CAMILA MAIA RABELO

Avaliação eletrofisiológica e comportamental
do processamento temporal

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

Área de Concentração: Comunicação Humana
Orientadora: Prof.^a Dra. Eliane Schochat

São Paulo
2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

©reprodução autorizada pelo autor

Rabelo, Camila Maia

Avaliação eletrofisiológica e comportamental do processamento temporal / Camila
Maia Rabelo. -- São Paulo, 2008.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Departamento de Fisioterapia, Fonaudiologia e Terapia Ocupacional.

Área de concentração: Comunicação Humana.

Orientadora: Eliane Schochat.

Descritores: 1.Potenciais evocados auditivos 2.Percepção auditiva
3.Eletrofisiologia 4.Epilepsia do lobo temporal

USP/FM/SBD-230/08

Dedicatória

Aos meus queridos pais, **Adalberto e Márcia**, pelo amor incondicional, pelo apoio constante, e por me ensinar que fé, confiança e dedicação são fundamentais. A vocês meu eterno, Obrigada!

Aos meus irmãos e amores, **Daniela e Rafael**, por me ensinar a arte de compartilhar, e por me mostrar que nesta vida nunca estamos sozinhos, mesmo que eventualmente a distância física nos separe.

Ao **Paulo**, meu namorado, pelo carinho constante, pela compreensão nos momentos difíceis, e por dividir comigo mais esta conquista.

À **Deus**, pela proteção e por iluminar meu caminho em todos os momentos.

Agradecimentos

À Profa Dra Eliane Schochat, em especial, pela generosidade com que compartilha seus conhecimentos comigo, e pela dedicada orientação durante mais este projeto. Agradeço pela amizade, pelo carinho, e por todos os ensinamentos.

Às Professoras, Dra Carla G. Matas, Dra Renata M. M. Carvalho, e Dra Alessandra G. Samelli, que gentilmente participaram do exame de qualificação, e contribuíram muito para a finalização deste estudo.

Ao Prof. Dr. Frank Musiek, por ter me recebido com muito carinho e atenção no Laboratório de Neuroaudiologia da Universidade de Connecticut - EUA. Agradeço pelo apoio, e por todas as orientações recebidas durante o período em que estive em seu laboratório.

À Dra Carmen Miziara, neurologista do Ambulatório de Neurologia do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo, que gentilmente permitiu a participação de seus pacientes neste estudo.

À todos os alunos e ex-alunos do Curso de Fonoaudiologia, que participaram deste estudo, pela imensa colaboração.

À fonoaudióloga Daiane Oncala, pela colaboração na fase inicial da coleta de dados para este estudo.

Às amigas e fonoaudiólogas do Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Processamento auditivo do Curso de Fonoaudiologia da FMUSP, Ivone Neves, Cristina Murphy, Tatiane Zalcman, Renata Alonso, Mariana Simões, Juliana Casseb, Caroline Rocha, e Renata Filippini, pelo incentivo e carinho durante toda esta jornada.

Às amigas Daniela e Patrícia, pela presença e carinho constantes. Agradeço pelo apoio nos momentos difíceis, e pela alegria compartilhada a cada conquista.

Às amigas, Cristina, Renata, Ivone, Tatiane, Lorena e Maria Fernanda, pela divertida amizade, pelo carinho nas horas difíceis.

Às amigas, Débora, Alessandra, Karina, Sandra, Vanini e Silvia, pelo companheirismo, e pela amizade que permanece forte mesmo quando a distância parece grande.

À amiga, Denise Laurindo, pelo apoio e compreensão ao longo de toda esta caminhada.

Aos meus avós, Eunice (*in memoriam*), Sebastião (*in memoriam*), Dalila, e Lauro (*in memoriam*), pelo amor e grande incentivo aos meus estudos.

Aos queridos tios, Miriam e Toninho, e primas, Raquel e Rosana, pelo enorme carinho sempre demonstrado.

À Paula, minha cunhada, pelas palavras de incentivo, e pelo afeto sempre demonstrado.

Ao Prof. Daniel Soares, pela correção ortográfica da Língua Portuguesa à qual esse estudo foi submetido.

À Profa Carmen Diva Saldiva de André, pela análise estatística à qual esse estudo foi submetido.

Ao Paulo Quateli, pela formatação final desta tese.

À fonoaudióloga Daniela Galea, pela tradução para a Língua Inglesa.

Aos voluntários, e a todos que, direta ou indiretamente, participaram ou contribuíram para a realização desta pesquisa.

À CAPES, pelo apoio financeiro, e pela concessão da bolsa de Doutorado Sanduíche, na Universidade de Connecticut.

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais
voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 2^a Ed. São Paulo: Serviço de Biblioteca e Documentação; 2005.

Referencias bibliográficas: *International Commitee of Medical Journals Editors (Vancouver)*.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos: *List of Journals Indexed in Índex Medicus*.

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas

Lista de anexos

Lista de figuras

Lista de tabelas

Resumo

Summary

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	06
3. REVISÃO DA LITERATURA	08
4. MÉTODOS	47
5. RESULTADOS	65
6. DISCUSSÃO	108
7. CONCLUSÕES	137
8. ANEXOS	140
9. REFERÊNCIAS	147

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

<	menor que
AM	Amplitude de modulação
ASHA	<i>American Speech and Language Hearing Association</i>
ASSR	<i>Auditory steady-state response</i>
CD	<i>Compact Disc</i>
dB	decibel
EEG	Eletroencefalograma
EMT	Esclerose mesial temporal
<i>et al</i>	e outros
FM	Frequência de modulação
GIN	<i>gaps-in-noise</i>
Hz	<i>hertz</i>
IPRF	Índice Percentual de Reconhecimento de Fala
k	kilo
LRF	Limiar de Reconhecimento de Fala
NA	Nível de audição
NS	Nível de sensação
OD	orelha direita
OE	orelha esquerda
PEAEE	Potencial evocado auditivo de estado estável
PEATE	Potencial evocado auditivo de tronco encefálico
PEAML	Potencial evocado auditivo de média latência
ROC	<i>receiver operating characteristics</i>
SNAC	Sistema Nervoso Auditivo Central
SRT	<i>Speech Recognition Threshold</i>
TPA(C)	Transtorno do Processamento Auditivo (Central)
WN	<i>White noise</i>

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 -	Aprovação do Comitê de Ética	141
Anexo 2 -	Termo de consentimento livre e esclarecido.....	142
Anexo 3 -	Anamnese Clínica	143
Anexo 4 -	Protocolo de registro do teste <i>GIN (Gap-in-noise)</i>	144
Anexo 5-	Protocolo de registro do teste Dicótico de Dígitos.....	145
Anexo 6-	Protocolo de registro do teste Padrão de Duração	146

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Exemplo de alguns estímulos do teste <i>GIN</i>	56
Figura 2 -	Montagem dos eletrodos para o PEAAE.	59
Figura 3 -	Reprodução da tela de avaliação do PEAAE no Audera	60
Figura 4 -	Reprodução da tela de avaliação do PEAAE com uma resposta “ <i>phase locked</i> ”	60
Figura 5 -	Reprodução da tela de avaliação do PEAAE com uma resposta “ <i>random</i> ”	61
Figura 6 -	Reprodução da tela de avaliação do PEAAE com uma resposta “ <i>noise</i> ”	61
Figura 7 -	Audiograma com limiares obtidos com o PEAAE.....	63
Figura 8 -	Audiograma com limiares estimados pelo PEAAE.....	63
Figura 9 -	<i>Box-plots</i> para a Idade nos três grupos	67
Figura 10 -	<i>Box-plots</i> para a porcentagem de acertos no teste dicótico de dígitos nos três grupos, por orelha	70
Figura 11 -	<i>Box-plots</i> para a porcentagem de acertos no teste padrão de duração nos três grupos, por orelha.....	72
Figura 12 -	<i>Box-plots</i> para o limiar de detecção (ms) no teste <i>GIN</i> , nos três grupos, por orelha	75
Figura 13 -	<i>Box-plots</i> para a porcentagem de acertos no teste <i>GIN</i> , nos três grupos, por orelha	77
Figura 14 -	Curva ROC para o limiar do teste <i>GIN</i> - Orelha direita	80
Figura 15 -	Curva ROC para a % de acertos - Orelha direita	81
Figura 16 -	Curva ROC para o limiar - Orelha esquerda.....	82
Figura 17 -	Curva ROC para a % de acertos - Orelha esquerda	83
Figura 18 -	Gráfico dos valores individuais do limiar do teste <i>GIN</i> nos três grupos e nas duas orelhas.....	85
Figura 19 -	Gráfico dos valores individuais da porcentagem de acertos no teste <i>GIN</i> nos três grupos e nas duas orelhas	86

Figura 20 -	<i>Box-plots</i> para o limiar do PEAE nos três grupos, por orelha	88
Figura 21 -	<i>Box-plots</i> para o limiar estimado do PEAE nos três grupos, por orelha	89
Figura 22 -	<i>Box-plots</i> para o limiar tonal nos três grupos, por orelha	90
Figura 23 -	<i>Box-plots</i> para a diferença entre limiar estimado pelo PEAE e o limiar tonal comportamental nos três grupos, por orelha	92
Figura 24 -	Curva ROC para a diferença entre limiar estimado pelo PEAE e limiar o tonal comportamental na frequência de 500 Hz - Orelha direita	94
Figura 25 -	Curva ROC para a diferença entre limiar estimado e limiar tonal do PEAE na frequência de 500 Hz - Orelha esquerda ..	96
Figura 26 -	Curva ROC para a diferença entre o limiar estimado pelo PEAE e o limiar tonal comportamental na frequência de 2000 Hz - Orelha direita	97
Figura 27 -	Curva ROC para a diferença entre o limiar estimado pelo PEAE e o limiar tonal comportamental na frequência de 2000 Hz - Orelha esquerda	99
Figura 28 -	Gráfico dos valores individuais da diferença entre o limiar estimado pelo PEAE e o limiar tonal comportamental na frequência de 500 Hz, nas duas orelhas.....	101
Figura 29 -	Gráfico dos valores individuais da diferença entre o limiar estimado pelo PEAE e o limiar tonal comportamental na frequência de 2000 Hz, nas duas orelhas.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resumo dos três tipos de respostas gerados pelo <i>GSI</i> - <i>Audera</i> 62
Tabela 2 -	Estatísticas descritivas para a Idade (anos) nos três grupos 66
Tabela 3 -	Distribuição dos gêneros nos três grupos de sujeitos..... 68
Tabela 4 -	Caracterização dos indivíduos do G2 quanto ao lado da lesão neurológica..... 68
Tabela 5 -	Estatísticas descritivas para a porcentagem de acertos no teste dicótico de dígitos nos três grupos, por orelha 69
Tabela 6 -	Comparação entre o número de indivíduos normais e alterados no teste dicótico de dígitos nos três grupos - análise qualitativa..... 71
Tabela 7 -	Estatísticas descritivas para a porcentagem de acertos no teste padrão de duração nos três grupos, por orelha..... 72
Tabela 8 -	Comparação entre o número de indivíduos normais e alterados no teste padrão de duração nos três grupos..... 73
Tabela 9 -	Estatísticas descritivas para o limiar de detecção de <i>gap</i> (ms) no teste <i>GIN</i> nos três grupos, por orelha. 75
Tabela 10 -	Estatísticas descritivas para a porcentagem de acertos no teste <i>GIN</i> nos três grupos, por orelha 77
Tabela 11 -	Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para o limiar do teste <i>GIN</i> - Orelha direita..... 81
Tabela 12 -	Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para a porcentagem de acertos no teste <i>GIN</i> - Orelha direita..... 82
Tabela 13 -	Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para o limiar do teste <i>GIN</i> - Orelha esquerda..... 83
Tabela 14 -	Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para a porcentagem de acertos no teste <i>GIN</i> - Orelha esquerda..... 84
Tabela 15 -	Valores da sensibilidade e especificidade do teste <i>GIN</i> 84

Tabela 16 -	Estatísticas descritivas para o limiar do PEAE nos três grupos, por orelha.....	88
Tabela 17 -	Estatísticas descritivas para o limiar estimado pelo PEAE nos três grupos, por orelha.....	89
Tabela 18 -	Estatísticas descritivas para o limiar tonal nos três grupos, por orelha	90
Tabela 19 -	Estatísticas descritivas para a diferença entre limiar estimado pelo PEAE e limiar tonal comportamental dos três grupos, por orelha	91
Tabela 20 -	Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para a diferença entre limiar estimado pelo PEAE e o limiar tonal comportamental na frequência de 500 Hz - Orelha direita.....	95
Tabela 21 -	Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para a diferença entre limiar estimado e limiar tonal do PEAE na frequência de 500 Hz - Orelha esquerda	96
Tabela 22 -	Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para a diferença entre limiar estimado pelo PEAE e o limiar tonal comportamental na frequência de 2000 Hz - Orelha direita.....	98
Tabela 23 -	Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para a diferença entre o limiar estimado pelo PEAE e o limiar tonal comportamental na frequência de 2000 Hz - Orelha esquerda	99
Tabela 24 -	Valores de sensibilidade e especificidade do PEAE.....	100
Tabela 25 -	Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes <i>GIN</i> (limiar) e PEAE - 500 Hz - Orelha Direita	103
Tabela 26 -	Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes <i>GIN</i> (limiar) e PEAE - 2000 Hz - Orelha Direita	104
Tabela 27 -	Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes <i>GIN</i> (% acertos) e PEAE - 500 Hz - Orelha Direita	104

Tabela 28 -	Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes <i>GIN</i> (% acertos) e PEAE - 2000 Hz - Orelha Direita	105
Tabela 29 -	Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes <i>GIN</i> (limiar) e PEAE - 500 Hz - Orelha Esquerda.....	105
Tabela 30 -	Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes <i>GIN</i> (limiar) e PEAE - 2000 Hz - Orelha Esquerda.....	106
Tabela 31 -	Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes <i>GIN</i> (% acertos) e PEAE - 500 Hz - Orelha Esquerda.....	106
Tabela 32 -	Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes <i>GIN</i> (% acertos) e PEAE - 2000 Hz - Orelha Esquerda.....	107

RESUMO

Rabelo CM. Avaliação eletrofisiológica e comportamental do processamento temporal [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2008.

