram ausência de resposta nas frequências testadas nos dois procedimentos utilizados (ATL e RAEE); os indivíduos com perda auditiva neurossensorial (coclear) tiveram em sete orelhas ausência de limiar comportamental; e, os outros dois grupos mostraram uma alta proporção de ausência de resposta, principalmente na audiometria comportamental. Também houve correlação forte entre os limiares comportamentais e eletrofisiológicos, com exceção do grupo com NA/DA e na frequência de 4 kHz do grupo candidato a implante coclear. Os autores concluíram que a habilidade do MASTER para detectar limiares auditivos na faixa de frequência de 0,5 a 4kHz foi muito próxima à ATL ou audiometria condicionada.

CANALE et al.⁵, 2006, compararam os limiares obtidos por audiometria de tom puro e pela RAEE em indivíduos normais e com os de perda auditiva, a fim de avaliar a aplicabilidade desta técnica objetiva para indivíduos com perda auditiva que não colaboram. O estudo foi realizado com 11 indivíduos com idade de 36 a 51 anos (média de 47 anos), sendo que seis apresentaram audição normal e cinco, perda auditiva de grau moderado e severo, em que 13 orelhas apresentaram limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade, 3 orelhas apresentaram perda auditiva severa (limiares maior do que 70 dBHL), 3 orelhas com perda auditiva moderada (limiares entre 40 e 70 dBHL) e 3 indivíduos com perda auditiva leve (limiares entre 25 e 40 dBHL). Os parâmetros para a RAEE foram: eletrodos posicionados em Cz (ativo), Oz (referência) e Fpz (terra), tons contínuos modulados em amplitude apresentados em cada orelha separadamente por fones TDH 49 em intensidades entre 40 a 110 dBHL, onde cada estímulo consistiu em uma combinação de 4 frequências portadoras (0,5, 1, 2 e 4 kHz) com frequência de

modulação entre 77 a 105 Hz. Os resultados demonstraram que a diferença média ($\pm$ desvio padrão) entre os limiares da audiometria de tom puro e os limiares da RAEE foi de 32 dB ($\pm$ 13,8) para os indivíduos com audição normal, 30 dB ($\pm$ 12,5) para os indivíduos com perda auditiva leve, 11,7 dB ($\pm$ 2,9) para os indivíduos com perda auditiva moderada e ausência de RAEE para os indivíduos com perda auditiva severa. Considerando todas as frequências e todos os graus de perda auditiva, o coeficiente de correlação de *Pearson* foi de 0,71 ($p=0,001$). Os autores concluíram que a RAEE foi um acurado preditor do audiograma comportamental em indivíduos com perda auditiva neurossensorial.

HAND et al.¹³, 2006, investigaram o uso da RAEE para estimar limiares auditivos em lactentes e pré-escolares. Foram avaliados 40 indivíduos, com idade variando de seis meses a cinco anos, apresentando vários graus de perda auditiva neurossensorial coclear, pela RAEE e avaliação comportamental compatível com a idade cronológica. Os parâmetros utilizados para a RAEE foram: estímulos *tone pips* apresentados em ambas as orelhas de forma múltipla e simultânea por fones de inserção, nas frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz modulados em amplitude nas frequências de 77 a 103 Hz. Os resultados mostraram que os limiares da RAEE foram maiores do que os limiares comportamentais para todas as frequências testadas, com uma diferença média de 8 a 15 dB, sendo observada forte correlação entre ambos ($p=0,000$); em uma criança com NA/DA foi observada grande diferença entre a RAEE e o limiar comportamental. Os autores concluíram que a RAEE com apresentação múltipla e simultânea provou ser uma boa ferramenta para prever limiares auditivos comportamentais.

4 - OBJETIVO

4) OBJETIVO

Verificar a aplicabilidade da Resposta Auditiva de Estado Estável (RAEE) para determinar os limiares auditivos nos diferentes graus de perda auditiva neurosensorial.

5 - MATERIAL E MÉTODO

5) MATERIAL E MÉTODO

O estudo foi desenvolvido na Clínica de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB), juntamente com o Centro de Pesquisas Audiológicas do Hospital de Reabilitação de Anomalias craniofaciais (CPA-HRAC), ambos da Universidade de São Paulo (USP), sendo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da FOB-USP (Processo nº 100/2005).

5.1) Seleção da casuística

A seleção da casuística foi determinada após análise de prontuários de indivíduos com perda auditiva, que são atendidos na Clínica de Fonoaudiologia da FOB-USP e no CPA-HRAC. Todos os indivíduos apresentaram diagnóstico de perda auditiva neurosensorial, definido pela equipe de médicos otorrinolaringologistas e fonoaudiólogos de ambas as instituições. A Tabela 1 apresenta a classificação do nível de audição de acordo com a Organização Mundial de Saúde⁵ (OMS⁶⁸, 1997), que utiliza a média das frequências de 0,5; 1; 2 e 4 kHz.

TABELA 1: Classificação do nível de audição segundo a OMS⁶⁸, 1997.

Nível de Audição	Média das frequências 0,5; 1; 2; 4 kHz
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

Foram avaliados 64 indivíduos, sendo que 48 apresentaram diagnóstico de perda auditiva neurosensorial (coclear), e, 17 indivíduos com diagnóstico de perda auditiva neurosensorial (NA/DA). A RAEE foi realizada em apenas uma orelha em dois indivíduos, em virtude da interrupção do teste, porque a criança acordou, e não foi possível agendar retorno.

⁵ World Health Organization (WHO).

A Tabela 2 apresenta a distribuição dos indivíduos, com perda auditiva neurossensorial (coclear), de acordo com o nível de audição, definido pela média das frequências de 0,5 a 4 KHz (OMS⁶⁸, 1997).

TABELA 2: Distribuição dos indivíduos com perda auditiva neurossensorial (coclear) de acordo com o nível de audição, definido pela média das frequências de 0,5 a 4 kHz (OMS⁶⁸, 1997).

Nível de Audição	OD (n)	OE (n)
Audição Normal (limiares entre 0 e 25 dB)	4	2
Perda Auditiva Leve ((limiares entre 26 e 40 dB)	7	7
Perda Auditiva Moderada (limiares entre 41 e 60 dB)	11	8
Perda Auditiva Severa (limiares entre 61 e 80 dB)	8	10
Perda Auditiva Profunda (limiares maiores que 81 dB)	18	19
Total	48	46

5.2) Processo de Avaliação

Todos os indivíduos foram atendidos por um otorrinolaringologista e foi realizada a timpanometria para assegurar funcionalidade de orelha média, no momento do teste, sendo aceito somente o tipo de curva A, segundo JEGER; JERGER; MAULDIN¹⁸, 1972.

Foram utilizados dois protocolos de procedimentos para o diagnóstico da perda auditiva:

- protocolo 1 (Indivíduos com perda auditiva neurossensorial retrococlear): métodos eletroacústicos (emissões otoacústicas evocadas transientes e produto de distorção e pesquisa dos reflexos acústicos ipsilateral e contralateral), métodos eletrofisiológicos (PEATE) e comportamentais (localização sonora dos sons do *Ling* e VRA em campo livre), realizados no mesmo dia da RAEE ou no dia anterior pela equipe de fonoaudiólogos do CPA-HRAC. É importante ressaltar que nesse grupo a intensidade máxima testada foi de 100 dB, a fim de prevenir lesões de células ciliadas.

- protocolo 2 (Indivíduos com perda auditiva neurossensorial coclear): audiometria tonal liminar e imitanciometria. A audiometria tonal liminar foi realizada em cabina acústica por meio do equipamento midimate 622

(siemens), utilizando-se fones supra-aurais do tipo TDH 39, sendo avaliadas as frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz por via aérea e óssea nas orelhas direita e esquerda, a fim de confirmar os limiares audiológicos e a configuração do audiograma no dia do teste. As intensidades máximas testadas foram de 60 dBNA por via óssea; e 115, 120, 115 e 115 dBNA por via aérea para as frequências de 0,5; 1; 2 e 4 kHz, respectivamente.

5.2.1) Resposta auditiva de estado estável (RAEE)

A REAEE foi realizada, no mesmo dia da avaliação audiológica convencional, por meio do sistema MASTER (*Multiple Auditory Steady-State Response*), versão 2.04.i00 e marca *Bio-logic Systems Corp.*

Estímulo

Foram utilizados dois parâmetros de apresentação do estímulo, em virtude dos diferentes graus de perda auditiva e a forma de apresentação sonora disponível no equipamento.

Primeiro parâmetro (perda auditiva leve e moderada)

Foram avaliadas as frequências portadoras de 0,5; 1; 2 e 4 kHz, simultaneamente e em ambas as orelhas, sendo apresentados oito estímulos (quatro em cada orelha) modulados 100% em amplitude e 20% em frequência, nas frequências de modulação de 84,375; 89,062; 93,750; e, 98,437 Hz para a orelha direita; e 82,031; 86,719; 91,406; e, 96, 094 Hz para a orelha esquerda. Os estímulos foram apresentados ao indivíduo por meio de fones de inserção 3A, começando na intensidade de 80 dBHL nos indivíduos com perda auditiva moderada; e 50 dBHL na perda auditiva leve, diminuindo em passos de 10 dB até que não fosse mais observada resposta e subindo em passos de cinco dB para determinar o limiar eletrofisiológico.