INTRODUÇÃO: O processamento temporal pode ser definido como a percepção das características temporais do som, ou a percepção na mudança da duração dessas características, dentro de um intervalo de tempo restrito. Para que essas sutis mudanças possam ser percebidas, o sistema nervoso auditivo central necessita de um processamento preciso da estrutura de tempo do sinal acústico recebido. Nesse estudo, os objetivos foram: avaliar a resolução temporal, por meio de dois diferentes testes, o *GIN* (*gap-in-noise*), um teste comportamental, e o Potencial evocado auditivo de estado estável, um teste eletrofisiológico, em indivíduos normais, com lesão neurológica, e com transtorno de processamento auditivo (central); e verificar a sensibilidade e a especificidade, de ambos os testes. **MÉTODOS:** Foram avaliados 70 indivíduos voluntários, de ambos os gêneros, com idade entre 16 e 50 anos, divididos em três grupos: G1(grupo normal), G2 (grupo com lesão de lobo temporal, causada por Esclerose mesial temporal), e G3 (indivíduos com transtorno do processamento auditivo (central)). Todos os indivíduos realizaram ambos os testes. No teste *GIN* foram utilizadas as listas um e dois. Os limiares de detecção de *gap* e a porcentagem de acertos foram calculados para todos os indivíduos. O potencial evocado auditivo de estado estável foi realizado com modulação de frequência de 46 Hz, nas intensidades de 500 e 2000 Hz, em ambas as orelhas. Foram calculados os limiares eletrofisiológicos, os limiares estimados, e a diferença entre o limiar tonal comportamental e o eletrofisiológico, para todos os indivíduos. **RESULTADOS:** Os resultados do teste *GIN* mostraram que os indivíduos do G2 apresentam limiares de detecção de *gap* significativamente piores que os indivíduos do G1 e do G3. O mesmo ocorreu para a porcentagem de acertos, o G2 apresentou uma porcentagem de acertos pior que os grupos G1 e G3. Os indivíduos do G3 apresentaram limiares de detecção de *gap* aumentados em relação ao G1, porém, sem diferença estatisticamente significativa. O teste *GIN* apresentou uma boa especificidade em

todos os grupos, e uma sensibilidade melhor para lesão neurológica do que para transtorno do processamento auditivo (central). Os resultados do potencial evocado auditivo de estado estável mostraram que o G2 apresentou limiares eletrofisiológicos e estimados significativamente piores que os encontrados no G1 e G3. A diferença entre o limiar eletrofisiológico e o comportamental no G2 foi maior que a obtida no G1 e no G3. Os resultados da especificidade e da sensibilidade foram semelhantes aos encontrados no *GIN*. Além disso, foi encontrada uma boa especificidade, e sensibilidade melhor para lesão neurológica que para transtorno do processamento auditivo. CONCLUSÕES: Os indivíduos com lesão de sistema nervoso auditivo central mostraram um maior comprometimento da habilidade de resolução temporal, avaliada no teste *GIN* e no potencial evocado auditivo de estado estável, que os indivíduos com disfunção do sistema nervoso auditivo central, e os indivíduos normais. Os valores de especificidade foram melhores que os valores de sensibilidade em ambos os testes, nos três grupos avaliados. A sensibilidade para lesão neurológica foi melhor que a sensibilidade para transtorno do processamento auditivo (central) em ambos os testes.

Descritores: 1. Potenciais evocados auditivos; 2. Percepção auditiva; 3. Eletrofisiologia; 4. Epilepsia do lobo temporal

SUMMARY

Rabelo CM. Avaliação eletrofisiológica e comportamental do processamento temporal [*thesis*]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2008.

INTRODUCTION: Temporal processing can be defined as a perception of temporal characteristics of the sound, or as a perception of the change in the duration of these characteristics, in a restrict period of time. For these subtle changes to be noticed, the central nervous system needs an accurate processing of the structure of the acoustic stimulus received. The aims of this study were: to assess the temporal resolution using two different tests - the gaps-in-noise test (a behavioral test) and the Auditory steady-state response (an electrophysiological test) in three groups of subjects: normal group; neurological group and (central) auditory processing disorder group. It also aimed to verify the sensitivity and specificity of the two tests. **METHODS:** Seventy volunteers of both genders were evaluated. Subjects ranged in age from 16 to 50 years, and were divided in three groups: G1 (normal group); G2 (subjects with temporal lobe insult caused by temporal mesial sclerosis) and G3 (subjects with (central) auditory processing disorder). Both tests were conducted on all subjects. The lists 1 and 2 of the gap-in-noise test were applied in all subjects. Gap detection threshold and the percentage of correct responses were calculated for all participants. Auditory steady-state response with 46 Hz of frequency modulation was applied for the frequencies of 500 Hz and 2000 Hz in both ears. Electrophysiological and estimated thresholds were calculated, and the difference between estimated and behavioral tonal thresholds was also obtained for the subjects. **RESULTS:** results of the gaps-in-noise test showed that the G2 gap detection thresholds were significantly worse than the G1 and G3 thresholds. The same result was observed for the percentage of correct responses, G2 showed a worse percentage of correct responses than those verified for the G1 and the G3 groups. Individuals of the G3 showed increased gap detection threshold compared with the G1, although this difference was not statistically significant. Gaps-in-noise test showed a good specificity for all

groups, and a better sensitivity for the neurological lesions group than for the central auditory processing disorder group. Auditory steady-state response results suggested that G2 had electrophysiological and estimated thresholds significantly worse than G1 and G3. The difference between electrophysiological and behavioral threshold for G2 was bigger than the difference obtained in G1 and G3. Specificity and sensitivity results were similar to what was observed for the gaps-in-noise test results. Moreover, a good specificity was detected and the sensitivity showed better results for neurological lesions than for (central) auditory processing disorder.

CONCLUSIONS: Individuals with central auditory nervous system lesions showed larger commitment of temporal resolution ability, evaluated through the gaps-in-noise test and through the auditory steady state test, than normal individuals. Specificity values for all groups in both tests were better than sensitivity values. The sensitivity for the neurological lesion group was better than for the central auditory processing disorder group, for the two tests.

Descriptors: 1. Auditory evoked potentials; 2. Auditory perception; 3. Electrophysiology; 4. Temporal lobe epilepsy

INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

Recentemente, na audiologia, o tema que mais tem despertado o interesse e a curiosidade dos cientistas trata de questões que envolvem o tempo. O tempo é essencial para que os estímulos acústicos sejam percebidos e diferenciados. Ele está presente em inúmeras, senão todas, habilidades do processamento auditivo, tais como: lateralização, localização, discriminação, processamento temporal, entre outras.

O processamento temporal pode ser definido como a percepção das características temporais do som, ou a percepção na mudança da duração dessas características, dentro de um intervalo de tempo restrito. Para que essas sutis mudanças possam ser percebidas, o sistema nervoso auditivo central necessita de um processamento preciso da estrutura de tempo do sinal acústico recebido (Moore, 2003; Musiek et al., 2005).

As habilidades do processamento temporal são a base do processamento auditivo, e muitas das informações auditivas são, de alguma forma, influenciadas pelo tempo (Shinn, 2003).

Para a compreensão da mensagem, é necessário que os sinais acústicos sejam decodificados. A codificação neural requer que o sistema nervoso preserve as estruturas relevantes do sinal acústico (Phillips, 1993). Essa codificação inicia-se na cóclea e segue através de impulsos elétricos até os níveis mais altos do sistema nervoso, como o córtex. Segundo o mesmo autor, o som pode ser dividido em quatro grandezas: espectro, amplitude, localização espacial e tempo. A grandeza tempo está

indiretamente ligada às outras três grandezas, pois a codificação neural de frequência, intensidade e localização está baseada em questões temporais.

De acordo com consenso realizado pela ASHA em 1996, revisto em 2005, o processamento auditivo temporal pode ser dividido em quatro categorias: ordenação temporal, integração temporal, mascaramento temporal e resolução temporal.

A habilidade de resolução temporal consiste no tempo mínimo requerido para segregar ou resolver eventos acústicos, e é fundamental para a compreensão da fala humana, constituindo-se num pré-requisito para habilidades lingüísticas, bem como para a leitura (Leitner et al., 1993; Schulte-Körne et al., 1998; Eggermont, 2000).

Para que todas essas habilidades sejam desenvolvidas pelo sistema nervoso é necessário que haja uma sincronia nos neurônios das vias auditivas, desde a cóclea até o córtex.

Para que se possa avaliar as habilidades temporais, são necessários testes que as avaliem, assim como a sincronia neural envolvida em todas estas habilidades. Além disso, é preciso conhecer a sensibilidade e a especificidade de cada um dos testes para se estabelecer um conjunto de testes adequado para cada caso e para cada paciente, tornando a avaliação eficiente, rápida e fidedigna.

As práticas audiológicas atuais incluem procedimentos de avaliação tanto comportamentais, como eletrofisiológicos, que são complementares e extremamente importantes na conclusão do diagnóstico audiológico.

Desta forma, neste estudo, buscamos avaliar a habilidade auditiva de resolução temporal por meio de dois diferentes testes, o *GIN* (*gap-in-noise*) e o *PEAEE* (Potencial evocado auditivo de estado estável), ou *ASSR* (*Auditory steady state response*).

Ambos os procedimentos exigem uma refinada sincronia neural, assim como uma integridade do sistema nervoso auditivo central para que a resolução temporal possa ocorrer adequadamente.

O teste *GIN* utilizado neste estudo foi desenvolvido por Musiek em 2003. É um teste comportamental de detecção de *gaps*, o qual utiliza um método psicoacústico, relativamente simples, que mede a resolução temporal. O autor buscou elaborar um teste que avaliasse os limiares de detecção de *gap*, e que pudesse ser utilizado na prática clínica. Neste tipo de avaliação, são apresentados estímulos sonoros que contêm breves períodos de silêncio (*gap*) e outros que não possuem nenhum *gap*, cabendo, ao indivíduo avaliado, indicar os *gaps* percebidos em cada trecho de ruído (Musiek et al., 2005).

O PEAAE é um teste eletrofisiológico que avalia, entre outros aspectos, a sincronia neural e a locação de fase do estímulo através de frequências moduladas.

Os potenciais evocados auditivos são procedimentos antigos descobertos há muito tempo. Os primeiros registros no escalpo humano datam de 1939, e foram realizados por Hallowell Davis, considerado o precursor dos potenciais evocados auditivos.

O Potencial evocado auditivo de estado estável começou a despertar o interesse dos audiologistas após a publicação de Galambos, Makeig e Talmachoff, em 1981, sobre o “40 Hz event-related potential”. Após inúmeros estudos com diferentes taxas de modulação de amplitude e frequência, os pesquisadores constataram que os potenciais de estado estável poderiam ser obtidos em níveis bem próximos ao nível mínimo de resposta auditiva em neonatos e em adultos (Cohen, Rickards e Clark, 1991; Lins e Picton, 1995; Lins et al., 1996).

O potencial evocado auditivo de estado estável (PEAEE) é uma resposta eletrofisiológica neural do sistema auditivo a tons modulados em frequência e amplitude. Os estímulos são apresentados em taxas de repetição (ou modulação) suficientemente rápidas para ocasionar a superposição do estímulo (Lins, 2002; Picton et al., 2003). Este potencial exige não apenas uma sincronia neural precisa, mas também uma habilidade do sistema auditivo de estar em fase com o estímulo ao longo do tempo (Shinn e Musiek, 2007).

Assim sendo, justifica-se a realização dos dois procedimentos, um comportamental e um eletrofisiológico, *GIN* e PEAEE, em três grupos de pacientes, sendo pacientes com desenvolvimento típico (grupo controle), pacientes com envolvimento lesional de sistema nervoso auditivo central (pacientes com epilepsia de lobo temporal), e pacientes com transtorno de processamento auditivo (central), com o objetivo de se avaliar e comparar o processamento temporal envolvido nos dois testes, a fim de se melhorar a fidedignidade do diagnóstico audiológico.

Espera-se que esses dois testes possuam uma correspondência entre si e que possam, juntos, aumentar a sensibilidade e a especificidade das avaliações que utilizarem essas ferramentas, bem como melhorar a precisão deste diagnóstico.

OBJETIVOS

2 - OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho foi:

Avaliar o processamento temporal através de dois tipos diferentes de teste. Um teste comportamental, denominado *GIN* (*gaps-in-noise*) (Musiek et al., 2005), e um teste eletrofisiológico denominado PEAAE (potencial evocado auditivo de estado estável).

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- a) Comparar o desempenho dos três grupos, G1 (Grupo controle), G2 (indivíduos com Epilepsia de lobo temporal) e G3 (indivíduos com Transtorno do Processamento Auditivo (Central) (TPA(C))), no teste *GIN*, quanto ao limiar de detecção de *gap*, e quanto à porcentagem de acerto;
- b) Comparar os limiares do PEAAE nos três grupos estudados;
- c) Comparar a diferença entre os limiares do PEAAE e da audiometria tonal comportamental nos três grupos estudados;
- d) Verificar e comparar a sensibilidade e a especificidade do Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável (PEAAE) e do teste *GIN* nos três grupos estudados;
- e) Verificar a correspondência entre o teste *GIN* e o PEAAE nos três grupos estudados.

REVISÃO DA LITERATURA

3 - REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, serão apresentados estudos da literatura relacionados ao Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável, ao teste de Detecção de *gap*, e à Epilepsia de lobo temporal. O capítulo será dividido em tópicos, a fim de facilitar a descrição dos estudos apresentados.

O processamento temporal envolvido no PEAE nos remete, necessariamente, aos potenciais evocados auditivos (PEAs), como um todo, e à sua importância nas avaliações auditivas e, atualmente, de processamento auditivo (central).

Os PEAs assumiram um papel fundamental na prática da audiologia. A capacidade técnica de captar potenciais elétricos, gerados em vários níveis do sistema nervoso, em resposta à estimulação acústica produziu uma ampla variedade de aplicações relevantes ao especialista em sistema nervoso auditivo. Como resultado, as avaliações dos potenciais evocados auditivos tornaram-se procedimentos rotineiramente realizados por audiologistas, seja em consultórios particulares, seja em centros hospitalares e universitários.

Os PEAs são extraídos computadorizadamente da atividade bioelétrica a partir da superfície do couro cabeludo após a apresentação de um estímulo acústico. As formas de onda resultantes representam as mudanças de voltagem do nervo auditivo, do tronco encefálico e também do córtex, evocadas por estímulo (Ferraro e Durrant, 1999).

A nomenclatura e a classificação dos potenciais evocados auditivos ainda não estão completamente padronizadas. Geralmente, são baseados no tempo de

aparecimento da resposta após o início da estimulação, conhecida como “tempo de latência” (curto/precoce; médio; longo/tardio) (Picton et al., 1974; Ruth e Lambert, 1991), a origem anatômica (tronco cerebral, cortical), na relação entre o estímulo e a resposta (transitório versus contínuo, exógeno versus endógeno), ou na colocação dos eletrodos (campo próximo ou distante) (Jacobson e Hyde, 1985).

Essa complexidade, relacionada aos potenciais evocados, é constatada desde o efeito dos parâmetros do estímulo sobre as ondas resultantes até a identificação dos componentes, assim como a localização dos sítios geradores (Picton et al., 1974).

O PEAAE pode ser mais facilmente introduzido através do “Potencial auditivo de 40 Hz”, descrito inicialmente por Galambos e um grupo de cientistas, em 1981. A descrição realizada mostrava um potencial auditivo gerado a partir de um estímulo de 40 Hz, contínuo e senoidal, modulado em amplitude na frequência de 40 Hz e apresentado a 70 dBNPS. As respostas se mostraram adequadamente duplicadas e se repetiam na mesma frequência do envelope do estímulo.

Os PEAAEs são gerados quando um estímulo é apresentado em taxas de repetição (ou modulação) suficientemente rápidas, de modo que a resposta de um estímulo se sobreponha à resposta do estímulo seguinte. Esta sobreposição gera uma resposta periódica na frequência da modulação em que o estímulo é apresentado, sendo denominada de estado estável (Lins, 2002).

As repostas podem ser encontradas utilizando-se diferentes taxas de modulação. De acordo com Cone-Wesson et al. (2002), a frequência de modulação e os geradores neurais estão fortemente relacionados. Taxas de modulação menores ou iguais a 20 Hz resultarão em respostas dominadas por aqueles geradores responsáveis por potenciais evocados de longa latência, especificamente áreas de córtex primário e

áreas de associação. Para taxas de modulação entre 20 e 60 Hz, as características da resposta são semelhantes às obtidas pelo potencial evocado auditivo de média latência (PEAML), com geradores associados ao potencial de média latência, tálamo e córtex auditivo primário. Para modulações acima de 60 Hz, serão semelhantes às encontradas nos potenciais de tronco encefálico.

A seguir, estão relacionados, cronologicamente, alguns estudos sobre o Potencial evocado auditivo de estado estável.

3.1 - Potencial evocado auditivo de estado estável – PEAAE

Em 1981, Galambos e colaboradores extraíram, através de uma técnica computadorizada, ondas cerebrais em sequência, que apareciam em fase com o estímulo auditivo. Os potenciais que apareceram entre 8 e 80 milissegundos após um estímulo pareciam 3 ou 4 ciclos de uma onda senoidal de 40 Hz. De acordo com os pesquisadores, esta onda era semelhante à onda obtida quando sons são repetidos em uma velocidade próxima a 40 ciclos por segundo. Além disso, os autores constataram que esse fenômeno, nomeado por eles como potencial relacionado a um evento de 40 Hz, desaparecia na presença de anestésias, e que a resposta estava presente em intensidades sonoras muito próximas aos limiares dos adultos em frequências audiométricas, fato que poderia ter uma aplicação clínica importante.

Em 1984, Rickards e Clark descreveram a técnica de gravação do PEAAE. Segundo eles, o potencial pode ser gravado no escalpo humano por meio de diferentes estímulos, e a análise de Fourier indica a presença de dois ou mais

componentes harmônicos. A presença dos componentes mais altos é resultado da não linearidade do sistema auditivo. Além disso, as respostas diferentes para diferentes modulações de frequência sugerem que cada PEAAE, utilizando modulações diferentes, pode estar associado a uma latência particular. Os pesquisadores destacaram ainda que as duas principais aplicações clínicas do PEAAE são a avaliação dos limiares auditivos e sua utilização como método de diagnóstico para alterações auditivas e neurológicas.

De acordo com Lins e Picton (1995), as respostas de estado estável podem seguir estímulos auditivos múltiplos e simultâneos. Se os estímulos são modulados em diferentes velocidades, respostas específicas para cada estímulo podem ser avaliadas no domínio da frequência. A medida da resposta espectral, se obtida no domínio da frequência, pode ser obtida para cada componente correspondente à velocidade de modulação aplicada. Quando cada estímulo possui uma frequência portadora diferente, ou está em uma orelha diferente, as respostas obtidas com oito estímulos simultâneos não são diferentes de quando os estímulos são apresentados individualmente. Os resultados obtidos pelos autores mostraram que respostas significantes podem ser observadas até intensidades, em média, 14 dB acima do limiar comportamental. Essa técnica, segundo os pesquisadores, pode ser útil nas avaliações objetivas da audição. Além disso, o estudo mostrou que é possível a obtenção de respostas de estado estável para múltiplas modulações da mesma frequência portadora. Neste caso, a amplitude da resposta, quando os estímulos são combinados, é menor que as obtidas com estímulos apresentados individualmente. Baseado nesses achados, os autores relacionaram esses efeitos a uma retificação que

ocorre na transdução coclear do estímulo, e sugeriram que os dados obtidos no estudo fossem usados como um modelo de processamento coclear do estímulo.

Objetivando avaliar a utilidade do PEAAE, Lins e colaboradores, em 1996, realizaram um estudo comparando os limiares comportamentais aos obtidos por meio do potencial evocado auditivo de estado estável. Os resultados obtidos mostraram que os limiares gravados nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz foram, em média, 10 a 20 dB acima do limiar comportamental, e que podiam refletir os limiares audiométricos, tanto em adultos normo-ouvintes, como em indivíduos com perdas auditivas. A simplicidade da detecção e a análise da resposta por meio do domínio da frequência foram destacadas pelos autores como vantagens do PEAAE. Outras vantagens destacadas são: a medição automática da amplitude e da fase da resposta na frequência do estímulo sem a necessidade da visualização dos picos das ondas, a utilização de estímulos modulados em frequência e amplitude, e específicos em determinadas frequências.

A geração do potencial evocado auditivo de estado estável foi investigada por Santarelli e Conti, em 1999. Segundo os autores, as respostas do PEAAE eram consideradas como um resultado de uma sobreposição de respostas de média latência evocadas por estímulos individuais. Entretanto, o estudo realizado por eles mostrou que isso não se aplicou ao PEAAE, quando utilizada uma modulação de frequência que fosse diferente de 40 Hz. Os resultados do estudo sugerem que o sistema gerador do PEAAE não apresenta um comportamento linear, ou seja, para frequências mais baixas de modulação, a amplitude da resposta foi maior e a fase foi menor, quando

comparadas aos valores esperados, e, para frequências mais altas, a amplitude foi menor e a fase maior. De acordo com os pesquisadores, esse fato indica claramente que a diminuição da amplitude e o aumento da fase das respostas do PEAAE são maiores que as esperadas, se as respostas de estado estável forem simplesmente resultantes de uma adição linear de respostas de média latência emitidas por um estímulo individual. Assim sendo, eles concluíram que, apesar da participação, ainda pouco clara, do circuito córtico-talâmico na geração do PEAAE, o sistema gerador deste potencial não apresenta um comportamento linear, descartando-se, assim, a hipótese de uma sobreposição do potencial de média latência como explicação para a geração do PEAAE.

Rance et al., em 1999, realizaram um estudo com crianças diagnosticadas com neuropatia auditiva. O objetivo do estudo foi demonstrar os efeitos da perda auditiva retrococlear no PEAAE. Os resultados mostraram que houve pouca correlação entre os limiares comportamentais e os estimados pelo PEAAE, e também pouca correlação entre os limiares, principalmente nas altas frequências no grupo com neuropatia auditiva. Segundo os pesquisadores, a pouca correlação encontrada entre os limiares nas altas frequências pode ser atribuída a um problema no substrato neural dos indivíduos do grupo com neuropatia auditiva.

A maturação do PEAAE foi estudada por Sávio e um grupo de pesquisadores, em 2001. O estudo, realizado em crianças de zero a doze meses, utilizou tons nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, modulados em diferentes frequências, a fim de acompanhar o processo maturacional do PEAAE. Os resultados mostraram

que a detectabilidade da resposta foi melhor nas crianças mais velhas do que nos recém nascidos, e que, nos neonatos, o PEAE não foi identificado em intensidades próximas aos limiares comportamentais de adultos normais. Outra constatação dos pesquisadores foi a mudança lenta e gradual dos limiares nas frequências baixas, mudança esta que foi mais rápida nas altas frequências. A variação da amplitude, observada entre os indivíduos avaliados, mostrou-se diretamente proporcional à idade das crianças, ou seja, com o aumento da idade do indivíduo avaliado houve, também, o aumento da amplitude da resposta do PEAE. De acordo com os autores, as mudanças ocorrem em velocidades diferentes para estímulos de alta e baixa frequências, e os estímulos de baixa frequência e a amplitude mudam mais lentamente, com a idade, do que os estímulos de alta frequência. Essa mudança poderia ser, segundo os autores, reflexo da sequência maturacional em estruturas cocleares e do tronco encefálico relacionadas à geração do PEAE.

Japaridze, Shakarishvili e Kevanishvili (2002) realizaram um estudo para verificar a eficácia do PEATE, do PEAML, e dos potenciais corticais em 40 indivíduos com esclerose múltipla. O PEATE, o potencial evocado auditivo de média latência (PEAML) e o potencial cortical apresentaram sensibilidade de 65%, 42,5% e 30%, respectivamente. Quando uma combinação entre os potenciais foi realizada, PEATE e potencial de média latência, a sensibilidade aumentou para 80%. Segundo os autores, todos os três potenciais foram capazes de detectar a esclerose múltipla, em sete dos nove pacientes. Os pesquisadores concluíram que a aplicação combinada de potenciais evocados auditivos promove tanto a detecção, como a confirmação de locais com manifestação da esclerose múltipla.

Cone-Wesson e colaboradores (2002) compararam os resultados do PEAEe aos obtidos por meio do potencial evocado auditivo de tronco encefálico (PEATE). Foram realizados dois estudos. O primeiro estudo demonstrou que ambos os testes poderiam ser usados para prever limiares da audiometria tonal em crianças. Ambos mostraram correlação forte e estatisticamente significativa com os limiares tonais em crianças com vários graus de perdas auditivas. As correlações com os limiares tonais foram maiores para o PEATE do que para os limiares do PEAEe, nas frequências de 1 e 2 kHz, enquanto que, em 4 kHz, as correlações foram idênticas, mostrando que, nesta frequência, os dois testes apresentam limiares muito próximos. Houve uma correlação maior entre o PEAEe e os limiares tonais em 500 Hz, se comparados ao PEATE com cliques. A diferença entre os limiares tonais e os eletrofisiológicos foi menor para o potencial de estado estável que para o potencial auditivo de tronco encefálico.

No segundo estudo, os resultados mostraram que, em adultos normo-ouvintes, os limiares do PEATE com “*tone burst (tb)*” eram semelhantes aos obtidos com o PEAEe, quando eram obtidos de maneira automática, e que os limiares estimados variavam com a frequência, velocidade do estímulo e método de detecção. Os menores limiares foram obtidos com detecção visual do potencial evocado auditivo de tronco encefálico. A detecção visual dos limiares do PEATE foi significativamente diferente ($p < .01$) dos limiares obtidos pelo modelo automático e dos limiares do PEAEe com modulação de 41Hz, mas não dos limiares obtidos com modulação mais alta, de 95Hz. As diferenças entre os limiares do PEATE e do PEAEe com 41Hz não foram significantes, quando analisadas após a realização dos exames. De acordo com os autores, os estudos mostraram que o PEAEe pode ser usado para estimar os

limiares tonais em recém nascidos, crianças com risco para perda auditiva, e também em adultos com audição normal.

Vander Werff e colaboradores (2002) realizaram um estudo cujo objetivo foi comparar os limiares do PEAEe aos limiares do PEATE, em um grupo de crianças com perdas auditivas. Foram avaliadas 32 crianças sedadas, com idades entre 02 meses e 03 anos e 03 meses. Realizaram o PEATE, bilateralmente, nas frequências de 500 Hz e com cliques e, em seguida, o PEAEe nas frequências de 500, 2000 e 4000 Hz, em ambas as orelhas. As frequências usadas foram moduladas em 100% de amplitude e 10% em frequência, nas seguintes modulações de frequência: 74, 88 e 95 Hz, respectivamente. Os resultados mostraram que existe uma correlação forte e significativa entre os limiares do PEAEe em 2000 Hz e os limiares do PEATE com cliques. Correlação semelhante foi encontrada entre a média dos limiares do potencial de estado estável em 2000 e 4000 Hz e os limiares do potencial auditivo de tronco encefálico com cliques. Embora a correlação entre os limiares do PEAEe e do PEATE com “*tone burst*” não tenha sido tão forte como a observada entre os limiares do PEATE com cliques e os limiares do PEAEe nas altas frequências, a correlação ainda foi forte e significativa. Os resultados do estudo sugerem que o PEAEe pode ser uma alternativa para estimar os limiares auditivos de crianças sob sedação. Além disso, em alguns casos, na frequência de 500 Hz, houve resposta no PEAEe, mas não foi observada resposta com o potencial evocado auditivo de tronco encefálico. Isso pode significar uma vantagem do PEAEe sobre o PEATE nos casos de perda auditiva de grau severo a profundo.

Em um estudo com pacientes pediátricos, Stueve e O'Rourke (2003) realizaram um estudo cujo objetivo consistiu em medir os limiares do PEAAE em crianças com idades entre 01 e 125 meses, além de determinar as correlações existentes entre o potencial evocado auditivo de estado estável, o potencial evocado auditivo de tronco encefálico, e a audiometria comportamental. Para tanto, foram comparados os limiares de 76 crianças, utilizando-se os três métodos de avaliação. Os resultados mostraram que 65% das orelhas que apresentaram ausência de respostas na frequência de 500 Hz, quando avaliadas com o potencial auditivo de tronco encefálico, possuíam presença de respostas na mesma frequência quando foram avaliadas com o PEAAE na intensidade de 105 dBNA. Baseado nos resultados obtidos, os autores puderam constatar que não houve nenhum caso em que o PEAAE estivesse ausente e o PEATE presente, nos limites dos equipamentos. Na comparação entre todos os métodos utilizados, os pesquisadores observaram uma forte correlação entre eles, porém, as maiores correlações obtidas foram: entre os limiares do PEATE com cliques e os limiares do PEAAE ($p < .001$) nas frequências de 1k, 2k e 4k Hz; e entre os limiares do PEATE-*tb* e os limiares do PEAAE ($p < .001$) nas frequências de 250 e 500 Hz. A menor correlação encontrada no estudo foi de 0.60 ($p < .001$), na frequência de 500 Hz, entre os limiares do PEATE-*tb* e os limiares comportamentais. Para os pesquisadores, um achado importante do estudo foi a presença de limiar no potencial evocado auditivo de estado estável em casos cujos limiares do potencial auditivo de tronco encefálico estavam ausentes, principalmente na frequência de 500 Hz. Assim sendo, concluíram que o potencial evocado auditivo de estado estável é um teste que pode medir com precisão a sensibilidade auditiva além dos limites dos

outros métodos de avaliação, e que pode colaborar nas avaliações de crianças sob sedação que possuam perdas auditivas de grau severo a profundo.