Segundo parâmetro (perda auditiva severa e profunda)

Foram avaliadas as frequências portadoras de 0,5; 1; 2 e 4 kHz, com estimulação simples e dicótica, pois nas intensidades superiores a 80 dBHL, o equipamento não permitiu a estimulação múltipla na mesma orelha. Desta forma, a pesquisa do limiar da RAEE foi realizada inicialmente na frequência de 0,5 kHz, seguida de 4 kHz, 1 kHz e 2 kHz respectivamente. As frequências portadoras foram moduladas 100% em amplitude e 20% em frequência na frequência de modulação de 69, 141 Hz para a orelha direita e 66,797 Hz para a orelha esquerda, em todas as frequências avaliadas. Os estímulos foram apresentados ao indivíduo por meio de fones de inserção 3A, começando na intensidade de 100 dBHL, para os indivíduos, com perda auditiva severa e intensidade máxima permitida pelo equipamento nos indivíduos com perda auditiva profunda, que foram 117 dBHL para a frequência de 0,5 kHz, 121 dBHL para a frequência de 1 kHz, 119 dBHL para a frequência de 2 kHz e 118 dBHL para a frequência de 4 kHz. O limiar foi determinado diminuindo a intensidade em passos de 10 dB até que não fosse mais observada resposta e subindo em passos de cinco dB.

Registro da RAEE

Para o registro da RAEE, o indivíduo permaneceu deitado confortavelmente em uma maca, em sono natural ou relaxado, localizada dentro de uma cabina com isolamento acústico e elétrico, em uma sala tratada acusticamente. Foram utilizados eletrodos descartáveis, com gel, posicionados em Fz (eletrodo ativo), Oz (referência) e Fzp (terra), sendo que a impedância dos mesmos foi mantida abaixo de 5 Kohm e o equilíbrio da impedância intereletrodos menor ou igual a 2 Kohm. O registro do eletroencefalograma foi coletado utilizando um ganho de 50 mil, filtro passa-banda (passa-alto: 1 Hz, passa-baixo: 300 Hz, 6 dB/oitava) e velocidade de conversão analógica-digital (AD) de 1 kHz.

Cada varredura consistiu em 16 períodos contendo 1024 pontos cada, que foram constantemente analisados e rejeitados quando o valor excedeu $\pm 40 \mu V$. O número de varreduras foi determinado baseado no

aparecimento da resposta ou na intensidade testada. Na intensidade igual ou superior a 90 dBHL foram realizadas todas as varreduras que se modificaram de 10 a 12. Na intensidade igual ou inferior a 80 dBHL, onde o número de varreduras que se modificou de 18 a 45, a intensidade foi diminuída em 10 dB quando a resposta se mostrou estatisticamente significativa, e não mudou após 12 varreduras consecutiva (Herdman; Stapells¹⁵, 2001).

Análise da RAEE

Cada varredura foi analisada, automaticamente, utilizando o espectro de freqüências resultantes do FFT, que consistiu na verificação da amplitude da RAEE em uma freqüência de modulação específica comparada às freqüências adjacentes (60 bins de freqüências para baixo e 60 bins de freqüências para cima da resposta), e analisada pelo teste F com intervalo de confiança de 95% (Lins; Picton²⁴, 1995).

Após a análise de cada varredura, as respostas de cada freqüência portadora foram apresentadas na tela do computador por meio de um círculo vermelho quando $p > 0,1$ (indicando ausência de resposta), um círculo amarelo quando $0,1 < p < 0,05$ (indicando dúvida quanto à presença de resposta) e um círculo verde quando $p < 0,05$ (indicando presença de resposta).

As respostas estatisticamente significantes foram analisadas de acordo com o seguinte critério:

- limiar presente, antecedido por duas ou mais ausências é considerado ausente, ou seja, falso positivo;
- limiar presente, antecedido por uma ausência ou limiar duvidoso é considerado presente, ou seja, é o limiar real;
- limiar duvidoso, antecedido de uma presença, é considerado presente;
- dois limiares duvidosos consecutivos, antecidos de limiar presente, são considerados presentes.

Tais limiares foram utilizados para montar o audiograma nas freqüências de 0,5 a 4 kHz.

5.3) Análise dos Dados

A análise descritiva dos indivíduos com perda auditiva neurossensorial (coclear) foi realizada por meio dos perfis individuais dos limiares de ATL e RAEE (Anexo 2), gráficos de dispersão para observar a associação entre os exames e estudo da concordância entre o grau da perda auditiva. A análise inferencial foi realizada por meio do coeficiente de concordância Kappa para o grau da perda auditiva e análise de associação entre a ATL e RAEE considerando dois modelos de regressão linear simples, em virtude da quantidade de limiares ausentes observados nos indivíduos com perda auditiva de grau profundo em ambos os procedimentos. No primeiro modelo, foram considerados todos os indivíduos avaliados, incluindo aqueles que tiveram ausência de limiar na avaliação comportamental (ATL), ou na avaliação eletrofisiológica (RAEE) ou em ambos os procedimentos (ATL + RAEE), sendo denominado de regressão com dados censurados. No segundo modelo, foram considerados somente os indivíduos que tiveram presença limiar auditivo em ambos os procedimentos (ATL + RAEE), sendo denominado de regressão sem dados censurados.

Para os indivíduos com perda auditiva neurossensorial (NA/DA) foi realizada uma análise qualitativa dos dados, por causa da quantidade de respostas ausentes na RAEE que impossibilitou a aplicação de testes estatísticos.

6 - RESULTADOS

6) Resultados

Foram avaliados 65 indivíduos, sendo 48 com diagnóstico de perda auditiva neurosensorial (coclear) e 17 com perda auditiva neurosensorial (NA/DA). A Tabela 3 mostra a distribuição da casuística de acordo com o sexo e a idade.

TABELA 3: Distribuição da casuística de acordo com a idade (média $\pm$ DP, valor mínimo e valor máximo) e o sexo dos indivíduos com diagnóstico de perda auditiva neurosensorial (coclear) e dos indivíduos com perda auditiva neurosensorial (NA/DA).

Perda auditiva	Gênero		Idade (Anos)		
	Masculino	Feminino	Média ($\pm$ DP)	Mínimo	Máximo
neurosensorial (coclear)	25	23	15,9 ($\pm$ 6,5)	8	30
Neurosensorial (NA/DA)	15	2	1,96 ($\pm$ 1,10)	0,6	5

Legenda: NA/DA - Neuropatia Auditiva/Dessincronia Auditiva

Perda Auditiva Neurosensorial (coclear)

As Figuras 4 e 5 apresentam o gráfico de dispersão para os limiares obtidos na ATL e RAEE nas frequências de 0,5 a 4 kHz, assim como o coeficiente de correlação R^2 e p referentes à associação entre ambos os procedimentos. É possível observar que houve associação estatisticamente significativa ($p < 0,01$) entre os limiares auditivos da ATL e da RAEE para todas as frequências avaliadas, considerando as orelhas direita e esquerda.

FIGURA 4: Gráficos de dispersão dos limiares auditivos da ATL x limiares da RAEE para as frequências de 0,5 e 1 kHz das orelhas direita e esquerda, considerando todos os indivíduos com perda auditiva neurossensorial (coclear).

FIGURA 5: Gráficos de dispersão dos limiares auditivos da ATL x limiares da RAEE para as frequências de 2 e 4 kHz das orelhas direita e esquerda, considerando todos os indivíduos com perda auditiva neurossensorial (coclear).

As Tabelas 4 e 5 apresentam a classificação do nível de audição para a ATL e RAEE, determinada pela média dos limiares das frequências de 0,5; 1; 2 e 4 kHz, de acordo com a OMS⁶⁸, 1997. A Tabela 6 mostra o coeficiente Kappa para a concordância observada em ambos os procedimentos.

TABELA 4: Distribuição da casuística de acordo com a classificação do nível de audição encontrado para a orelha direita, definida pela média dos limiares das frequências de 0,5 a 4 kHz (OMS⁶⁸, 1997) da Audiometria Tonal Liminar e Resposta Auditiva de Estado Estável.

Classificação do Nível de Audição – Orelha Direita												
RAEE												
ATL	Normal ⁶		Leve		Moderada		Severa		Profunda		Total	
	n	%	N	%	n	%	n	%	N	%	n	%
Normal	1	2	2	2	1	4	-	-	-	-	4	8
Leve	-	-	1	2	5	10	1	2	-	-	7	15
Moderada	-	-	-	-	2	4	5	10	4	8	11	23
Severa	-	-	-	-	-	-	2	4	6	13	8	17
Profunda	-	-	-	-	-	-	-	-	18	38	18	38
Total	1	2	3	6	8	17	8	17	28	58	48	100

Legenda: RAEE – Resposta Auditiva de Estado Estável; ATL – Audiometria Tonal Liminar.

TABELA 5: Distribuição da casuística de acordo com a classificação do nível de audição encontrado para a orelha esquerda, definida pela média dos limiares das frequências de 0,5 a 4 kHz (OMS⁶⁸, 1997) da Audiometria Tonal Liminar e Resposta Auditiva de Estado Estável.