Em 2004, Firszt e seu grupo de pesquisadores investigaram a efetividade do PEAAE como medida da sensibilidade auditiva de crianças com suspeita de perda auditiva. Avaliaram 42 crianças sob sono natural ou sob sedação, com idade entre 01 e 54 meses, utilizando o potencial evocado auditivo de tronco encefálico e o potencial evocado auditivo de estado estável. O estímulo usado no PEAAE consistia de 4 tons nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz, moduladas em 100% em amplitude e 10% em frequência, em velocidades de modulação de frequência de 74, 81, 88 e 95 Hz, respectivamente. Os resultados obtidos no estudo mostraram que, em apenas três orelhas, as respostas foram ausentes nos dois potenciais, e que, na maioria dos casos, nos quais não foram encontradas respostas em altas intensidades no potencial evocado auditivo de tronco encefálico, foram encontradas respostas com o potencial de estado estável. A correlação entre os dois potenciais foi forte, principalmente nas frequências de 2 e 4KHz. Dessa forma, os pesquisadores acreditaram que o potencial auditivo de estado estável pode ajudar na detecção de diferenças entre as orelhas, as quais não seriam evidentes quando não houver resposta no PEATE bilateralmente, e sugeriram que crianças com ausência de respostas no potencial evocado auditivo de tronco encefálico devem realizar exames eletrofisiológicos complementares para que o diagnóstico do grau da perda seja mais preciso.

Luts e colaboradores (2004) realizaram um estudo cujo objetivo foi descrever os resultados obtidos com o PEAE, utilizando múltiplos estímulos dicóticos. Para tanto, os autores compararam os limiares auditivos tonais comportamentais aos obtidos nos potenciais auditivos de tronco encefálico e de estado estável. A relação entre a precisão dos limiares estimados, obtidos com o PEAE, e a duração do teste também foi investigada, pois, na avaliação de recém nascidos, a duração do teste é um problema importante na procura por uma técnica confiável e objetiva. Foram avaliadas 10 crianças, com idade entre 03 e 14 meses, e os quatro estímulos foram simultaneamente apresentados em cada orelha. Os limiares do PEAE foram colhidos em sessões com duração aproximada de 5, 7.5 e 10 minutos, e os limiares comportamentais foram obtidos logo em seguida. Os limiares do PEATE foram comparados aos obtidos no PEAE na frequência de 2000 Hz, pois o estímulo cliques contém um espectro com energia próxima à frequência de 2000 Hz. Os resultados em 2000 Hz mostraram uma correlação de 0.77 entre os limiares do potencial evocado auditivo de tronco encefálico e o potencial auditivo de estado estável, e uma correlação de 0.92 entre o PEAE e os limiares tonais comportamentais. As comparações entre os limiares tonais e os obtidos no PEAE depois de varreduras de, no máximo, 16, 24 e 32 estímulos, mostraram que a precisão dos limiares estimados encontrados variava de acordo com o número de estímulos utilizados para a obtenção do limiar; quanto maior o número de estímulos, maior a precisão do limiar estimado, e mostraram, também, que a diminuição do tempo de teste acarretou um aumento na diferença entre os limiares tonais e os estimados pelo PEAE. Os autores concluíram que o aumento na duração do teste,

avaliando frequências separadamente, com um maior número de estímulos, aumenta a precisão dos limiares estimados, independentemente da frequência avaliada.

A integração temporal foi estudada por Ross e Pantev (2004) através do potencial auditivo de estado estável e da habilidade de detecção de *gap*. O objetivo foi determinar a menor duração de *gap* que produziria mudanças visíveis nas respostas do PEAAE. Este potencial é definido pelos autores como uma atividade evocada auditiva que segue a estrutura temporal do estímulo, e que por essa razão é importante no estudo do processamento temporal do sistema nervoso auditivo. Foram avaliados 16 indivíduos com idades entre 21 e 32 anos. Para que a amplitude fosse a maior possível, foi utilizada a frequência de modulação de 40 Hz e a frequência portadora de 500 Hz. Os resultados mostraram que o *gap* provoca uma diminuição na amplitude da resposta do PEAAE, e que, independentemente da duração do *gap*, a amplitude se restabelece após 200 ms do segundo tom apresentado. Os *gaps* com duração maior ou superior a 3 ms provocam mudanças que podem ser observadas nas respostas do PEAAE e que, nas frequências mais altas, o desempenho diminui e apenas os *gaps* mais longos são identificados. Para os pesquisadores, a fonte geradora do PEAAE está localizada ao longo do giro de Heschl e, principalmente, no córtex auditivo primário. Os autores concluíram que, utilizando a frequência de 500 Hz com modulação de frequência de 40 Hz, *gaps* de 3 ms podem ser identificados através de mudanças no potencial evocado auditivo de estado estável. Além disso, a amplitude do PEAAE aumenta com a diminuição da frequência portadora, especialmente abaixo de 1000 Hz, e que o desempenho na detecção de *gap* aumenta quando o primeiro tom que antecede o *gap* possui uma duração maior, por exemplo,

de 200 ms. Os pesquisadores concluíram, portanto, que a integração temporal, revelada pela melhora no desempenho de detecção de *gap* após o aumento da duração do estímulo, aponta para um processamento central da estrutura temporal do som.

O Potencial evocado auditivo de média latência (PEAML) foi estudado em indivíduos com TPA(C) e em indivíduos com lesão neurológica por Schochat, Rabelo e Loreti, em 2004. Os indivíduos com TPA(C) mostraram resultados próximos aos obtidos nos indivíduos normais, no que diz respeito à latência da onda Pa. Entretanto, as pesquisadoras ressaltaram que as amplitudes, talvez a principal medida do PEAML, estavam diminuídas neste grupo, em relação às obtidas pelo grupo normal. Nos indivíduos com lesão neurológica, os resultados foram significativamente diferentes dos encontrados no grupo normal e no grupo com TPA(C). De acordo com as autoras, o corte de 30% foi o corte que proporcionou o maior equilíbrio entre a sensibilidade e a especificidade. A sensibilidade obtida com este corte, para o grupo com TPA(C), foi de 64,7% e, para o grupo com comprometimento neurológico, foi de 55,6%. A conclusão do estudo mostrou que o PEAML foi capaz de refletir a integridade e a maturação do SNAC.

Johnson e Brown (2005) realizaram um estudo comparando a precisão com que o PEAAE e o PEATE estimavam os limiares comportamentais em indivíduos com audição normal, perdas auditivas planas e perdas auditivas em altas frequências. Os potenciais foram gravados em 14 adultos com audição normal, 10 com perda auditiva plana e 10 com perda auditiva neurossensorial, em altas frequências. Os

resultados indicaram que, as diferenças entre os limiares tonais e eletrofisiológicos foram menores, quando os limiares foram obtidos com o potencial evocado auditivo de tronco encefálico, do que quando foram obtidos com o potencial auditivo de estado estável. Além disso, as diferenças entre os limiares eletrofisiológicos obtidos também foram significativamente menores nas frequências com perda auditiva do que nas frequências com limiares normais. De acordo com as análises estatísticas realizadas pelos autores, não existiu diferença estatisticamente significativa, quanto à exatidão com que ambos os potenciais predisseram os limiares comportamentais. O PEAAE, porém, superestimou os limiares auditivos comportamentais em dois indivíduos com audição normal, enquanto o PEATE constatou um limiar mais próximo do limiar comportamental. Os pesquisadores concluíram que ambos os testes forneceram limiares estimados próximos dos limiares obtidos na audiometria comportamental, em todos os três grupos avaliados, e que, no geral, o potencial evocado auditivo de estado estável obteve respostas em altas frequências, em níveis de intensidade mais próximos aos níveis encontrados na audiometria comportamental, em indivíduos com perda auditiva. Contudo, o PEATE pode ser uma escolha mais apropriada quando a população a ser avaliada apresenta grande chance de possuir limiares auditivos comportamentais normais.

Shinn, em 2005, realizou um estudo para comparar os limiares comportamentais aos estimados pelo potencial evocado auditivo de estado estável em indivíduos com lesão confirmada de sistema nervoso auditivo central (SNAC), e para determinar a sensibilidade e a especificidade deste potencial na detecção de lesões do SNAC. Os limiares do estado estável foram obtidos nas frequências de 500 e 2000

Hz com velocidade de modulação de 46 Hz. As comparações intra-grupos e inter-grupos mostraram uma forte correlação entre seus limiares comportamentais e os estimados pelo PEAAE no grupo de indivíduos com audição normal. Contrariamente a esse fato, o grupo com lesão demonstrou uma correlação pobre entre os mesmos limiares. Além disso, os indivíduos com comprometimentos neurológicos mostraram limiares mais elevados, que foram em média 24 dB maiores que os comportamentais na frequência de 2k Hz. A sensibilidade do PEAAE em sua habilidade de detecção de lesões do SNAC no tronco encefálico, e em níveis sub-corticais e corticais, foi de 64%, considerando um desvio padrão, e de 45% para dois desvios padrão. Segundo a autora, os resultados obtidos no estudo sugerem que os indivíduos com lesão neurológica podem parecer indivíduos com perdas auditivas, ou podem aparentar ter uma perda auditiva maior do que eles realmente apresentam, considerando os limiares encontrados no PEAAE. A especificidade do teste foi excelente, particularmente para dois desvios padrão (91%). Quando a autora utilizou apenas um desvio padrão, houve uma queda na especificidade para 81%. No geral, a eficiência do teste foi boa tanto para um desvio padrão (68%), como para dois desvios padrão (73%).

Neste estudo, além do potencial evocado auditivo de estado estável, os indivíduos também realizaram o teste *GIN*, o qual avalia a habilidade de resolução temporal. Os resultados obtidos nos indivíduos do grupo estudo mostraram que os limiares de detecção de *gap* foram 7.8 ms para a orelha esquerda e 6.0 ms na orelha direita, resultados claramente superiores aos obtidos por Musiek et al. (2005). Segundo a autora, pode-se observar que, baseado nos resultados do teste *GIN*, os indivíduos com alterações neurológicas apresentam uma dificuldade no

processamento temporal, e isto pode ter afetado a habilidade do sistema em responder em fase com o estímulo, o que, conseqüentemente, resulta numa coerência de fase pobre e em limiares do PEAAE mais altos que os esperados. A autora concluiu que a correlação pobre entre os limiares comportamentais e eletrofisiológicos, obtidos com o PEAAE, observada no grupo com alteração neurológica, pode ser um resultado de uma alteração na capacidade dos neurônios em responder em fase com o estímulo, podendo estar relacionada a um processamento temporal alterado. Se este for o caso, um déficit no processamento temporal poderia resultar em uma falha na sincronia e em uma inabilidade do sistema em responder em fase com o estímulo.

Calil, Lewis e Fiorini (2006) estudaram o PEAAE em lactentes ouvintes. Foram avaliados 14 crianças com idade entre 2 e 19 meses, com e sem risco para deficiência auditiva. Todos os indivíduos avaliados deveriam apresentar presença das emissões otoacústicas e potencial evocado auditivo de tronco encefálico normal bilateralmente. O limiar de resposta para o PEAAE foi investigado em 28 orelhas com o equipamento *Smart EP (Intelligent Hearing System – IHS)*, nas frequências de 500Hz, 1kHz, 2kHz e 4kHz, moduladas em amplitudes. As pesquisadoras observaram uma atenuação nas respostas, na frequência de 500 Hz, sendo que, algumas vezes, foi necessária a pesquisa isolada da frequência. Na pesquisa do nível mínimo de resposta, na frequência de 500 Hz, as médias encontradas foram superiores às obtidas nas frequências de 1, 2 e 4k Hz. Além disso, comparando-se as frequências avaliadas, a frequência de 500 Hz apresentou a menor correlação com a audiometria tonal limiar. Os níveis mínimos de resposta obtidos na pesquisa

do potencial auditivo de estado estável (em dBNA corrigido) nas crianças avaliadas indicaram uma relação muito próxima dos limiares tonais, entre zero e 25 dBNA. De acordo com as autoras, o PEAAE é um exame promissor, devido à possibilidade de pesquisar-se múltiplas frequências, simultaneamente e bilateralmente.

Canale e colaboradores desenvolveram, em 2006, um estudo no qual foram comparados os limiares da audiometria tonal aos limiares obtidos através do PEAAE. Os resultados encontrados coincidiram com os observados por outros pesquisadores, ou seja, a diferença entre os limiares foi maior em pacientes com audição normal do que a encontrada em pacientes com perdas auditivas. Segundo os pesquisadores, uma possível justificativa para essa diferença menor, nos casos de perda auditiva, seria um dano nas células ciliadas internas, existindo uma descarga neuronal insuficientemente sincrônica para que se pudesse obter uma resposta válida no PEAAE. Dessa forma, os limiares eletrofisiológicos dos pacientes com perdas auditivas são maiores, logo, mais próximos aos limiares tonais comportamentais.

Rance, Tomlin e Rickards, em 2006, estudaram as respostas do potencial evocado auditivo de estado estável e do potencial evocado auditivo de tronco encefálico em recém nascidos normais, a fim de acompanhar o desenvolvimento desses dois potenciais ao longo das seis primeiras semanas de vida dessas crianças. Os objetivos do estudo foram: acompanhar as medidas dos dois potenciais nos recém nascidos ao longo das 6 primeiras semanas de vida, e comparar os achados com os resultados dos mesmos potenciais em crianças que falharam na triagem auditiva neonatal. Segundo os autores, inúmeros estudos indicaram que a amplitude do

PEAEE aumenta significativamente nas primeiras semanas de vida. No estudo, foram avaliadas 17 crianças nascidas a termo, nas idades de 0, 2, 4, e 6 semanas de vida. O PEAEE foi realizado com a modulação de 74 Hz na frequência de 500 Hz, e com modulação de 95 Hz para tons de 4000 Hz. Os potenciais foram gravados através do *GSI Audera*. Os resultados mostraram que a média dos limiares do PEAEE (em dBNA) em 500 Hz ficou entre 44.4 e 39.7 dBNA, e em 4 kHz, entre 37.9 e 32.1 dBNA. Os limiares com o “*tone burst*” foram significativamente menores, entre 36.8 e 36.2 dBNA na frequência de 500 Hz, e entre 16.5 e 15.9 em 4 k Hz. Entretanto, de acordo com os pesquisadores, quando os estímulos usados para cada teste foram calibrados em nível de pressão sonora, os resultados obtidos foram muito semelhantes. Os pesquisadores avaliaram ainda a variação intra-sujeito, e constataram que nos 17 avaliados foram observadas mudanças nos limiares do PEAEE, mas não no PEATE. Os autores concluíram que os achados no estudo sugerem que, para neonatos normais, o PEATE-*tb* é uma técnica que pode oferecer uma base mais confiável para estimar os níveis de audição do que o PEAEE. Isto não se dá por causa dos limiares menores encontrados no PEATE-*tb*, e sim pela menor influência do desenvolvimento maturacional nas primeiras semanas de vida e por ser menos variável entre os indivíduos.

Sherf e colaboradores (2006) realizaram um estudo cujo objetivo era investigar as aplicações clínicas do PEAEE utilizando o equipamento *GSI Audera*. O estudo foi dividido em duas partes: observar a correlação entre os limiares do PEAEE e a audiometria comportamental com tons puros em adultos, e observar a correlação entre as médias dos limiares do PEAEE nas frequências de 2 a 4 kHz e os

limiares obtidos com o PEATE com cliques em crianças. O PEATE foi gravado em adultos acordados e em crianças dormindo, em indivíduos com perda auditiva nas frequências de 500 a 4 kHz. Os valores de modulação de frequência (MF) utilizados ficaram entre 46 e 95 Hz. Os resultados mostraram uma forte relação entre os limiares estimados pelo potencial evocado auditivo de estado estável e os limiares comportamentais. Segundo os pesquisadores, a média dos limiares estimados pelo potencial de estado estável abaixo de 40 dBNA mostrou um valor preditivo de 92% para a média dos limiares da audiometria tonal abaixo de 40 dBNA, com uma sensibilidade de 81% e uma especificidade de 94%. Além disso, para os normo-ouvintes, os autores encontraram uma relação significativa entre a média dos limiares estimados pelo potencial evocado auditivo de estado estável e a média dos limiares obtidos nas mesmas frequências (500 a 4 kHz) na audiometria comportamental. Para as crianças, foi observada uma forte correlação entre a média dos limiares estimados obtidos nas frequências de 2 e 4kHz e o PEATE com cliques, o que foi considerado como “*golden standart*”. Dessa forma, os autores concluíram que: se as médias dos limiares estimados obtidos no PEATE, para as frequências de 0.5 a 4 kHz, for maior que 40 dBNA, os limiares estimados pelo PEATE numa determinada frequência são confiáveis e podem ser usados para prever os limiares da audiometria tonal; se a média dos limiares estimados obtidos no PEATE, para as frequências de 0.5 a 4 kHz, for menor ou igual a 40 dBNA, os limiares individuais estimados para cada frequência específica pode estar muito diferente dos limiares reais.

Van der Reijden, Mens e Snik (2006) estudaram diferentes métodos de avaliação eletrofisiológica da audição, a fim de constatar qual seria a maneira mais

precisa para estimar os limiares auditivos comportamentais. Para comparar os diferentes métodos, os pesquisadores decidiram manter os parâmetros de medida o mais constante possível, no que diz respeito a equipamento de estimulação, sistema de gravação, posição de eletrodos e tempo de gravação de cada medida. No estudo, foi comparado o PEATE com “*tone burst*” e o PEAAE, com modulações de 40 e 90 Hz, com o objetivo de determinar qual deles era o mais preciso na obtenção dos limiares auditivos, nas frequências de 500 e 2000 Hz, em adultos acordados com audição normal. Para tanto, foram avaliados 11 adultos com audição normal, e os limiares foram obtidos com os três métodos nas intensidades de 10, 18 e 26 dBNS em 500 Hz, e de 10, 12 e 22 dBNS na frequência de 2000 Hz. Os resultados mostraram que o potencial auditivo de estado estável com 40Hz produziu respostas significativamente melhores, ou seja, limiares mais baixos com desvio padrão igual a zero. Já a análise da onda V no PEATE com “*tone burst*” produziu limiares maiores. O estado de alerta dos indivíduos avaliados pode ter tido uma influência grande nos melhores resultados no PEAAE com 40 Hz, e também nos piores resultados com a modulação de 90 Hz. Os resultados sugerem que o potencial auditivo de estado estável é melhor na obtenção objetiva de medidas por frequência específica. Segundo os autores, a principal diferença entre as medidas do PEATE com “*tone burst*” e do PEAAE é o método de obtenção das respostas. No potencial evocado auditivo de estado estável, as respostas foram determinadas objetivamente através de um algoritmo (F test), enquanto a onda V do potencial auditivo de tronco encefálico foi determinada por um julgamento visual realizado por audiologistas experientes. A análise destas respostas de estado estável mostraram limiares estimados por volta de 13 e 14 dBNS (nas frequências de 500 e 2000 Hz, respectivamente), portanto,

consideravelmente melhores que os limiares estimados obtidos com a análise da onda V. Os autores concluíram que a detecção de respostas através de um método matemático foi uma maneira mais eficiente de detecção de limiares que a detecção visual da onda V do PEATE, e que, em adultos acordados, a modulação de 40 Hz produziu respostas ainda melhores que os resultados com a modulação de 90 Hz, especialmente na frequência de 500 Hz.

As respostas do PEAE em indivíduos com lesões do SNAC foram estudadas por Shinn e Musiek, em 2007. O objetivo foi comparar os limiares auditivos comportamentais com os estimados pelo PEAE e verificar se esses pacientes poderiam ser precisamente avaliados por meio deste potencial evocado auditivo. As comparações foram feitas entre indivíduos normais e com lesões neurológicas, e duas frequências foram avaliadas, 500 e 2000 Hz moduladas em 46 Hz. Os resultados mostraram que, no grupo controle, houve uma forte correlação entre os limiares comportamentais e os estimados pelo PEAE. Entretanto, o mesmo não pode ser obtido no grupo neurológico. Além disso, os autores destacaram que o grupo neurológico mostrou limiares elevados, em média 24 dB maiores que os limiares comportamentais na frequência de 2000 Hz. Os pesquisadores sugeriram, baseados nas conclusões do estudo, que indivíduos com comprometimentos neurológicos, quando avaliados somente pelo PEAE, podem apresentar perdas auditivas as quais, na realidade, não existem, ou possuir um grau mais grave de perda auditiva do que eles realmente possuem. Outra constatação dos pesquisadores foi que o PEAE pode ser uma boa ferramenta na detecção de disfunções do SNAC.

3.2 - Detecção de *Gaps* e o teste *GIN* (*Gaps-In-Noise*)

Efron et al. (1985) constataram que pacientes submetidos à lobotomia temporal anterior apresentavam um melhor desempenho na orelha ipsilateral à lesão do que na orelha contralateral. Segundo os autores, os achados revelaram a participação da região temporal anterior nas habilidades de resolução temporal, pois, independente do lado da cirurgia, houve um déficit na detecção de *gap* na orelha contralateral à lesão.

Moore et al. (1992) realizaram um estudo em idosos com idades entre 63 e 86 anos, com e sem perda auditiva. Os achados mostraram que os limiares de detecção de *gap*, em intensidades mais elevadas, foram semelhantes nos dois grupos avaliados. A média do limiar de detecção de *gap* foi visivelmente maior que aquela obtida em indivíduos sem perdas auditivas, mas isso ocorreu principalmente devido aos resultados de alguns indivíduos que obtiveram limiar extremamente elevado. A maioria dos idosos possuiu limiares dentro da normalidade. De acordo com os pesquisadores, a redução da habilidade de resolução temporal não parece ser uma consequência inevitável do envelhecimento, e a redução na seletividade de frequência apresentada pelos idosos também não é uma consequência do envelhecimento, mas está associada com as perdas auditivas que frequentemente ocorrem nos idosos.

Musiek (1994) relatou que o processamento temporal do som é necessário para a decodificação da fala, e que os dois hemisférios cerebrais participam desse

processo: o esquerdo por ser dominante para a fala, linguagem e ordenação temporal, e o direito por ser responsável pela identificação dos padrões acústicos. Os padrões acústicos (frequência, intensidade e duração) envolvem processos perceptuais e cognitivos, sendo que o de duração necessita de maior maturação do sistema nervoso central.

Kelley, Rooney e Phillips (1996) avaliaram furões, antes e depois de lesões bilaterais de córtex auditivo primário, a fim de verificar a influência da lesão cortical na habilidade desses animais em detectar *gaps* inseridos em ruído. Os animais foram avaliados com ruído de banda entre 8 e 11K Hz, a 70 dBNPS. Os resultados do estudo mostraram que, após as lesões bilaterais de córtex auditivo, os furões ainda eram capazes de detectar os *gaps* apresentados, mas o limiar médio de detecção passou de 10.1 ms, antes da lesão, para 20.1 ms, após a lesão. Segundo os autores, o córtex auditivo, por ser o coração do sistema auditivo cortical, tem um papel importante em tarefas perceptuais que requerem um refinado processamento temporal, e a precisão com que as respostas dos neurônios corticais são disparadas pode diminuir após as lesões, acarretando dificuldades na transmissão do estímulo, e, conseqüentemente, pode provocar um aumento do limiar. Concluíram que o estudo com modelo animal mostrou alterações na habilidade de resolução temporal após lesões corticais, as quais podem ser relacionadas aos prejuízos perceptuais observados em humanos após lesões neurológicas.

Snell (1997) estudou os efeitos da idade na resolução temporal. A tarefa de detecção de *gap* foi aplicada com e sem ruído de fundo. Os resultados dos limiares

de detecção de *gap* foram comparados em dois grupos, adultos jovens com idades entre 17 e 40 anos, e idosos com idade entre 64 e 77 anos. A média dos limiares ficou entre 2.1 e 10.1 ms, e foi maior nos indivíduos idosos. Embora os limiares de detecção de *gap* em jovens e em idosos tenham mostrado padrões semelhantes, os idosos foram mais sensíveis ao ruído em algumas condições. O aumento da complexidade do estímulo, pela adição do ruído de fundo, pode ter prejudicado a resolução temporal de uma forma maior que o efeito do mascaramento propriamente dito. Os autores concluíram que a resolução temporal é uma habilidade auditiva que pode estar prejudicada em indivíduos idosos.

Clark et al. (2000) demonstraram, em estudos com animais que possuíam malformações corticais, um aumento significativo do limiar de detecção de *gap*, quando comparados aos animais sem malformações do mesmo tipo. As malformações corticais apresentadas pelos ratos estudados são as mesmas apresentadas por indivíduos com dislexia, e causam um comprometimento do processamento auditivo rápido por atingirem áreas de córtex auditivo primário e secundário. Os resultados mostraram que os animais que possuíam as malformações apresentavam limiares de detecção de *gap* maiores que os ratos sem lesão neurológica, em torno de 5ms. A detecção de *gaps* acima de 10 ms não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos. De acordo com os pesquisadores, os resultados obtidos confirmam a relação entre lesões corticais e o prejuízo do processamento rápido da informação auditiva. Além disso, corroboram os resultados obtidos em indivíduos com dislexia, cujos limiares de detecção de *gap* são significativamente maiores que os obtidos em indivíduos sem dislexia.

Em 2003, Moore descreveu a habilidade de resolução temporal como sendo a resolução de mudanças no envelope da onda, e não somente na estrutura fina do som, dependente de dois processos: a análise do padrão temporal intracanal e intercanal de frequência. Segundo o autor, a maior dificuldade em medir a resolução temporal do sistema nervoso auditivo é a mudança na magnitude do espectro. Além disso, a detecção de uma mudança no padrão temporal pode, em alguns casos, depender não só da resolução temporal por si só, mas também da detecção de mudanças espectrais. Um exemplo de tarefa de resolução temporal, segundo o autor, é a discriminação entre um tom curto (cliques) e dois cliques separados por um intervalo de tempo. Neste caso, sendo os sons de mesma energia e de intensidade semelhante, esta tarefa seria capaz de medir diretamente a habilidade de resolução temporal. Outra maneira de avaliar a resolução temporal seria utilizando sinais cuja magnitude do espectro não muda quando o padrão de tempo é alterado, por exemplo, usando o ruído branco, cujo espectro permanece plano mesmo quando é interrompido por um intervalo de silêncio. Esta seria uma forma simples para medir a habilidade de resolução temporal.

De acordo com Musiek et al. (2005), o teste *GIN* (*Gap-in-Noise*) foi desenvolvido com o intuito de buscar uma ferramenta que pudesse ser aplicada na avaliação da habilidade de detecção de *gap*, especialmente em pacientes com alterações auditivas centrais. Os autores realizaram um estudo cujo objetivo foi investigar o valor do procedimento de detecção de *gap* na avaliação da habilidade de resolução temporal. Foram avaliados 68 indivíduos, 50 normais e 18 com lesões

neurológicas (tanto de tronco encefálico, como de hemisférios direito e/ou esquerdo). Os resultados das avaliações mostraram limiares maiores para os indivíduos com alterações neurológicas que para os indivíduos do grupo controle. O grupo controle apresentou em média um limiar de detecção de *gap* de 4.9ms para a orelha direita e de 4.8ms para a orelha esquerda. Baseando-se nos resultados obtidos, tanto de limiar aproximado de detecção, quanto de média de acertos, os autores buscaram estabelecer critérios de sensibilidade e de especificidade para o *GIN*. Segundo eles, se o critério de corte entre os normais e os alterados fosse estabelecido pelo acréscimo de dois desvios padrão, o corte para o grupo normal seria de 7 ms, e 12 em 18 pacientes do grupo com alterações neurológicas (67% de sensibilidade) falhariam no teste em pelo menos uma orelha. Se o mesmo critério fosse aplicado ao grupo controle, porém, apenas 03 dos 50 indivíduos teriam falhado no teste (94% de especificidade). Se o critério de corte fosse a porcentagem média de acertos, considerando-se uma média de 70% de acertos com dois desvios padrão (aproximadamente 16%), a porcentagem de corte seria de 54% para cada orelha. Aplicando-se esse critério, 8 em 18 sujeitos neurológicos (44% de sensibilidade) teriam falhado em pelo menos uma orelha, enquanto nenhum dos indivíduos do grupo controle teria falhado em nenhuma das duas orelhas (100% de especificidade). Assim sendo, os autores concluíram que, tanto o limiar de detecção de *gap*, quanto à porcentagem média de acertos, constituem boas medidas de teste, no que diz respeito à sensibilidade e à especificidade do teste. Entretanto, os índices de sensibilidade e de especificidade, encontrados no estudo, mostram que o teste *GIN* é mais sensível a comprometimentos corticais do que a comprometimentos de tronco encefálico. A

conclusão dos estudiosos foi que o teste *GIN* mostrou-se ser uma ferramenta útil na avaliação da resolução temporal.