Classificação do Nível de Audição – Orelha Esquerda												
RAEE												
ATL	Normal ⁷		Leve		Moderada		Severa		Profunda		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Normal	1	2	-	-	-	-	1	2	-	-	2	4
Leve	-	-	1	2	5	11	1	2	-	-	7	15
Moderada	-	-	1	2	3	7	4	9	-	-	8	17
Severa	-	-	-	-	-	-	4	9	6	13	10	22
Profunda	-	-	-	-	-	-	-	-	19	41	19	41
Total	1	2	2	4	8	17	10	22	25	54	46	100

Legenda; RAEE – Resposta Auditiva de Estado Estável; ATL – Audiometria Tonal Liminar.

⁶ Indivíduo com configuração da curva audiométrica descendente na orelha direita

⁷ Indivíduo com configuração da curva audiométrica descendente na orelha esquerda

TABELA 6: Valores do coeficiente Kappa para a concordância entre o grau da perda auditiva para a Audiometria Tonal Liminar e Resposta Auditiva de Estado Estável em ambas as orelhas.

Orelha	Concordância observada (%)	Kappa	Intervalo de confiança (95%)	
			Limite inferior	Limite superior
OD*	50	0,74	0,58	0,84
OE**	61	0,77	0,58	0,87

Legenda: OD-orelha Direita; OE-orelha esquerda.

Perda Auditiva Neurossensorial (NA/DA)

Do total de 64 indivíduos com diagnóstico de perda auditiva, 17 apresentaram perda auditiva neurossensorial (NA/DA).

Neste grupo, foi realizada somente a análise qualitativa dos resultados encontrados, pois o achado mais comum foi a ausência de resposta da RAEE, o que impossibilitou a aplicação de testes estatísticos.

A Tabela 7 apresenta a distribuição da casuística quanto à presença e ausência da RAEE nos 17 indivíduos avaliados neste grupo.

TABELA 7: Distribuição da casuística quanto à presença e ausência da Resposta Auditiva de Estado Estável, nos 17 indivíduos com perda auditiva neurossensorial (NA/DA), considerando as duas orelhas avaliadas.

Resposta Auditiva de Estado Estável (RAEE)								
Frequência (kHz)								
	0,5		1		2		4	
	n	%	n	%	n	%	N	%
Ausente	24	71	29	85	29	85	31	91
Presente	10	29	5	15	5	15	3	9
Total	34	100	34	100	34	100	34	100

De acordo com a Tabela acima, pode-se observar que a maioria dos indivíduos apresentou ausência de RAEE.

A Figura 6 apresenta a quantidade de respostas presentes obtidas no VRA e no teste da RAEE para as frequências de 0,5 a 4 kHz.

FIGURA 6: Gráfico referente à quantidade de respostas presentes observadas nos exames de VRA e RAEE (teste) para as frequências de 0,5 a 4 kHz, nos indivíduos com perda auditiva neurossensorial (NA/DA).

Do total de 17 indivíduos avaliados neste grupo, oito realizaram o reteste da RAEE, a fim de verificar a confiabilidade do Teste-Retest.

A Tabela 8 apresenta a comparação das respostas no teste e no reteste da RAEE.

TABELA 8: Padrão de respostas obtidas no Teste-Retest da Resposta Auditiva de Estado Estável para os indivíduos com perda auditiva neurossensorial (NA/DA), considerando as frequências de 0,5 a 4 kHz e as orelhas direita e esquerda.

Padrão de Resposta Teste-Retest								
	Frequência (kHz)							
	0,5		1		2		4	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Teste-Retest (presente)	2	13	1	6	1	6	-	-
Teste (presente) – Reteste (ausente)	2	13	2	13	2	13	-	-
Teste (ausente) – Reteste (presente)	1	6	2	13	-	-	1	6
Teste-Retest (ausente)	11	67	11	67	13	81	15	94
Total	16	100	16	100	16	100	16	100

A seguir será apresentado um caso para ilustrar o padrão de resposta obtido na RAEE para uma criança com diagnóstico de perda auditiva neurossensorial (NA/DA).

CASO ILUSTRATIVO

Identificação: D.S.P., 9 anos

Dados relevantes da anamnese: histórico de prematuridade, icterícia neonatal e hiperbilirrubinemia. A mãe relata que sua filha escuta televisão em intensidade muito forte, que apresenta dificuldade de compreensão e, consequentemente não tem um bom desempenho escolar.

Avaliação Otorrinolaringológica: membranas timpânicas íntegras.

Avaliação Neurológica: sem alterações.

Avaliação Audiológica: Diagnóstico de perda auditiva neurossensorial (NA/DA) confirmado pela presença de resposta nas EOET, ausência de resposta neural no PEATE e registro do microfonismo coclear.

Avaliação Comportamental x Avaliação eletrofisiológica (RAEE)

As Tabelas 9 e 10 apresentam os resultados obtidos na ATL e as medidas de imitância acústica para as orelhas direita e esquerda.

TABELA 9: Limiares obtidos por via aérea e via óssea na Audiometria Tonal Liminar (ATL) para as frequências de 0,25 a 8 kHz em ambas as orelhas.

	Audiometria Tonal Liminar (ATL)													
	0,25		0,5		1		2		4		6		8	
	VA	VO	VA	VO	VA	VO	VA	VO	VA	VO	VA	VO	VA	VO
Orelha direita	15	—	15	—	20	—	20	15	35	30	65	—	35	—
Orelha esquerda	15	—	10	—	30	—	40	30	35	30	55	—	35	—

VA – limiares obtidos por via aérea

VO – limiares obtidos por via óssea

O índice de reconhecimento para monossílabos foi de 92% e 84% para as orelhas direita e esquerda, respectivamente; e, para dissílabos, de 92% na orelha esquerda.

TABELA 10: Resultado da timpanometria e dos reflexos ipsilaterais e contralaterais do músculo estapédio.

Medidas da Imitância Acústica			
	Timpanometria	Reflexo Estapediano	
		Ipsilateral	Contralateral
Orelha direita	Tipo A	*Presente em 0,5 e 1 kHz	Ausente
Orelha esquerda	Tipo A	*Presente em 0,5 e 1 kHz	Ausente

* presente na intensidade de 110 dB

A Figura 7 reproduz o padrão de resposta obtido na RAEE de indivíduos com diagnóstico de perda auditiva neurossensorial (NA/DA), mostrando que neste indivíduo não houve compatibilidade com os limiares obtidos na ATL.

FIGURA 7: Resultado obtido da RAEE das orelhas direita e esquerda obtida nas frequências de 0,5 a 4 kHz, para as intensidades de 80, 70, 60 e 50 dBHL.

Nota 1: Os quadrados preenchidos na cor verde mostram presença de RAEE, os preenchidos na cor laranja mostram dúvida em relação à presença de RAEE e os preenchidos em branco mostram ausência de RAEE.

Nota 2: Este indivíduo não fez parte da casuística de perda auditiva neurossensorial (NA/DA), sendo seus dados apresentados somente para ilustração.

7 - DISCUSSÃO

7) Discussão

Com a implantação de programas de triagem auditiva neonatal que objetivam detectar precocemente a perda auditiva, há a necessidade de que os profissionais que atuam nos centros de referência se aperfeiçoem para realizar o diagnóstico audiológico e tratamento, caso necessário, nos lactentes que forem encaminhados por terem sido identificados como de risco para a perda auditiva.

Dentre os procedimentos disponíveis para a avaliação audiológica infantil, a RAEE é um procedimento eletrofisiológico que vem sendo amplamente pesquisado por centros nacionais e internacionais, em virtude das vantagens que este pode trazer na avaliação audiológica infantil, dentre as quais, a previsão dos limiares psicoacústicos em uma faixa etária que não apresenta desenvolvimento cognitivo necessário para responder aos métodos comportamentais, obtendo-se assim, resultados pouco precisos. Por se tratar, contudo de um procedimento relativamente recente, fazem-se necessários estudos que mostrem a relação existente entre limiares comportamentais definidos por meio da ATL, audiometria condicionada ou VRA e a RAEE.

Inicialmente, foram avaliados, neste estudo, 48 indivíduos com perda auditiva neurossensorial (coclear) e idade superior a sete anos, possibilitando a obtenção de limiares auditivos confiáveis na ATL (Tabela 3).

A análise de associação entre os limiares da ATL e da RAEE foi realizada utilizando dados não censurados, considerando somente indivíduos com presença de resposta em ambos os procedimentos ATL + RAEE; e dados censurados, onde foram incluídos os indivíduos com ausência de resposta, sendo utilizada para a análise a máxima intensidade permitida pelo equipamento em cada frequência. Importante ressaltar que, a ausência de resposta foi constatada apenas nos indivíduos com perda auditiva profunda, e na maioria das vezes, para ambos os procedimentos.

De acordo com o demonstrado nas Figuras 4 e 5, pode-se observar que houve associação significativa ($p < 0,01$) entre os limiares auditivos determinados por meio da ATL e da RAEE, com os coeficientes de correlação R^2 e a dispersão dos limiares nos gráficos ocorrendo de maneira semelhante

para todas as frequências avaliadas em ambas as orelhas e para os dois tipos de análise, corroborando com os estudos de DIMITRIJEVIC et al.⁷, 2002, LINS²⁶, 2002, LUTS; WOUTER²⁸, 2004, SCHMULIAN; SWANEPOEL; HUGO⁵³, 2005.