Samelli (2005) realizou um estudo cujo objetivo principal foi estabelecer critérios de normalidade para o teste *GIN*, em adultos normais. Os resultados do estudo mostraram limiares de detecção de *gap* e porcentagens médias de acertos semelhantes para ambas as orelhas, para ambos os gêneros, e para as quatro faixas testes propostas por Musiek et al. (2005). A autora concluiu, após a avaliação de 100 indivíduos, que a curva de desempenho obtida poderá servir como parâmetro com relação às porcentagens de acertos esperadas para cada intervalo de *gap*. Além disso, o teste mostrou-se consistente, com pequena variabilidade de respostas em todos os indivíduos avaliados, e uma ferramenta confiável para ser utilizado na prática clínica nas avaliações de processamento temporal.

Bamiou et al. (2006) avaliaram pacientes com lesão localizada na ínsula e em áreas adjacentes, e observaram um aumento dos limiares no teste *GIN* destes pacientes. Em cinco indivíduos com lesão de hemisfério direito ou hemisfério esquerdo, os resultados foram alterados bilateralmente; em outros três casos, os resultados foram alterados na orelha contralateral à lesão. Os resultados obtidos, relacionados à habilidade de resolução temporal, reafirmaram a boa sensibilidade do teste em identificar lesões corticais do sistema auditivo, e sugerem que as lesões da ínsula e de regiões adjacentes (sub-corticais e corticais) podem afetar as funções auditivas centrais e de resolução temporal.

Weihing, Musiek e Shinn (2007) realizaram um estudo cujo objetivo principal foi investigar a influência das diferentes intensidades de apresentação do estímulo no desempenho do teste *GIN*, em 10 adultos normo-ouvintes. O teste foi apresentado nas intensidades de 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 dBNS acima do limiar de ruído (mesmo ruído utilizado no teste *GIN*), e foram computados o limiar de *gap* e a porcentagem de acertos para cada nível de apresentação. Os resultados mostraram que, com o aumento da intensidade de apresentação do teste, houve uma diminuição no limiar de detecção de *gap* e um aumento no número de acertos. As intensidades que apresentaram menor porcentagem de acertos foram 5 e 10 dBNS. Na intensidade de 35dBNS, os resultados encontrados para as duas medidas não apresentaram diferença estatisticamente significativa, quando comparados aos resultados obtidos na intensidade de 50 dBNS. Segundo os autores, existe uma explicação fisiológica para esses achados, e está baseada nas pesquisas com modelos animais. Baseados nesses estudos, os autores relataram que tarefas de percepção de *gap* exigem respostas de inúmeros neurônios *onset*, e uma participação menor de neurônios *offset* do sistema nervoso auditivo central. Os neurônios *onset* possuem altas velocidades de disparo e respostas altamente sincrônicas. Sendo assim, os autores sugeriram que esse tipo de neurônio com alta velocidade de disparo e grande sincronia faz com que a resposta seja suficientemente grande para a detecção do *gap*. Com a diminuição do nível de apresentação do estímulo, ambos os neurônios e o grau de sincronia de disparo deles podem diminuir também. Além disso, a velocidade espontânea de disparo do grupo de neurônios recrutados pode tornar-se maior em relação à resposta *onset* do *gap*. Por isso, os efeitos de intensidade podem provocar uma resposta mais pobre ao *onset* do *gap*, e o desempenho no teste *GIN* pode tornar-se baixo. A conclusão dos

pesquisadores foi que o teste *GIN* pode ser administrado no mínimo a 35 dBNS sem mudança significativa no desempenho, com relação ao desempenho na intensidade de 50 dBNS.

Samelli e Schochat (2008a) realizaram um estudo para verificar a existência de diferenças de resposta entre a orelha direita e esquerda, no teste *GIN*. Os limiares de detecção de *gap* e a porcentagem de acertos obtidas nas duas orelhas foram comparados. Os resultados observados pelas autoras indicaram que os limiares de detecção de *gap* e as porcentagens médias de acertos foram semelhantes para as orelhas direita e esquerda, independente da orelha de início do teste. Baseado nesses achados, as autoras concluíram que não houve vantagem de uma orelha sobre a outra na tarefa de detecção de *gap*.

Samelli e Schochat (2008b) relataram que a média do limiar de detecção de *gap*, encontrada em pacientes adultos normais, foi de 4.19 ms. O teste mostrou uma grande precisão e uma baixa variabilidade nas avaliações realizadas. Segundo as autoras, o teste *GIN* não apresentou diferença entre as orelhas, e pode ser usado na avaliação do processamento temporal, fornecendo informações sobre a integridade do SNAC. Baseado nos resultados do estudo, as autoras propuseram um critério de corte para o teste, independentemente da faixa-teste utilizada, adicionando dois desvios padrão à média do limiar e à média da porcentagem de acertos encontrada. Assim sendo, o valor do limiar de corte foi de 5.43 ms, e o valor de corte para a porcentagem de acertos foi de 67.25%.

Zaidan et al. (2008) realizaram um estudo comparativo do desempenho de adultos jovens normais nos testes de resolução temporal, *Random Gap Detection Test (RGDT)* e Gaps-in-Noise (*GIN*), e analisaram as diferenças entre esses dois métodos de avaliação. O grupo estudado era composto de 25 indivíduos, 11 homens e 14 mulheres, com audição normal e sem queixas auditivas. Após a realização do *RGDT* e do *GIN*, os resultados mostraram diferenças significativas quanto ao desempenho nos dois testes, sendo que os limiares de detecção de *gap* no teste *GIN* foram melhores que os limiares obtidos no *RGDT*. Entretanto, não foram observadas diferenças significantes entre as orelhas. Na orelha direita, os sujeitos apresentaram limiar de detecção de *gap* no teste *GIN* igual a 5.38ms (com desvio padrão de 2.39ms), e na orelha esquerda, um limiar médio de 4.88ms (com desvio padrão de 0.90ms). O limiar do *RGDT* foi de 10.09ms (com desvio padrão de 4.18ms). Segundo as pesquisadoras, a diferença entre os tipos de estímulos, utilizados em cada um dos testes, ruído branco no teste *GIN* e tom puro no teste *RGDT*, pode ser o responsável por essa diferença significativa entre as médias de limiares de detecção de *gap* entre os dois testes.

3.3 - Processamento auditivo e Epilepsia

Lusted (1978) relatou que os testes relacionados ao diagnóstico dos pacientes deveriam ser baseados em um desempenho padronizado para que, posteriormente, esse desempenho pudesse ser melhorado. Segundo o autor, para que um teste diagnóstico seja incluído na bateria de avaliação auditiva, e seja utilizado na detecção de alterações do sistema nervoso auditivo central, ele deve ser previamente aplicado

na avaliação de três diferentes populações. Inicialmente, em indivíduos com audição periférica normal sem lesões neurológicas, a fim de se obter dados normativos. Em seguida, a ferramenta de avaliação deve ser aplicada em indivíduos com perda auditiva periférica e, por fim, antes do teste ser utilizado clinicamente, é fundamental a obtenção da sensibilidade e da especificidade do teste, podendo ser obtida somente na avaliação de indivíduos com lesões neurológicas comprovadas no sistema nervoso central.

Segundo a Classificação Internacional das Epilepsias (1981), as epilepsias de lobo temporal são classificadas como localizadas (locais, focais, parciais) e sintomáticas.

O teste Dicótico de dígitos foi aplicado em pacientes com lesões confirmadas de córtex e de tronco encefálico por Musiek (1983). O teste mostrou-se sensível na detecção de lesões do SNAC, pois os pacientes com lesão apresentaram um desempenho significativamente menor do que os pacientes normais. Os dados sobre lateralidade indicaram que houve desempenho reduzido na orelha contralateral ao hemisfério lesionado. Além disso, o teste provou que era uma ferramenta importante nas avaliações do processamento auditivo central e do sistema nervoso auditivo central.

Em 1990, Musiek, Baran e Pinheiro avaliaram indivíduos com lesão neurológica em áreas auditivas centrais. O reconhecimento de padrões temporais de diferentes durações mostrou-se alterado nesses indivíduos. O desempenho dos

pacientes avaliados foi significativamente mais baixo que o demonstrado por pacientes normais. Além disso, o desempenho da orelha ipsilateral e contralateral ao hemisfério lesionado não mostrou diferença estatisticamente significativa. Entretanto, quando a lesão central foi constatada, geralmente, o desempenho foi baixo bilateralmente.

Musiek e Reeves (1990) relataram que o córtex auditivo primário apresenta uma assimetria causada por uma diferença de tamanho do giro de Heschl que é maior no hemisfério esquerdo que no direito. Dessa forma, de acordo com os autores, o hemisfério esquerdo possui mais substrato neural, desde conexões entre neurônios até conexões inter-hemisféricas, provendo assim uma base melhor para o desenvolvimento da linguagem.

Guerreiro e Guerreiro (1993) descreveram a epilepsia como um conjunto de manifestações clínicas que refletem disfunção neuronal temporária – descargas elétricas anormais e excessivas. A epilepsia de lobo temporal é a forma mais comum da doença e a de mais difícil controle. Dados quanto à sua ocorrência variam entre 50% dos adultos epiléticos e de 70% a 80% dos casos de adolescentes com a doença. De acordo com os autores, não há uma definição plenamente satisfatória para a epilepsia. A epilepsia é uma condição crônica, ou um grupo de doenças que têm em comum crises epiléticas, que recorrem na ausência de doença tóxico-metabólica ou febril. Crises epiléticas são eventos clínicos que refletem disfunção temporária de uma pequena parte do cérebro (crises focais), ou de uma área mais extensa envolvendo os dois hemisférios cerebrais (crises generalizadas). A crise é causada

por uma descarga anormal, excessiva e transitória das células nervosas. Os sintomas de uma crise dependem das partes do cérebro envolvidas na disfunção.

Para Jackson et al. (1993), o diagnóstico da esclerose mesial pela ressonância magnética se traduz por diminuição do volume ou aumento do sinal hipocampal, podendo ser acompanhados de modificação no formato e na estrutura interna do hipocampo. A atrofia hipocampal pode ser unilateral ou bilateral, sendo mais comumente assimétrica. Anormalidades extra-hipocampais incluem, dentre outras, a presença de atrofia ou aumento de sinal da amígdala, e lobo temporal como um todo, com dilatação do corno temporal do ventrículo lateral.

Mader (1993) relatou que frequentemente os pacientes com epilepsia, principalmente de lobo temporal, queixam-se de dificuldades de atenção e de memória. Alguns pacientes com lesões de lobo temporal direito apresentam mais dificuldades para memorizar material visual, e pacientes com lesões à esquerda apresentam dificuldade para memorizar material verbal.

Em um estudo comparativo entre pacientes com e sem epilepsia de lobo temporal, Soliman et al. (1993) realizaram potenciais evocados auditivos de curta (PEATE) e média latência (PEAML) em 49 pacientes epiléticos e em 30 pacientes neurologicamente normais. As respostas foram obtidas, inicialmente, na intensidade de 90 dBNA até o limiar auditivo dos indivíduos participantes. No PEATE, os autores observaram que um número estatisticamente significativo de pacientes epiléticos apresentou limiares auditivos aumentados, apesar de possuírem limiares

auditivos tonais dentro da normalidade. Outra constatação dos pesquisadores foi quanto à identificação da onda V, segundo eles, tanto no grupo controle, quanto no grupo estudo, os resultados foram significantes apenas nas intensidades de 40 e 30 decibéis. Os resultados do potencial de média latência revelaram uma resolução pobre da onda PA nas intensidades moderadas e baixas nos pacientes epiléticos, com uma conseqüente elevação dos limiares do PEAML neste grupo. Além disso, os resultados também mostraram que a cronicidade da epilepsia está positivamente relacionada com os limiares elevados, tanto no potencial de curta, quanto no potencial de média latência, no grupo com epilepsia. Outra observação relatada pelos pesquisadores foi que, em intensidade baixa, a porcentagem de identificação da onda V do ABR foi reduzida, o que indicaria uma elevação dos limiares deste potencial em pacientes epiléticos, apesar de possuírem audição normal. Os autores acreditam que a dificuldade na identificação da onda V nos pacientes epiléticos pode ser devido a uma disfunção do tronco encefálico causada por um distúrbio de sincronia neural na via auditiva do tronco-encefálico. Os neurotransmissores e acetilcolina são conhecidos por serem neurotransmissores do sistema auditivo. Um desequilíbrio nesses neurotransmissores pode estar relacionado à produção de convulsões em epiléticos. Além disso, os autores levantaram a hipótese de que tal desequilíbrio dos neurotransmissores pudesse se estender até um nível subcortical e ser responsável pela dessincronia das vias auditivas do tronco encefálico.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (1994), a epilepsia é uma doença cujas causas são muitas, como: infecções pré e pós-natais, traumas, infestação parasitária, intoxicação, acidente vascular cerebral, genética, ou até

mesmo desconhecida. Esta doença atinge de três a cinco por mil indivíduos da população mundial, sendo que, nos países em desenvolvimento, este número pode chegar em 15 a 50 para cada mil habitantes.

De acordo com Engel e Shields (1997), a epilepsia do lobo temporal (ELT) é a forma mais comum de epilepsia focal na população adulta, sendo responsável por 40% de todos os casos de epilepsia nesta população. A epilepsia do lobo temporal mesial (ELTM) corresponde a aproximadamente 60% dos casos de ELT.

Visioli-Melo e Rotta (2000) realizaram avaliação com o potencial evocado auditivo de longa latência (P300) em crianças com e sem epilepsia, e com dificuldades de aprendizagem. O objetivo do estudo foi verificar a repercussão da epilepsia em relação ao potencial cognitivo, P300, além de definir a latência do P300 em crianças, e observar se a presença de alterações eletroencefalográficas (EEG) interfere no resultado do P300. Os autores observaram que não houve diferença significativa quanto ao rendimento escolar, havendo ou não a epilepsia. Não foi encontrada repercussão da epilepsia em relação ao potencial evocado cognitivo, P300, na população estudada. A média da latência do P300 obtida nas crianças sem epilepsia foi de 359ms, com desvio padrão de 57ms, e de 378ms, com desvio padrão de 61ms, para as crianças epiléticas. As crianças não epiléticas com bom rendimento escolar diferiram, significativamente, quanto à latência do P300, das com mau desempenho escolar com epilepsia ou não. Foi possível estudar, pelo P300, o comprometimento cognitivo das crianças com baixo desempenho escolar, com e sem epilepsia, tendo sido encontrado aumento significativo da latência do P300. Além

disso, a presença de alterações paroxísticas no EEG não interferiu no resultado da latência do P300 no grupo estudado, e a carbamazepina, como terapia antiepiléptica, não foi capaz de alterar significativamente o P300 na população estudada.