Outro dado possível de constatar ao comparar as duas análises foi que os valores dos coeficientes de correlação R^2 foram maiores quando considerados todos os indivíduos da casuística (dados censurados), ressaltando a concordância existente nos limiares obtidos nos dois procedimentos para a perda auditiva neurosensorial (coclear) de grau profundo.

Muitos estudos relataram uma menor correlação entre os limiares da ATL e RAEE para a frequência de 0,5 kHz (PEREZ-ABALO et al.³³, 2001, DIMITRIJEVIC et al.⁷, 2002, SWANEPOEL; HUGO; ROODE⁶¹, 2004, MAANEN; STAPELLS³⁰, 2005, PICTON et al.⁴⁰, 2005, VANDER WERFF; BROWN⁶⁵, 2005), como também para a frequência de 4 kHz (ATTIAS et al.³, 2006). Este achado, no entanto não foi observado, neste estudo, provavelmente justificado pelo tipo de modulação utilizada para o estímulo, pois ao invés da modulação de amplitude (VANDER WERFF; BROWN⁶⁵, 2005) ou modulação de amplitude e frequência (PEREZ-ABALO et al.³³, 2001, SWANEPOEL; HUGO; ROODE⁶¹, 2004, MAANEN; STAPELLS³⁰, 2005, ATTIAS et al.³, 2006), foi utilizada a modulação exponencial para a amplitude, associada à modulação de frequência. Segundo JOHN et al.²¹, 2004, a modulação exponencial gera amplitudes maiores para todas as frequências, o que permite uma melhor visualização das frequências de 0,5 e 4 kHz.

É importante ressaltar que, na análise individual dos dados, alguns indivíduos não seguiram o padrão de associação descrito, visto que os limiares da RAEE foram clinicamente piores do que os limiares da ATL, ou seja, os limiares eletrofisiológicos foram superiores aos limiares comportamentais. (indivíduos de número 01, 06, 11, 20, 25, 26 e 29 apresentados no Anexo 2).

A princípio, a colocação inadequada do fone de inserção e o nível elevado de ruído durante o teste podem ser apresentados como justificativa para este achado. Com relação à colocação do fone, um ajuste inadequado do mesmo, no CAE, pode levar a uma atenuação da energia sonora do estímulo apresentado. Por outro lado, a atividade elétrica não relacionada ao sistema

auditivo (ruído), pode interferir no registro da resposta, mesmo estando dentro da variação do nível de rejeição considerado, $\pm 40 \mu V$, uma vez que existe uma relação entre a amplitude da resposta e o nível de ruído no exame. (LUTS; WOUTER²⁸, 2004, PICTON et al.⁴⁰, 2005).

Acredita-se, contudo que estes fatores não contribuíram para esta diferença encontrada entre os limiares obtidos em ambos os procedimentos, uma vez que os fones utilizados eram de diferentes tamanhos e apropriados para cada CAE. Além disso, o procedimento foi realizado sempre pelo mesmo examinador com treinamento para a técnica, que controlava as variações observadas no EEG, pausando o exame sempre que necessário. Associado a isto, deve ser considerado o fato de que a maioria dos indivíduos dormiram durante o procedimento, reduzindo significativamente a atividade elétrica miogênica. Desta maneira, a argumentação de que as variáveis de colocação de fones e nível de ruído interferiu no resultado obtido fica fragilizada. Portanto, é mais provável que este achado possa ocorrer mesmo em condições ideais de teste, visto que a literatura da área mostra diferença média ($\pm$ desvio padrão) entre ATL e RAEE de 30 (± 12) dB para perda auditiva de grau leve e 11($\pm 2,9$) dB no grau moderado (CANALE et al.⁵, 2006). Considerando todos os graus de perda auditiva a diferença pode variar de 6 a 23 dB para a frequência de 0,5 kHz, de 4 a 18 dB para a frequência de 1 kHz, de 4 a 15 dB para a frequência de 2 kHz e de 4 a 14 dB para a frequência de 4 kHz (PEREZ ABALO et al.³³, 2001, LUTS; WOUTER²⁸, 2004, SWANEPOEL; HUGO; ROODE⁶¹, 2004, SCHMULIAN; SWANEPOEL; HUGO⁵³, 2005).

Este fato repercute na prática clínica, uma vez que o grau da perda auditiva é uma informação importante para se iniciar o processo de indicação e adaptação do aparelho de amplificação sonora individual. Com o intuito de verificar se os limiares obtidos na ATL e na RAEE classificavam a perda auditiva de forma semelhante, foi utilizada a classificação da OMS⁶⁸, 1997, que considera a média das frequências de 0,5 a 4 kHz (Tabelas 4 e 5).

O coeficiente de concordância Kappa para o grau da perda auditiva foi de 0,74 para a orelha direita e 0,77 para a orelha esquerda, com limite inferior do intervalo de confiança próximo a 0,60, o que pode indicar que em alguns momentos esta concordância foi moderada (Tabela 6). De acordo com

as Tabelas 4 e 5 foi possível observar que em alguns indivíduos, a RAEE sugeriu o grau da perda auditiva superior ao determinado pela ATL, principalmente para aquelas de graus menos acentuados.

Analisando especificamente a perda auditiva de grau profundo, houve uma maior concordância entre os procedimentos. Os achados corroboram com os descritos por HERDMAN; STAPPELLS¹⁵, 2003, SWANEPOEL; HUGO; ROODE⁶¹, 2004, PICTON et al.⁴⁰, 2005. Contudo, observou-se que, mesmo em pequena ocorrência, a perda auditiva de grau profundo definida pela RAEE, tratava-se de graus severo e moderado na ATL (Tabelas 4 e 5).

Considerando que o implante coclear está sendo indicado em idades cada vez mais precoces, como inferior a um ano, a RAEE tem sido apresentada como um procedimento promissor para definir o limiar psicoacústico nesta população, preenchendo uma lacuna na avaliação audiológica realizada com o PEATE que apresenta limitação na intensidade máxima de realização do teste (geralmente 90 dBnHL), não medindo assim a audição residual (AOYAGI et al.², 1994, SWANEPOEL; HUGO⁶⁰, 2004, CALIL⁴, 2005, PEREZ-ABALO et al.³⁴, 2005), além de ser realizada em menor tempo quando considerado a especificidade por frequência (RANCE et al.⁴², 1998, ROBERSON; O'ROURKE; STIDHAM⁴⁹, 2003, LUTS et al.²⁷, 2004).

Assim, deve ser considerada a possibilidade da RAEE superestimar o grau da perda auditiva, interferindo diretamente na definição de conduta terapêutica a ser assumida, AASI ou IC. Sendo assim, a RAEE, como os demais procedimentos utilizados na avaliação audiológica infantil, não pode ser analisada de forma isolada na definição do diagnóstico audiológico.

Importante ressaltar que, apesar deste estudo comparar a RAEE com ATL, e não com VRA e/ou audiometria condicionada, que são realizadas em lactentes e pré-escolares, os achados parecem ser semelhantes. RANCE; BRIGGS⁴⁴, 2002, RANCE; RICKARDS⁴⁵, 2002, STUEVE; O'ROURKE⁵⁹, 2003, LUTS et al.²⁷, 2004, CALIL⁴, 2005, RANCE et al.⁴⁶, 2005, HAND et al.¹³, 2006, encontraram forte correlação entre os limiares do VRA e/ou audiometria condicionada e RAEE para a perda auditiva neurossensorial (coclear), sendo que as maiores diferenças entre os limiares foi para a perda auditiva de grau

leve (RANCE; BRIGGS⁴⁴, 2002, RANCE; RICKARDS⁴⁵, 2002) e as menores para os graus mais acentuados (RANCE; RICKARDS⁴⁵, 2002).

Na literatura específica, poucos estudos focaram a RAEE na perda auditiva neurosensorial (NA/DA). Neste estudo, os resultados obtidos neste grupo demonstraram como achado comum a ausência de limiar eletrofisiológico na RAEE para o máximo de intensidade testada (Tabela 7), independente do limiar comportamental obtido no VRA (Figura 6, Anexo 5), corroborando com os achados de ATTIAS et al.³, 2006. A fraca correlação entre os limiares comportamentais (VRA, audiometria condicionada e ATL) e RAEE (eletrofisiológicos) na perda auditiva neurosensorial (NA/DA) já foi descrita anteriormente por RANCE et al.⁴³, 1999, RANCE; BRIGGS⁴⁴, 2002, RANCE et al.⁴⁶, 2005, TAPIA TOCA; SÁVIO LOPEZ⁶², 2005, ATTIAS et al.³, 2006.

A não utilização da intensidade máxima permitida pelo equipamento, em cada frequência, para determinar o limiar eletrofisiológico, teve como intuito evitar a superestimulação considerando o limiar do VRA (Anexo 5), o que poderia causar desconforto no indivíduo. O fato de se poder obter limiar da RAEE, em forte intensidade, nos indivíduos com NA/DA (RANCE et al.⁴⁶, 2005), ou seja, em intensidades superiores ao máximo testado, neste estudo, não mudaria o achado de que não há correlação com o limiar psicoacústico, pois os mesmos estariam sendo obtidos com uma diferença maior do que aquelas comumente observadas entre ambos.