De acordo com Meneguello, Leonhardt e Pereira (2006), a via auditiva tem sua estação final no lobo temporal (córtex auditivo primário e secundário), após passar por várias estruturas do sistema auditivo periférico e central. Sabendo que, para a correta análise e interpretação da informação recebida auditivamente (processamento auditivo), é necessária a integridade anatômica e funcional de todas estas estruturas, e que as descargas elétricas provocadas pelas crises epiléticas podem levar a perdas neuronais na região onde ocorrem, levantou-se a hipótese de existirem dificuldades no processamento mental da informação recebida auditivamente, o que poderia agravar ainda mais a qualidade de comunicação destes pacientes. Os autores realizaram um estudo com pacientes com epilepsia, com foco localizado no lobo temporal, buscando compreender o efeito de crises epiléticas no processamento auditivo com esta disfunção neuronal. Foram avaliados 8 pacientes, de ambos os gêneros, com idade entre 22 e 51 anos. Os resultados obtidos foram comparados com os de um grupo de indivíduos sem lesões neurológicas. Foram realizados quatro testes comportamentais: teste de localização sonora, de reconhecimento de padrão de duração, teste dicótico de dígitos e dicótico não verbal. Os resultados mostraram que, no teste de localização sonora, não houve diferença entre a média de acertos dos grupos. Nos testes que avaliaram os mecanismos de discriminação de sons em sequência e de padrões tonais (ordenação temporal), e reconhecimento de sons verbais e não verbais em escuta dicótica (atenção seletiva), os indivíduos com

epilepsia apresentaram desempenho inferior aos indivíduos do grupo sem lesão. Os autores concluíram que a epilepsia do lobo temporal foi um fator que diferenciou o processamento de sons, sendo que os indivíduos que a portavam apresentaram prejuízo na análise de sons verbais e não-verbais recebidos auditivamente, quando comparados a sujeitos sem alterações corticais. A presença de alteração, quer estrutural, quer funcional da região temporal, causou prejuízo entre estes indivíduos, já que esta região cortical é a responsável pelo processamento da informação acústica.

De acordo com Baran (2007), quando as crianças tornam-se adolescentes e adultos, suas vidas são modificadas de diversas e complexas maneiras. O foco das queixas dos adultos com TPA(C) está vinculado ao desempenho nas atividades relacionadas ao trabalho, e as relações familiares. As queixas apresentadas por eles são diferentes das queixas escolares apresentadas pelas crianças. A autora divide os adultos com TPA(C) em quatro categorias, são elas: associado à trauma ou doenças degenerativas; associado à processos degenerativos da idade; associado à TPA(C) na infância, e adultos com TPA(C) sem diagnóstico anterior e que pela primeira vez foram avaliados. Segundo a autora, nesse último grupo de adultos com TPA(C) encontramos indivíduos que adotaram estratégias próprias que os ajudaram a compensar os problemas auditivos na ausência de um diagnóstico específico ou qualquer tipo de intervenção especializada. Embora os indivíduos possam ser encaixados em umas das quatro categorias, a autora ressalta que são raros os casos nos quais as alterações sejam exclusivamente auditivas, e outros comprometimentos devem ser investigados.

MÉTODOS

4 - MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Setor de Audiologia do Centro de Docência e Pesquisa do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, e foi aprovada pela Comissão de ética em pesquisa da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (protocolo de pesquisa nº 1126/05) (Anexo 1).

Todos os sujeitos participantes da pesquisa receberam informações individuais sobre a pesquisa com a própria pesquisadora, referentes aos exames e testes que seriam realizados.

Cabe ressaltar que cada indivíduo teve acesso às informações por escrito no Termo de Consentimento Pós Informação (Anexo 2), o qual foi entregue e assinado antes do início do estudo.

Ao todo, foram avaliados 70 pacientes que possuíam idade entre 16 e 50 anos, sendo divididos em três grupos, a saber:

Grupo 1 (Grupo controle): 30 indivíduos com desenvolvimento típico;

Grupo 2: 16 indivíduos com Epilepsia de lobo temporal direito ou esquerdo, denominada Esclerose Mesial Temporal (EMT) (envolvimento lesional de Sistema Nervoso Auditivo Central);

Grupo 3: 24 indivíduos com Transtorno do Processamento Auditivo (C) (TPA(C)), de origem funcional;

Os grupos descritos anteriormente foram escolhidos e divididos dessa forma,

pois, segundo Lusted (1978), antes de um teste fazer parte da bateria clínica de avaliação audiológica, ele deve ser aplicado em três tipos diferentes de população. Inicialmente, ele deve ser aplicado em indivíduos normais para a obtenção de dados normativos, em seguida, em indivíduos com perdas auditivas periféricas e, por fim, em indivíduos com lesões de sistema nervoso auditivo central, para que se possa constatar a sensibilidade e a especificidade do instrumento de avaliação.

4.1 - Critérios de Inclusão

A seleção dos sujeitos para esta pesquisa foi feita, primeiramente, através de uma anamnese e de uma avaliação audiológica básica, a qual deveria encontrar-se dentro dos limites da normalidade, (Padrão ANSI-69) (Russo, 1999) nos seguintes exames: audiometria, logaudiometria e imitanciometria. Os indivíduos deveriam possuir entre 16 e 50 anos de idade.

Entretanto, para a constituição dos três grupos que foram estudados, alguns critérios específicos de inclusão foram estabelecidos para a seleção dos indivíduos em cada um dos grupos:

4.1.1 Critérios de inclusão para o Grupo 1 (Grupo controle)

Participaram deste grupo apenas os indivíduos que apresentaram audição periférica simétrica (não excedendo a 10 dB a diferença entre as duas orelhas nas frequências de 500 a 4000 Hz) e dentro dos limites da normalidade bilateralmente (limiar $\leq$ a 25 dBNA em todas as frequências avaliadas) (Padrão ANSI - 69)

(Russo, 1999), e que não apresentaram queixas atuais de afecções do sistema auditivo, trauma craniano, história clínica de enfermidade otológica recente, e nem queixas de alteração de Processamento Auditivo (Central). A preferência manual não foi levada em conta como critério de exclusão ou inclusão para os grupos.

Foram considerados normais os indivíduos que apresentaram desempenho dentro da normalidade nos testes Dicótico de Dígitos e Padrão de Duração. O teste dicótico de dígitos foi escolhido por ser um teste de fácil aplicação, rápido e com uma boa sensibilidade, especificidade (Musiek, 1983), e com normatização estabelecida por Santos e Pereira em 1997. De acordo com esse estudo, foram considerados normais os indivíduos que acertassem acima de 90% em ambas as orelhas testadas (Santos e Pereira, 1997). O outro teste utilizado foi o teste de Padrão de Duração (Musiek et al., 1994), o qual também tem uma fácil aplicação e já possui uma normatização para a população brasileira (Schochat, Rabelo e Sanfins, 2000). Segundo as autoras, a porcentagem de acertos é considerada normal acima de 72% de acerto.

4.1.2 - Critérios de inclusão para o Grupo 2

Os participantes deveriam ter envolvimento lesional, comprovado em diagnóstico por imagem, nas regiões corticais e subcorticais temporais no hemisfério esquerdo ou direito. Foram incluídos neste grupo indivíduos com Esclerose Mesial Temporal - direita ou esquerda, atendidos no Ambulatório de Epilepsia do Hospital das Clínicas da FMUSP, coordenado pela neurologista Dra. Carmen Miziara.

4.1.3 - Critérios de inclusão para o Grupo 3

Neste grupo, os participantes foram indivíduos com Transtorno do Processamento Auditivo (Central) (TPA(C)) comprovado por avaliação comportamental do processamento auditivo. As avaliações foram realizadas previamente no Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Processamento Auditivo do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP. Foram incluídos na pesquisa indivíduos com alterações de grau leve até moderado, e que falharam em, no mínimo, dois testes dentre os quatro previamente aplicados na avaliação do processamento auditivo (central). Nesta avaliação, foram utilizados testes normatizados para a população brasileira, tais como, *SSW (Staggered Spondaic Word test)* (Katz, 1962; Borges, 1980), Dicótico não-verbal (Ortiz, 1985), Fala com ruído (Schochat, 1994) e *SSI (Synthetic sentence identification)* (Aquino, Almeida e Oliveira, 1993), e que estão nos CDs pertencentes ao livro: “Processamento Auditivo Central: manual de avaliação” (Pereira e Schochat, 1997).

4.2 - Material

Os materiais que foram utilizados na pesquisa estão relacionados e descritos a seguir:

- 1- Cabina Acústica, da marca Siemens calibrada segundo a norma ANSI S3.1 - 1991(Russo, 1999);
- 2- Anamnese clínica (Anexo 3);

- 3- Otoscópio da marca *Heine*;
- 4- Analisador de orelha média marca *Grason-Stadler* modelo *GSI-33*, sendo a frequência utilizada de 226 Hz a 65 dBNA. A intensidade para a avaliação do reflexo acústico ipsilateral varia de 60 a 110 dBNA, para as frequências de 500 e 1000Hz, de 60 a 115dBNA, na frequência de 2000 Hz, e de 60 a 100 dBNA, para a frequência de 4000 Hz. Na avaliação do reflexo acústico contralateral, a intensidade varia de 60 a 120 dB, para as frequências de 500, 1000 e 2000Hz; e de 60 a 115 dBNA, para a frequência de 4000 Hz. O padrão empregado na obtenção das medidas da imitância foi o ANSI S3.39-1987 (Russo, 1999);
- 5- Audiômetro da marca *Grason-Stadler* modelo *GSI-61*, calibrado segundo a norma ANSI S3, 6 - 1989; ANSI S3, 43-1992; IEC 645-1 (1992); IEC 654-2 (1993); ISO 389; UL 544 (Russo, 1999), cuja faixa de frequência é de 125 a 12000 Hz, e cujo tom puro varia, por via aérea, de -10 a 110 dBNA, para as frequências de 125 e 12000 Hz; de -10 a 115dBNA, para as frequências de 250 e 8000Hz, e de -10 a 120dBNA, para as frequências de 500, 750, 1000, 2000, 3000, 4000 e 6000Hz. O fone utilizado é do modelo TDH-41;
- 6- Lista de vocábulos polissílabos para a realização do Limiar de Recepção de Fala (LRF), e lista de monossílabos para a realização do Índice Perceptual de Reconhecimento de Fala (IPRF), ambas propostas por Santos e Russo (1986);
- 7- *Compact Disc Player*, de marca *Sony*, com saída direta para o audiômetro. Os dois aparelhos possuem a mesma impedância, de forma que é possível a compatibilidade dos mesmos sem haver perda de energia na passagem de um aparelho para o outro;
- 8 - *Compact Disc* (CD) com o teste *Gaps-in-noise* (GIN), Musiek et al., 2005;

- 9 - Protocolo para anotação dos registros de pontuação nos testes: *GIN* (Anexo 4), Dicótico de Dígitos (DD) (Anexo 5) e Padrão de Duração (PD) (Anexo 6);
- 10 - Equipamento para a avaliação dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável, da marca *GSI*, modelo: *Audera Evoked Potential System*;
- 11 - Eletrodos de prata;
- 12 - Pasta abrasiva para EEG da marca NUPREP;
- 13 - Pasta eletrolítica para EEG da marca TEN 20;
- 14 - Gaze;
- 15 - Esparadrapo (micropore);
- 16 - Fones de inserção do equipamento *Audera* TIP-50;

4.3 - Procedimento

Os sujeitos que fizeram parte desse trabalho passaram inicialmente por uma anamnese clínica que possibilitou verificar-se dados pessoais e as possíveis queixas de Processamento Auditivo, bem como histórico otológico e da saúde em geral.

Depois disso, todos os indivíduos participantes foram encaminhados para o exame de otoscopia, para a visualização do meato acústico externo e a verificação de presença de cerúmen, pois em excesso pode causar alterações nos exames.

Em seguida, foi realizado o exame de imitanciometria, composto de: timpanometria e de pesquisa de reflexos acústicos. Os resultados desses testes são fundamentais na determinação de afecções, pois são objetivos, de fácil aplicação e por serem rápidos, não causando qualquer tipo de dor aos sujeitos.

Finalizada esta avaliação inicial, os sujeitos foram conduzidos à cabina

acústica para a realização da audiometria tonal limiar por via aérea (fone) e via óssea (vibrador) (caso necessário) nos moldes padrões, em ambas as orelhas. Os critérios utilizados para considerar normalidade audiológica foram: a) apresentar limiar de audibilidade para tom puro de 0 a 25 dBNA (Padrão ANSI 69) (Russo, 1999) em todas as frequências testadas (250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 3000Hz, 4000Hz, 6000Hz e 8000Hz) na audiometria tonal limiar, b) apresentar resultados normais compatíveis com os limiares audiométricos nos testes LRF e IPRF (Mangabeira Albernaz et al., 1981).

Em seguida, os pacientes dos três grupos realizaram os seguintes testes: Padrão de Duração, Dicótico de Dígitos, *GIN (Gaps-in-Noise)* e o Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável (PEAEE).

Os testes de processamento auditivo foram aplicados em cabina acústica, através de CD player acoplado ao audiômetro *GSI-61*.

Segue abaixo, a descrição do procedimento utilizado para cada um dos testes de processamento auditivo utilizado, assim como para o potencial evocado auditivo de estado estável.

4.3.1 - Teste de Padrão de Duração

O teste de Padrão de Duração (Musiek, 1994) foi aplicado em cabina acústica, em condição monoaural, numa intensidade de 40 dB NS, ou seja, acima da média dos limiares auditivos tonais nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz. Antes do início do teste, o indivíduo foi orientado a nomear a sequência de tons ouvida. Foram apresentadas 30 sequências de tons em cada orelha. Todas as respostas foram

anotadas em protocolo específico do teste. No final, o número de acertos foi computado e a porcentagem de acertos calculada para cada uma das orelhas testadas. A porcentagem de acertos considerada normal foi acima de 72%, de acordo com Schochat, Rabelo e Sanfins (2000).

4.3.2 - Teste Dicótico de Dígitos

O teste dicótico de dígitos (Musiek, 1983) foi aplicado em cabina acústica, em condição monoaural, numa intensidade de 50 dB NS (de acordo com a média dos limiares auditivos em 500, 1000 e 2000 Hz). Antes do início do teste, o indivíduo foi orientado a repetir a seqüência de números ouvida. Foram apresentadas 20 seqüências de quatro números e os acertos foram anotados em protocolo específico. Ao final, a porcentagem de acertos para cada orelha foi calculada. Foram considerados normais os indivíduos que acertassem acima de 90% em ambas as orelhas testadas (Santos e Pereira, 1997).