Em virtude do comportamento atípico da RAEE, nos indivíduos com NA/DA (Figura 7), foi realizado o reteste da RAEE em oito indivíduos escolhidas aleatoriamente, a fim de verificar a confiabilidade do Teste-Retest. Como resultado observou-se uma inconsistência entre o Teste-Retest da RAEE (Tabela 8), tendo sido encontrado padrão de resposta presente para ausente ou vice-versa, e nas respostas que se mantiveram presentes observou-se uma variação no limiar de zero a 20 dB.

A presença do limiar de RAEE, nos indivíduos com NA/DA, demonstra que pode ter havido atividade neural, achado que também pode ser observado na pesquisa do PEATE, com a presença da onda V e SN10 com latências e morfologias alteradas. De acordo com LINS²⁶, 2002, as estruturas que geram a RAEE com modulação de 80 a 110 Hz e a onda V e SN10 do

PEATE são as mesmas, região do lemnisco lateral e colículo inferior. Ao contrário do nervo auditivo, que necessita do disparo sincrônico dos neurônios para gerar o seu potencial de ação composto, estas estruturas mais centrais do sistema auditivo podem gerar atividades elétricas em resposta à estimulação, que é passível de registro, com menor sincronia neural.

Não pode ser descartada a possibilidade da resposta registrada ser decorrente do microfonismo coclear das CCE. O microfonismo coclear é uma resposta elétrica, gerada pelas células ciliadas externas, que tende a reproduzir a forma da onda sonora original. De acordo com LINS²⁶, 2002, quando um tom modulado de forte intensidade estimula as células ciliadas ele gera um microfonismo colear assimétrico, devido à saturação dos cílios ocorrerem mais rapidamente em uma direção do que para o lado oposto, gerando assim uma versão assimétrica do estímulo auditivo, onde começa a aparecer energia na frequência de modulação. Como neste grupo de indivíduos a intensidade máxima utilizada para gerar a RAEE foi de 100 dBHL, mesma intensidade utilizada para realizar o PEATE, pode ter ocorrido o microfonismo coclear com energia na frequência de modulação, visto que nestes indivíduos há a funcionalidade das CCE, sendo assim, captado pelos eletrodos e interpretado pelo *software* do programa como uma RAEE.

Assim, esses achados permitem concluir que nos casos de NA/DA, a pesquisa da RAEE não acrescenta informações adicionais àquelas obtidas no PEATE para a definição do diagnóstico desta patologia, além de não predizer com precisão o limiar psicoacústico, visão contrária à apresentada por TAPIA TOCA; SÁVIO LOPEZ⁶², 2005.

8 - CONCLUSÃO

8) CONCLUSÃO

A RAEE realizada nos 65 indivíduos com perda auditiva neurossensorial permitiu concluir que:

- para indivíduos com perda auditiva neurossensorial (coclear) existe associação entre os limiares da RAEE com os limiares da ATL, ocorrendo uma maior concordância para graus de perdas auditivas mais acentuadas, e,
- para indivíduos com perda auditiva neurossensorial (NA/DA), a RAEE não mostrou ser eficiente para determinar limiares comportamentais ou informações adicionais para o diagnóstico desta patologia.

ANEXOS

ANEXO 1: Distribuição da casuística dos indivíduos com perda auditiva neurossensorial (coclear), considerando a idade, o gênero e os limiares obtidos na ATL e RAEE em ambas as orelhas.

		ATL								RAEE								
		OD				OE				OD				OE				
Indivíduo	Idade	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	kHz
1	28 a	10	20	30	75	15	15	30	75	40	35	60	75	30	40	80	90	dBNA
2	13 a	40	35	35	25	30	40	45	20	70	55	40	30	55	60	55	30	dBNA
3	24 a	20	30	35	5	35	30	35	10	40	50	40	40	60	60	50	40	dBNA
4	15	20	25	30	20	60	55	60	50	30	30	50	40	75	75	65	75	dBNA
5	30	35	30	35	40	45	35	45	55	50	40	40	35	40	25	40	40	dBNA
6	7	15	45	45	40	15	40	45	35	70	70	65	70	55	90	55	60	dBNA
7	26	60	55	55	55	40	40	45	45	75	70	70	80	55	55	50	55	dBNA
8	28	30	30	30	30	35	35	35	40	40	30	30	40	30	30	20	40	dBNA
9	17	30	35	35	45	25	35	40	40	50	50	50	80	45	50	50	60	dBNA
10	9	40	45	40	25	40	35	35	30	45	45	40	35	50	50	40	45	dBNA
11	25	10	5	10	70	15	10	10	35	30	20	30	80	100	70	50	80	dBNA

Continua

Continuação

		ATL								RAEE								
		OD				OE				OD				OE				
Indivíduo	Idade	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	kHz
12	26	35	30	50	60	50	55	55	60	40	40	40	70	50	40	50	70	dBNA
13	10	40	60	65	50	—	—	—	—	↓80	70	50	60	—	—	—	—	dBNA
14	14	60	60	55	50	55	55	60	55	60	55	55	60	60	55	55	55	dBNA
15	12	40	65	65	65	40	60	65	65	65	65	65	70	65	55	70	100	dBNA
16	13	45	55	55	45	50	55	55	45	65	↓80	70	60	80	65	70	60	dBNA
17	7	50	65	60	60	60	65	60	65	80	90	70	100	70	60	70	100	dBNA
18	26	50	65	70	75	45	60	70	75	65	80	70	85	60	70	80	85	dBNA
19	17	110	115	115	↓115	70	65	70	70	↓117	↓121	↓119	↓118	75	80	80	75	dBNA
20	13	40	40	65	70	30	50	60	75	55	60	110	110	45	60	70	100	dBNA
21	24	65	70	65	50	100	120	↓115	↓115	75	75	70	70	117	120	↓119	↓118	dBNA
22	10	60	60	60	55	10	10	5	5	70	65	65	65	25	15	15	10	dBNA
23	17	65	60	70	70	70	80	70	70	80	70	80	↓100	80	90	80	100	dBNA

Continua

Continuação

		ATL								RAEE								
		OD				OE				OD				OE				
Indivíduo	Idade	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	kHz
24	12	45	60	70	70	45	55	75	70	70	85	90	80	70	80	80	80	dBNA
25	28	50	60	50	45	—	—	—	—	117	120	70	60	—	—	—	—	dBNA
26	7	55	50	55	55	40	65	70	80	70	70	70	↓110	70	70	70	↓118	dBNA
27	13	45	80	85	85	↓115	↓120	↓115	↓115	60	90	100	100	↓117	↓121	↓119	↓118	dBNA
28	9	85	85	55	70	80	85	75	70	85	80	75	90	100	90	80	80	dBNA
29	24	60	85	105	105	40	60	80	85	85	90	115	↓115	80	80	95	100	dBNA
30	25	95	95	100	↓115	80	90	100	100	110	100	110	↓118	80	100	100	↓118	dBNA
31	12	85	85	80	100	70	80	75	80	90	90	90	115	80	80	75	95	dBNA
32	16	80	85	75	75	80	80	85	75	95	95	90	70	95	100	95	95	dBNA
33	9	95	95	100	75	85	95	85	80	95	100	↓105	100	95	100	100	100	dBNA
34	13	65	90	85	95	80	90	95	70	95	100	95	110	110	110	95	95	dBNA
35	11	75	80	70	80	75	105	115	↓115	95	95	70	95	90	95	100	↓118	dBNA

Continua

Continuação

		ATL								RAEE								
		OD				OE				OD				OE				
Indivíduo	Idade	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	kHz
36	14	75	90	105	115	75	85	110	110	85	95	95	110	85	90	105	↓118	dBNA
37	10	95	90	90	90	85	90	85	75	105	100	100	↓118	100	100	100	↓118	dBNA
38	16 a	90	105	115	115	95	100	↓115	↓115	100	110	↓119	↓118	100	110	119	↓118	dBNA
39	16 a	75	105	100	110	95	105	95	90	90	110	119	108	100	120	119	118	dBNA
40	14 a	75	95	110	110	70	90	100	115	90	100	110	100	80	90	110	110	dBNA
41	13 a	5	5	5	0	105	↓115	↓115	↓115	30	10	10	10	117	121	↓119	↓118	dBNA
42	11 a	90	110	115	↓115	90	110	↓115	↓115	100	105	119	↓118	100	110	110	↓118	dBNA
43	11 a	90	105	105	115	100	100	100	115	100	100	110	110	↓117	115	110	↓118	dBNA
44	13 a	95	105	100	115	90	110	↓115	110	↓117	120	↓119	↓118	100	120	↓119	↓118	dBNA
45	16 a	100	105	110	110	100	100	100	90	100	110	100	115	95	100	95	108	dBNA
46	16	↓115	↓120	↓115	↓115	↓115	↓120	↓115	↓115	↓117	↓120	↓119	↓118	↓117	↓120	↓119	↓118	dBNA
47	16	110	115	115	↓115	100	110	115	↓115	117	121	↓119	118	↓117	↓120	↓119	118	dBNA
48	8	110	↓120	↓115	↓115	105	↓120	↓115	↓115	↓117	120	↓119	↓118	↓117	↓120	↓119	↓118	dBNA

Legenda: ____ = não realizado

ANEXO 2: Perfis individuais dos limiares obtidos na Audiometria Tonal Liminar (ATL) e na Resposta Auditiva de Estado Estável (RAEE), para os indivíduos com perda auditiva neurossensorial (coclear).

Continua

Continuação

Continua

Continuação

Continua

Continuação

Continua

Continuação

continua

Continuação

Continua

Continuação

Continua

Continuação

Continua

Continuação

Anexo 3: Distribuição da casuística dos indivíduos com perda auditiva neurossensorial (NA/DA), considerando a data de nascimento, idade, hipótese etiológica e avaliação do comportamento auditivo.

IDENTIFICAÇÃO	DN	IDADE	HIPÓTESE ETIOLÓGICA	COMPORTAMENTAL						
				/a/	/i/	/u/	/m/	/s/	/ç/	Nome
1	17/10/2002	3a 3m	Prematuridade, baixo peso, hipóxia neonatal e icterícia.	Deteccção	Deteccção	Deteccção	Deteccção	Não reagiu	Deteccção	Deteccção
2	14/07/2005	6m	Icterícia com transfusão sanguínea.	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu
3	27/03/2004	2a 5m	Não tem	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu
4	30/07/2004	1a 8m	Icterícia, oxigênio e incubadora.	Atenção	Atenção	Atenção	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Atenção
5	12/11/2003	2a 7m	Prematuridade, hipóxia neonatal, icterícia com transfusão sanguínea.	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu
6	23/06/2005	12m	Prematuridade, icterícia com grau alto de hiperbilirrubinemia, UTI, parada respiratória, precisou de O2.	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu
7	14/01/2005	1a 4m	Prematuridade, icterícia com transfusão sanguínea, incubadora, precisou de O2.	Procura	Atenção	Procura	Atenção	Não reagiu	Procura	Procura
8	07/07/2003	3ª	Precisou de O2	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu
9	07/07/2004	2ª	Prematuridade, icterícia com transfusão sanguínea, hemorragia pulmonar e intracraniana.	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu

Continua

Continuação

IDENTIFICAÇÃO	DN	IDADE	HIPÓTESE ETIOLÓGICA	COMPORTAMENTAL						
				/a/	/i/	/u/	/m/	/s/	/ç/	Nome
10	03/12/2004	1a 6m	Prematuridade, icterícia com transfusão sanguínea, incubadora, precisou de O2.	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção
11	22/02/2005	1a 5m	Prematuridade, icterícia com transfusão sanguínea, incubadora, precisou de O2.	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu
12	04/09/2004	1a 10m	Prematuridade, baixo peso, incubadora.	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu
13	10/09/2003	2a 10m	Prematuridade, hipóxia neonatal, icterícia com transfusão sanguínea, incubadora, precisou de O2.	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção
14	14/09/2000	5ª	Sem intercorrências	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Procura
15	20/10/2005	10m	Hiperbilirrubinemia	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu
16	04/10/2004	1a11m	Hiperbilirrubinemia	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Procura
17	13/01/2006	7m	Prematuridade, icterícia, incubadora	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Procura

Anexo 4: Distribuição da casuística dos indivíduos perda auditiva neurossensorial (NA/DA), considerando a medida da imitância acústica, emissões otoacústicas evocadas por estímulo transiente e produto de distorção e o Potencial evocado auditivo de tronco encefálico.

			REFLEXO ESTAPEDIANO				EMISSIONES OTOACUSTICAS					
	TIMPANOMETRIA		IPSILATERAL		CONTRALATERAL		TRANSIENTES		PRODUTO DE DISTORÇÃO		PEATE	
INDIVÍDUO	OD	OE	OD	OE	OD	OE	OD	OE	OD	OE	OD	OE
1	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente 4kHz	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
2	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Não realizou	Não realizou	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
3	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
4	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
5	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Não realizou	Não realizou	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
6	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Não realizou	Não realizou	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
7	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Não realizou	Não realizou	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
8	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL

Continua

Continuação

			REFLEXO ESTAPEDIANO				EMISSIONES OTOACUSTICAS					
	TIMPANOMETRIA		IPSILATERAL		CONTRALATERAL		TRANSIENTES		PRODUTO DE DISTORÇÃO		PEATE	
INDIVÍDUO	OD	OE	OD	OE	OD	OE	OD	OE	OD	OE	OD	OE
9	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
10	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Não realizou	Não realizou	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
11	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Não realizou	Não realizou	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
12	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
13	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
14	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
15	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
16	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL
17	Tipo A	Tipo A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Ausente em 100 dBnHL	Ausente em 100 dBnHL

Anexo 5: Distribuição da casuística dos indivíduos com perda auditiva neurossensorial (NA/DA), considerando a ocorrência do microfonismo coclear, o teste e reteste da RAEE e o VRA.

	PEATE / ELETRO-COCLEOGRAFIA		RAEE (1ª avaliação)								RAEE (2ª avaliação)								VRA				
	MICROFONISMO COCLEAR		OD				OE				OD				OE				CAMPO LIVRE				
INDIVÍDUO	OD	OE	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	kHz
1	Presente	Presente	100	100	100	↓100	↓100	100	↓100	100	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	90	100	100	↓100	dB NHL
2	Presente	Presente	90	↓100	↓100	↓100	60	↓100	↓100	↓100	80	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	40	65	55	75	dB NHL
3	Presente	Presente	↓100	↓100	↓100	↓100	90	80	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	80	85	100	↓100	dB NHL
4	Presente	Presente	90	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	80	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	70	100	↓100	↓100	dB NHL
5	Presente	Presente	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	90	↓100	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	65	70	70	80	dB NHL
6	Presente	Presente	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	80	90	80	80	dB NHL
7	Presente	Presente	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	85	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	65	70	75	75	dB NHL
8	Presente	Presente	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	75	85	75	90	dB NHL
9	Presente	Presente	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	80	90	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	75	90	100	100	dB NHL

Continua

Continuação

	PEATE / ELETRO-COCLEOGRAFIA		RAEE (1º avaliação)								RAEE (2º avaliação)								VRA				
	MICROFONISMO COCLEAR		OD				OE				OD				OE				CAMPO LIVRE				
INDIVÍDUO	OD	OE	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	kHz
10	Presente	Presente	80	↓100	↓100	↓100	70	80	↓100	80	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	65	55	55	60	dB NHL
11	Presente	Presente	80	↓100	↓100	↓100	70	↓100	↓100	↓100	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	55	60	70	70	dB NHL
12	Presente	Presente	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	80	↓100	↓100	↓100	dB NHL
13	Presente	Presente	80	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	50	45	50	50	dB NHL
14	Presente	Presente	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	100	100	100	↓100	dB NHL
15	Presente	Presente	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	80	↓100	↓100	↓100	80	↓100	↓100	80	90	100	100	dB NHL
16	Presente	Presente	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	↓100	55	60	60	65	dB NHL
17	Presente	Presente	↓100	↓100	80	↓100	↓100	90	70	↓100	80	↓100	↓100	90	90	90	90	↓100	85	100	↓100	↓100	dB NHL

Legenda: NR = não realizado
↓ = ausente

Universidade de São Paulo
Faculdade de Odontologia de Bauru

Al. Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 – Bauru-SP – CEP 17012-901 – C.P. 73
PABX (0XX14)3235-8000 – FAX (0XX14)3223-4679

Comitê de Ética em Pesquisa

Processo nº 100/2005

Bauru, 30 de setembro de 2005.

Senhora Professora,

O projeto de pesquisa encaminhado a este Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, denominado **"A utilização da resposta auditiva de estado estável para estimar limiares auditivos em indivíduos com perda auditiva neurossensorial coclear"**, de autoria de Josilene Luciene Duarte, que será desenvolvido sob sua orientação e co-orientação do Prof. Dr. Orozimbo Alves Costa Filho, foi enviado ao relator para avaliação.

Na reunião de 28 de setembro de 2005 o parecer do relator, **aprovando o projeto**, foi aceito pelo Comitê, considerando que não existem infrações éticas pendentes.

Informamos que após o envio do trabalho concluído, este Comitê enviará o parecer final, que será utilizado para publicação do trabalho.

Atenciosamente,

Prof. Dr. José Henrique Rubo
Coordenador

Ilma Srª **Profª Drª Kátia de Freitas Alvarenga**
DD. Docente do Departamento de Fonoaudiologia

Universidade de São Paulo Faculdade de Odontologia de Bauru

Al. Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 – Bauru-SP – Brasil – CEP 17012-901 – C.P.
PABX (0XX14)3235-8000 – FAX (0XX14)3223-4679

Comitê de Ética em Pesquisa (3235-8356)

Of.nº CEP/17 2006/FOB

Proc. CEP nº 100/2005

Bauru, 20 de outubro de 2006.

Senhora Professora,

Informamos que após análise por este Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, a alteração do título do projeto de pesquisa **"A utilização da resposta auditiva de estado estável para estimar limiares auditivos em indivíduos com perda auditiva neurossensorial coclear"** de autoria de Josilene Luciene Duarte, sob sua orientação, para **"A utilização da resposta auditiva de estado estável para estimar limiares auditivos em indivíduos com perda auditiva neurossensorial"** foi **aprovado** considerando que não houve modificação em sua metodologia.

Lembramos que após o envio do trabalho concluído, este Comitê enviará o parecer final, que será utilizado para a publicação do trabalho.

Atenciosamente,

Prof. Dr. José Henrique Rubo
Coordenador

Profª Drª Kátia de Freitas Alvarenga
Docente do Departamento de Fonoaudiologia

WHO | Grades of hearing impairment - Windows Internet Explorer

WHO | Grades of hearing impairment.htm

WHO | Grades of hearing impairment

World Health Organization

Grades of hearing impairment

Grade of impairment	Corresponding audiometric ISO value	Performance	Recommendations
0 - No impairment	25 dB or better (better ear)	No or very slight hearing problems. Able to hear whispers.	
1 - Slight impairment	26-40 dB (better ear)	Able to hear and repeat words spoken in normal voice at 1 metre.	Counselling. Hearing aids may be needed.
2 - Moderate impairment	41-60 dB (better ear)	Able to hear and repeat words spoken in raised voice at 1 metre.	Hearing aids usually recommended.
3 - Severe impairment	61-80 dB (better ear)	Able to hear some words when shouted into better ear.	Hearing aids needed. If no hearing aids available, lip-reading and signing should be taught.
4 - Profound impairment including deafness	81 dB or greater (better ear)	Unable to hear and understand even a shouted voice.	Hearing aids may help understanding words. Additional rehabilitation needed. Lip-reading and sometimes signing essential.

Grades 2, 3 and 4 are classified as **disabling hearing impairment**.

The audiometric ISO values are averages of values at 500, 1000, 2000, 4000 Hz.

[Employment](#) | [Other UN Sites](#) | [Search](#) | [Suggestions](#) | [RSS](#) | [Privacy](#)
© World Health Organization 2006. All rights reserved

Internet 100%

Iniciar WHO | Grades of hea... imagem - Paint PT 12:51

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AOYAGI, M. et al. Frequency specificity of amplitude-modulation-following response detected by phase spectral analysis. **Audiology**, Switzerland, v. 32, n. 5, p. 293-301, Sept./Oct. 1993.
2. AOYAGI, M. et al. Pure-tone threshold prediction by 80-Hz amplitude-modulation following response. **Acta Otolaryngol Suppl (Stockh)**, Norway, v. 511, p. 7-14, 1994.
3. ATTIAS, J. et al. Multiple auditory steady-state responses in children and adults with normal hearing, sensorineural hearing loss, or auditory neuropathy. **Ann Otol Rhinol Laryngol**, Saint Louis, v. 115, n. 4, p. 268-276, Apr. 2006.
4. CALIL, D. B. **Achados dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável em crianças ouvintes e crianças portadoras de deficiência auditiva neurossensorial**. 2005. 78f. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) – Pontifícia Universidade Católica, São Paulo.
5. CANALE, A. et al. Auditory steady-state responses and clinical applications. **Eur Arch Otorhinolaryngol**, v. 263, n. 6, p. 499-503, June 2006.
6. DAVIS, H.; SILVERMAN, S. R. **Hearing and deafness**. New York: HW Wilson, 1947.
7. DIMITRIJEVIC, A. et al. Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses. **J Am Acad Audiol**, Burlington, v. 13, n. 4, p. 205-224, Apr. 2002.
8. FIRSZT, J. B. et al. Auditory sensitivity in children using the auditory steady-state response. **Arch Otolaryngol Head Neck Surg**, Chicago, v. 130, n. 5, p. 536-540, May 2004.
9. GALAMBOS, R.; MAKEIG, S.; TALMACHOFF, P. J. A 40-Hz auditory potential recorded from the human scalp. **Proc Natl Acad Sci USA**, Washington, v. 78, n. 4, p. 2643-2647, Apr. 1981.
10. GUTSCHALK, A. et al. Deconvolution of 40 Hz steady-state fields reveals two overlapping source activities of the human auditory cortex. **Clin Neurophysiol**, Amsterdam, v. 110, n. 5, p. 856-868, May 1999.

11. GUYTON, A. C. O sentido da audição; os sentidos químicos do paladar e do olfato. In: _____. **Fisiologia Humana e mecanismo das doenças**. 5th. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. cap. 36, p. 335-344.
12. HALL, J. M. Handbook of auditory evoked responses. 3rd. ed. Massachusetts: Allyn and Bacon, 1992.
13. HAND, D. et al. Threshold estimation in children using auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. **ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec**, Basel, v. 68, n. 2, p. 64-68, Jan. 2006. Abstract.
14. HARI, R.; HAMALAINEN, M.; JOUTSINIEMI, S. L. Neuromagnetic steady-state responses to auditory stimuli, **J Acoust Soc Am**, Lancaster, v. 86, n. 3, p. 1033-1039, Sept. 1989.
15. HERDMAN, A. T.; STAPPELLS, D. R. Thresholds determined using the monótono and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal-hearing subjects. **Scand Audiol**, Copenhagen, v. 30, n.1, p. 41-49, 2001.
16. HERDMAN, A. T. et al. Intracerebral sources of human auditory steady-state responses. **Brain Topogr**, New York, v. 15, n. 2, p. 69-86, Winter 2002.
17. HERDMAN, A. T.; STAPPELLS, D. R. Auditory steady-state response thresholds of adults with sensorineural hearing impairment. **Int J Audiol**, Hamilton, v. 42, n. 5, p. 237-248, July 2003.
18. JEGUER, J.; JERGER, S.; MAULDIN, L. Studies in impedance audiometry. I normal and sensorineural ears. **Arch Otolaryngol**, Chicago, v. 96, n. 6, p. 513-523, Dec. 1972.
19. JOHN, M. S.; PICTON, T. W. Human Auditory steady-state responses to amplitude-modulated tones: phase and latency measurements. **Hear Res**, Amsterdam, v. 141, n. 1-2, p. 57-59, Mar. 2000.
20. JOHN, M. S.; DIMITRIJEVIC, A.; PICTON, T. W. Auditory steady-state responses to exponential modulation envelopes. **Ear Hear**, Baltimore, v. 23, n. 2, p. 106-117, Apr. 2002.
21. JOHN, M. S. et al. Recording auditory steady-state responses in young infants. **Ear Hear**, Baltimore, v. 25, n. 6, p. 539-553, Dec. 2004.
22. JOHNSON, T. A.; BROWN, C. J. Threshold prediction using the auditory steady-state response and the tone burst auditory brain stem response: a within-subject comparison. **Ear Hear**, Baltimore, v. 46, n. 6, p. 559-576, Dec. 2005.

23. LEVI, E. C.; FOLSOM, R. C.; DOBIE, R. A. Amplitude-modulation following response (AMFR): effects of modulation rate, carrier frequency, age and state. **Hear Res**, Amsterdam, v. 68, n. 1, p. 42-52, June 1993.
24. LINS, O. G. et al. Auditory steady-state responses to tones amplitude-modulated at 80-110 Hz. **J Acoust Soc Am**, Lancaster, v. 97, n. 5 (pt 1), p. 3051-3063, May 1995.
25. LINS, O. G.; PICTON, T. W. Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol**, Amsterdam, v. 96, n. 5, p. 420-432, Sept. 1995.
26. LINS, O. G. **Audiometria fisiológica tonal utilizando respostas de estado estável auditivas do tronco cerebral**. 2002. 112f. Tese (Doutorado em Medicina) – Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2002.
27. LUTS, H. et al. Objective assessment of frequency-specific hearing thresholds in babies. **Int J Pediatr Otorhinolaryngol**, Amsterdam, v. 68, n. 7, p. 915-926, July 2004.
28. LUTS, H.; WOUTERS, J. Hearing assessment by recording multiple auditory steady-state response: the influence of test duration. **Int J Audiol**, Hamilton, v. 43, n. 8, p. 471-478, Sept. 2004.
29. LUTS, H.; WOUTERS, J. Comparison of MASTER and AUDERA for measurement of auditory steady-state responses. **Int J Audiol**, Hamilton, v. 44, n. 4, p. 244-253, Apr. 2005.
30. MAANEN, A. V.; STAPPELLS, D. R. Comparison of multiple auditory steady-state responses (80 Hz versus 40 Hz) and Slow Cortical Potentials for threshold estimation in hearing-impaired adults. **Int J Audiol**, Hamilton, v. 44, n. 11, p. 613-624, Nov. 2005.
31. PANTEV, C. et al. Tonotopic organization of the sources of the human auditory steady-state responses. **Hear Res**, Amsterdam, v. 101, n. 1-2, p. 62-74, Nov. 1 1996.
32. PASTOR, M. A. et al. Activation of Human Cerebral and Cerebellar Cortex by Auditory Stimulation at 40 Hz. **J Neurosci**, Baltimore, v. 22, n. 3, p. 10501-10506, Dec. 1 2002.
33. PEREZ-ABALO, M. C. et al. 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**, Baltimore, v. 22, n. 3, p. 200-211, June 2001.

34. PEREZ-ABALO, M. C. et al. Diagnóstico e intervención temprana de los transtornos de la audición: una experiencia cubana de 20 años. **Rev Neurol**, Barcelona, v. 41, n. 9, p. 556-563, Nov. 2005.
35. PETHE, J.; VON SPECHT, H.; HOCKE, T. Amplitude modulation following responses in awake and sleeping humans: a comparison for 40 Hz and 80 Hz modulation frequency. **Scand Audiol Suppl**, Copenhagen, v. 30, n. 1, p. 152-155, Jan. 2001. Supplement 52.
36. PETHE, J. et al. Near-threshold recordings of amplitude modulation following responses (AMFR) in children of different ages. **Int J Audiol**, Hamilton, v. 43, n. 6, p. 339-345, June 2004.
37. PETITOT, C.; COLLET, L; DURRANT, J. D. Auditory steady-state responses (ASSR): effects of modulation and carrier frequencies. **Int J Audiol**, Hamilton, v. 44, n. 10, p. 567-573, Oct. 2005.
38. PICTON, T. W. et al. The use of phase in the detection of auditory steady-state responses. **Clin Neurophysiol**, Amsterdam, v. 112, n. 9, p. 1698-1711, Sept. 2001.
39. PICTON, T. W. et al. Human auditory steady-state responses: the effects of recording technique and state of arousal. **Anesth Analg**, Cleveland, v. 97, n. 5, p. 1396-1402, Nov. 2003.
40. PICTON, T. W. et al. Estimating audiometric thresholds using auditory steady-state responses. **J Am Acad Audiol**, Burlington, v. 16, n. 3, p. 140-156, Jan. 2005.
41. PLOURDE, G.; STAPELLS, D. R.; PICTON, T. W. The human auditory steady-state evoked potentials. **Acta Otolaryngol Suppl**, Lund, v. 491, p. 153-159, 1991.
42. RANCE, G. et al. Steady-state evoked potential and behavioral hearing thresholds in a group of children with absent clique-evoked auditory brain stem response. **Ear Hear**, Baltimore, v. 19, n. 1, p. 48-61, Feb. 1998.
43. RANCE, G. et al. Clinical findings for a group of infants and young children with auditory neuropathy. **Ear Hear**, Baltimore, v. 20, n. 3, p. 238-252, June 1999.
44. RANCE, G.; BRIGGS, R. J. S. Assessment of hearing in infants with moderate to profound impairment: the Melbourne experience with auditory steady-state evoked potential testing. **Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl**, Saint Louis, v. 189, p. 22-28, May 2002.
45. RANCE, G.; RICKARDS, F. Prediction of hearing threshold in infants using auditory steady-state evoked potentials. **J Am Acad Audiol**, Burlington, v 13, n. 5, p. 236-245, May 2002.

46. RANCE, G. et al. Hearing Threshold estimation in infants using auditory steady-state responses. **J Am Acad Audiol**, Burlington, v. 16, n. 5, p. 291-300, May 2005.
47. REYES, S. A. et al. PET imaging of the 40 Hz auditory steady-state response. **Hear Res**, Amsterdam, v. 194, n. 1-2, p. 73-80, Aug. 2004.
48. REYES, S. A. et al. Mapping the 40-Hz auditory steady-state response using current density reconstruction. **Hear Res**, Amsterdam, v. 204, n. 1-2, p. 1-15, June 2005.
49. ROBERSON JR, J. B.; O'ROURKE, C. O.; STIDHAM, K. R. Auditory steady-state response testing in children: evaluation of a new technology. **Otolaryngol Head Neck Surg**, Rochester, v. 129, n. 1, p. 107-113, July 2003.
50. ROSS, B. et al. Frequency specificity of 40-Hz auditory steady-state responses. **Hear Res**, Amsterdam, v. 186, n. 1-2, p. 57-68, Dec. 2003.
51. SANTIAGO-RODRIGUEZ, E. et al. Auditory steady-state responses in infants with perinatal brain injury. **Pediatr Neurol**, Chippewa Falls, v. 32, n. 4, p. 236-240, Apr. 2005.
52. SARTORI, J. C.; JOAQUIM, M. B. In: *Análise de Fourier: Introdução a análise de Fourier*. São Carlos, 2003. 1 CD-ROM. Escola de Engenharia de São Carlos – USP.
53. SCHMULIAN, D.; SWANEPOEL, D.; HUGO, R. Predicting pure-tone thresholds with dichotic multiple frequency auditory steady state responses. **J Am Acad Audiol**, Burlington, v. 16, n. 1, p. 5-17, Jan. 2005.
54. SIMPSON, M. I. G. et al. Imaging the dynamics of the auditory steady-state evoked responses. **Neurosci Lett**, Amsterdam, v. 385, n. 3, p. 195-197, Sept. 2005.
55. SMALL, S. A.; STAPPELLS, D. R. Multiple auditory steady-state responses to bone-conduction stimuli in adults with normal hearing. **J Am Acad Audiol**, Burlington, v. 16, n. 3, p. 172-183, Mar. 2005.
56. STACH, B. A. The auditory steady-state response: a primer. **The Hearing Journal**, New York, v. 55, n. 9, p. 10-18, Sept. 2002.
57. STAPPELLS, D. R. et al. Human auditory steady state potentials. **Ear Hear**, Baltimore, v. 5, n. 2, p. 105-113, Mar./Apr. 1984.
58. STAPPELLS, D. R. et al. Inconsistency of auditory middle latency and steady-state responses in infants. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol**, Amsterdam, v. 71, n. 4, p. 289-295, July/Aug. 1988.

59. STUEVE, M. P.; O'ROURKE, C. Estimation of hearing loss in children: comparison of auditory steady-state response, auditory brainstem response, and behavioral test methods. **Am J Audiol**, Rockville, v. 12, n.2, p. 125-136, Dec. 2003.
60. SWANEPOEL, D.; HUGO, R. Estimations of auditory sensitivity for young cochlear implant candidates using the ASSR: preliminary results. **Int J Audiol**, Hamilton, v. 43, n. 7, p. 377-382, July/Aug. 2004.
61. SWANEPOEL, D.; HUGO, R.; ROODE, R. Auditory Steady-State response for children with severe to profound hearing loss. **Arch Otolaryngol Head Neck Surg**, Chicago, v. 130, p. 531-535, May 2004.
62. TAPIA TOCA, M. C.; SAVIO LOPEZ, G. Potenciales evocados auditivos de estado estable em el estudio de dos pacientes com neuropatia auditiva. **Acta Otorrinolaringol Esp**, Madrid, v. 56, n.6, p. 240-245, June/July 2005.
63. TONINI, R.; BALLAY, C.; MANOLIDIS, S. Auditory steady-state response audiometry in profound SNHL: the impact of abnormal middle ear function. **Ear Nose Throat J**, New York, v. 84, n. 5, p. 282-288, may 2005.
64. VAN DER REIJDEN, C. S.; MENS, L. H. M; SNIK, A. F. M. Frequency-specific objective audiometry: tone-evoked brainstem responses and steady-state responses to 40 Hz and 90 Hz amplitude modulated stimuli. **Int J Audiol**, Hamilton, v. 45, n. 1, p. 40-45, Jan. 2006.
65. VANDER WERFF, K. R.; BROWN, C. J. Effect of audiometric configuration on threshold and suprathreshold auditory steady-state response. **Ear Hear**, Baltimore, v. 26, n. 3, p. 310-326, June 2005.
66. VENEMA, T. A clinician's encounter with the auditory steady-state response (ASSR): An introduction to ASSRs and their implication in real-world fitting environment. **Hearing Review**, Alberta, v. 11, n. 5, p. 22-28, 69-71, May 2004.
67. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Prevention of blindness and deafness: Facts about deafness. Disponível em: <http://www.who.int/pbd/deafness/facts/en/>http://www.who.int/pbd/deafness/hearing_impairment_grades/en/. Acesso em 05 dez. 2006.
68. 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 05 dez. 2006.

ABSTRACT

Utilization of auditory steady state response to estimate the auditory threshold in individuals with sensorineural hearing loss

Abstract

The diagnosis of hearing loss in the first months of life has been increasingly frequent due to hearing health programs established throughout the country. Thus, techniques and procedures should be developed for accurate identification of the presence and severity of hearing loss, in a population whose motor and cognitive development does not allow response to behavioral methods. The auditory steady state response (ASSR) is an electrophysiological procedure which, different from the brainstem evoked response audiometry (BERA) conducted with *tone burst* stimuli, allows the establishment of hearing thresholds at multiple frequencies and for both ears, thus reducing the examination time. Moreover, it allows measurement of residual hearing due to the possibility of stimulation at levels close to 130 dBHL. Therefore, the present study aimed to investigate the applicability of ASSR for establishment of hearing thresholds in different severities of sensorineural hearing loss. A total of 65 individuals with sensorineural hearing loss were evaluated, among whom 48 presented mild to deep sensorineural disorder (cochlear), at the age range 7 to 30 years; and 17 presented sensorineural disorder (neuropathy/hearing dyssynchrony) aged 0.6 to 5 years. The evaluation comprised pure-tone threshold audiometry (PTTA) and ASSR analysis for the group with deep sensorineural disorder (cochlear) and only ASSR analysis for the group with sensorineural disorder (neuropathy/hearing dyssynchrony). The results demonstrated that, for individuals with deep sensorineural hearing loss (cochlear), there was significant association ($p < 0.01$) between the thresholds obtained by PTTA and ASSR at frequencies from 0.5 to 4 kHz, with higher agreement in cases with more severe hearing loss. On the other hand, for the sensorineural hearing loss (neuropathy/hearing dyssynchrony), the ASSR was absent in most individuals analyzed. It was concluded that there is significant association between the thresholds obtained by PTTA and ASSR, and that the utilization of this procedure did not provide additional information that might

contribute to the diagnosis of sensorineural hearing loss (neuropathy/hearing dyssynchrony), when compared to BERA.

Key words: Evoked response audiometry. Steady state. Audiometry. Sensorineural hearing loss.