4.3.3 - Teste *GIN* (*Gaps-In-Noise*)

O teste *GIN*, desenvolvido por Musiek em 2003 (Musiek et al., 2005), gravado em CD, foi aplicado em cabina acústica, na condição monoaural, numa intensidade de 50 dB NS (de acordo com a média dos limiares auditivos em 500, 1000 e 2000 Hz).

O teste *GIN* tem como objetivo determinar o limiar de detecção de *gap* (intervalo de silêncio). O CD é composto de quatro faixas-teste, e cada uma contém

diversos estímulos de seis segundos de ruído branco (*White Noise - WN*), com cinco segundos de intervalo inter-estímulo. Inseridos nos estímulos de ruído branco, há diversos *gaps* em posições diferentes e de durações variáveis. Os *gaps* podem ter durações que variam de 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15 e 20 ms. Em alguns estímulos, pode haver um único *gap*, ou dois, ou até três *gaps*. Em outros estímulos nenhum *gap* foi inserido (Figura 1).

Figura 1 - Exemplo de alguns estímulos do teste *GIN* (Musiek et al., 2005)

Antes da aplicação, os indivíduos foram submetidos a um treino para só depois realizarem duas das quatro faixas teste disponíveis. Foram utilizadas as faixas teste número um e número dois, pois, segundo Samelli e Schochat (2008b), não é necessária a aplicação de todas as listas, já que não há diferença significativa de desempenho dos indivíduos entre as quatro faixas teste propostas por Musiek et al. (2005).

A faixa treino é composta por *gaps* de duração maior para que o indivíduo se familiarize com o teste. Durante o treino, o paciente pode ser orientado novamente,

caso ele não tenha compreendido a tarefa. Realizou-se metade da faixa em uma orelha e a outra metade na orelha oposta.

Durante o teste, cada um dos *gaps* aparece por seis vezes em cada faixa teste, ou seja, nas duas faixas teste, cada intervalo de *gap* vai aparecer por 12 vezes (seis em cada uma das faixas, totalizando 120 intervalos de *gap* diferentes, entre 2 e 20 ms).

A instrução dada ao paciente foi a seguinte: “Você vai ouvir um ruído branco e, dentro deste ruído, existirão *gaps* (intervalos de silêncio) onde o ruído estará ausente. Os *gaps* irão variar em comprimento, e você deverá ouvir com atenção, pois alguns deles serão extremamente pequenos. Em alguns trechos não existirão *gaps*. Você deverá indicar, apertando o botão, toda vez que perceber um *gap*”.

As respostas foram registradas em protocolo específico do teste. Apenas o *gap* não percebido foi registrado com um risco, e os falsos positivos também foram marcados na folha de registro (Anexo 4). As respostas foram computadas por faixa-teste. O limiar de detecção de *gap-in-noise* foi calculado baseado no número de acertos do indivíduo para uma determinada duração do *gap*, sendo que ele deveria acertar um mínimo de 66.66% (quatro acertos em seis possibilidades) das vezes que uma determinada duração de *gap* aparecesse para que pudesse ser considerado como limiar, isto é, deveria acertar quatro *gaps* dentre os seis apresentados. Além disso, foi calculado o número total de *gaps* corretamente detectados pelo indivíduo em cada faixa teste. De acordo com Samelli e Schochat (2008b), foram considerados normais os indivíduos que apresentaram 4.19ms de limiar de detecção de *gap-in-noise*. Quanto à porcentagem de acertos, a autora constatou uma média de acertos de 78,5%.

4.3.4 - Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável (PEAEE)

O PEAEE foi realizado com o equipamento *GSI AUDERA*. Esse equipamento possui dois tipos diferentes de protocolo que podem ser utilizados com a população adulta. O protocolo utilizado foi o “*Awake*”, protocolo indicado para avaliações em adultos acordados, ou maiores de 10 anos de idade. A frequência de modulação (FM) foi fixada em 46 Hz, independente da frequência testada. O estímulo usado foi o senoidal com uma combinação de modulação de amplitude (AM) de 100% e modulação de frequência (FM) de 10% para cada frequência avaliada.

O PEAEE foi realizado com o paciente acordado, sentado em poltrona confortável, para que este não realizasse muitos movimentos, evitando tensões na região da face e na região cervical. Os locais de colocação dos eletrodos foram higienizados com pasta abrasiva própria para a realização de exames eletrofisiológicos. Em seguida, os eletrodos de prata foram posicionados, de acordo com o Sistema Internacional 10-20 (Jasper, 1958), e fixados com pasta eletrolítica e micropore. Foram colocados quatro eletrodos: o eletrodo ativo é tipicamente colocado na linha média do vértex ou no alto da testa (Fpz), e o de referência deve ser colocado nas mastóides do paciente (A1, A2), levando em conta a linha de inversão de fase da onda, e mais um eletrodo colocado no topo da cabeça, posição Fz (common ou terra) (Figura 2). A impedância dos eletrodos foi mantida abaixo de 5 kilo-ohms para todos os eletrodos em todos os indivíduos avaliados. O estímulo foi

enviado ao paciente através de fones de inserção, TIP-50. Um *plug* de espuma foi colocado dentro do canal auditivo dos pacientes.

Figura 2 - Montagem dos eletrodos para o PEAAE - GSI - Audera (2004). Nota: os eletrodos foram colocados nas mastóides ao invés do lóbulo auricular, como mostra a figura.

O PEAAE foi aplicado nas orelhas direita e esquerda, alternadamente. Iniciou-se a avaliação pela frequência de 1k Hz nas duas orelhas (primeiro uma, depois a outra); em seguida foram avaliadas as frequências de 2k Hz, 4k Hz e 500 Hz, respectivamente, respeitando a alternância entre as duas orelhas. A orelha inicial foi escolhida aleatoriamente. A avaliação foi iniciada na intensidade de 50 dBNA para todas as frequências testadas (500, 1000, 2000 e 4000Hz).

Quanto aos tipos de resposta, o teste PEAAE (Figura 3) apresenta três diferentes tipos de resposta possíveis, após a conclusão de cada varredura; são eles: “*phase locked*” (Figura 4), “*random*” (Figura 5) e “*noise*” (Figura 6).

Figura 3 - Reprodução da tela de avaliação do PEAAE no Audera.

Figura 4 - Reprodução da tela de avaliação do PEAAE com uma resposta “*phase locked*”.

Figura 5 - Reprodução da tela de avaliação do PEAAE com uma resposta “random”.

Figura 6 - Reprodução da tela de avaliação do PEAAE com uma resposta “noise”.

A resposta “*phase locked*” indica que a resposta encontrada foi melhor que o limiar do indivíduo, e que a curva de probabilidade atingiu 97% ($p < 0,03$). Na resposta “*random*”, ocorre o oposto, ou seja, a resposta encontrada não atinge a curva de probabilidade do limiar, não ultrapassando o limite do nível de ruído. Sendo assim, assume-se que o indivíduo não detectou aquela determinada frequência na intensidade apresentada. O último tipo de resposta possível é a “*noise*”. Esse tipo de resultado indica que o PEAAE não atingiu a curva de probabilidade do limiar, e que o ruído foi superior ao limite estabelecido pelo equipamento. Isso pode ocorrer em

virtude de muito ruído externo, ou ruído interno do próprio indivíduo que está sendo avaliado. Na Tabela 1, encontram-se resumidas as características de cada um dos três tipos de respostas.

Tabela 1 - Resumo dos três tipos de respostas gerados pelo *GSI - Audera* (adaptado do manual do equipamento)

Resposta	Característica	Conclusão
<i>Phase locked</i>	Resposta em fase com 97% de probabilidade atingida	Acima do limiar
<i>Random</i>	Não ouve resposta em fase	Abaixo do limiar
<i>Noise</i>	Não ouve resposta em fase e ocorreu excesso de ruído	Reavaliar - realizar nova varredura

Quando a resposta “*phase locked*” era encontrada, a intensidade era diminuída em 10 dB, e assim sucessivamente, até que a resposta encontrada fosse “*random*”. Nesse momento, a intensidade era aumentada em 5 dB para que o limiar fosse encontrado. Foi considerado limiar do PEAEE a menor intensidade na qual a resposta “*phase locked*” fosse encontrada.

Caso a resposta encontrada fosse “*noise*”, a varredura era novamente repetida, a fim de se encontrar uma resposta “*random*” ou “*phase locked*”. Quando o limiar era encontrado, passava-se para a avaliação da próxima orelha ou à próxima frequência.

Após a conclusão do teste, o equipamento oferece um audiograma com os limiares eletrofisiológicos encontrados para cada uma das frequências avaliadas, bem como um audiograma comportamental estimado, através do qual, e por meio de um algoritmo existente no próprio equipamento, um programa calcula e faz uma

estimativa de qual seria o limiar auditivo comportamental do paciente avaliado (Figura 7 e 8).

Figura 7 - Audiograma com limiares obtidos com o PEAAE

Figura 8 - Audiograma com limiares estimados pelo PEAAE

4.4 - Método estatístico

Na análise estatística, foi realizada uma análise descritiva da idade e dos resultados dos testes por meio da construção de tabelas com valores observados das estatísticas descritivas: média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo, e gráficos do tipo *Box-plots* (Bussab e Morettin, 2002), por grupo e por orelha.

Para comparar as médias dos testes nos três grupos estudados, e nas duas orelhas avaliadas, foi aplicada a técnica de análise de variância com medidas repetidas, adotando-se o método de comparações múltiplas de Bonferroni no prosseguimento da análise, quando necessário (Neter et al., 2005).

A determinação dos valores de corte foi feita a partir da construção de curvas ROC (Park et al., 2004). Na construção dessas curvas, foram considerados dois grandes grupos: os normais e os não normais, sendo este último formado pelos indivíduos do G2 e do G3.

A concordância entre as classificações nos testes *GIN* e *PEAEE* foi avaliada por meio da estatística Kappa (Fisher e van Belle, 1993).

RESULTADOS

5 - RESULTADOS

Nesse capítulo, serão apresentados os resultados obtidos mediante a aplicação dos testes *GIN* e Potencial evocado auditivo de estado estável (PEAEE), nos três grupos avaliados, a saber: Grupo 1 - Normal; G2 - indivíduos com lesão neurológica (Neuro); G3 - indivíduos com Transtorno do processamento auditivo (central) (TPA(C)).

5.1 - Caracterização da casuística

Com relação à idade dos indivíduos, na Tabela 2, temos os valores observados nas estatísticas descritivas para a idade e, na Figura 9, *Box-plots* para essa variável, permitindo avaliar-se as distribuições dessa variável nos três grupos estudados.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas para a Idade (anos) nos três grupos.

Grupo	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
G1 - normal	30	24,9	3,3	20,0	24,0	34,0
G2 - neuro	16	38,9	9,3	18,0	38,0	50,0
G3 - TPA(C)	24	24,4	6,9	16,0	23,5	47,0

Figura 9 - *Box-plots* para a Idade nos três grupos.

No que se refere à idade, observa-se que os indivíduos dos grupos G1 e G3 são, em média, mais novos do que os indivíduos com lesões neurológicas do G2.

No que se refere à idade mínima, o sujeito mais novo tinha 16 anos, e pertencia ao G3. Já a idade máxima foi de 50 anos para o G2, grupo dos indivíduos com lesão neurológica.

Nas comparações quanto ao gênero dos indivíduos participantes do estudo (Tabela 3), pôde-se observar uma predominância dos indivíduos do gênero feminino, em todos os três grupos. Observando-se a Tabela 3, nota-se que o G1 foi o grupo que apresentou a maior porcentagem de indivíduos do gênero feminino.

Tabela 3 - Distribuição dos gêneros nos três grupos de sujeitos.

Gênero	G1 - normal		G2 - Neuro		G3 - TPA(C)	
	N	%	N	%	N	%
Feminino	27	90	11	68,7	16	66,6
Masculino	3	10	5	31,3	8	33,4
Total	30		16		24	

Os indivíduos com lesão neurológica causada pela Esclerose Mesial Temporal (G2), podiam apresentar a lesão, ou no hemisfério direito (lobo temporal direito), ou no hemisfério esquerdo (lobo temporal esquerdo). Os indivíduos com lesões bilaterais não foram incluídos no estudo. Na Tabela 4, observa-se a caracterização desse grupo no que se refere ao lado da lesão.

Tabela 4 - Caracterização dos indivíduos do G2 quanto ao lado da lesão neurológica.

Lado da lesão	Direita	Esquerda
Indivíduos	14	2
Total	16	

Em seguida, são apresentados os dados referentes aos testes dicótico de dígitos e de padrão de duração, realizados por todos os indivíduos dos três grupos avaliados.

5.2 - Resultados dos testes comportamentais

5.2.1 - Teste Dicótico de Dígitos

Na Tabela 5 e na Figura 10, observam-se estatísticas descritivas dos dados obtidos pelos três grupos no teste dicótico de dígitos. Nota-se que o G3 apresentou um comportamento mais próximo ao G1 do que ao G2, quanto à porcentagem de acertos no teste dicótico de dígitos. Observamos que a maior variabilidade dos resultados ocorreu no G2, grupo formado pelos indivíduos com lesão neurológica. As porcentagens mínimas de acerto foram bastante diferentes nos três grupos, principalmente na orelha esquerda. Nos três grupos avaliados, pelo menos um indivíduo obteve a porcentagem máxima de acertos.

Tabela 5 - Estatísticas descritivas para a porcentagem de acertos no teste dicótico de dígitos nos três grupos, por orelha.

		N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Orelha Direita							
Grupo	G1 - Normal	30	99,6	1,3	95	100	100
	G2 - Neuro	16	88,3	11,8	60	91	100
	G3 - TPA(C)	24	95,0	7,0	75	98	100
Orelha Esquerda							
Grupo	G1 - Normal	30	98,8	2,1	95	100	100
	G2 - Neuro	16	84,0	15,5	42,5	86	100
	G3 - TPA(C)	24	90,9	7,7	75	93	100

Figura 10 - *Box-plots* para a porcentagem de acertos no teste dicótico de dígitos nos três grupos, por orelha.

Na análise de variância com medidas repetidas, observamos que a média da porcentagem de acertos na orelha esquerda, no teste dicótico de dígitos, foi menor do que na orelha direita ($p=0,001$), independentemente do grupo comparado ($p=0,174$).

Observamos, ainda, que a média de acertos no G1 foi maior do que no G2 ($p=0,000$), e maior do que no G3 ($p=0,003$). A média de acertos no G3 foi maior do que a obtida pelos indivíduos do G2 ($p=0,006$). Estes resultados são válidos para as duas orelhas, nos três grupos estudados.

Em uma análise qualitativa (Tabela 6), os resultados dos testes foram classificados nas categorias: normal ou alterado. Todos os indivíduos do G1 apresentaram resultados normais, tanto da orelha direita, quanto da orelha esquerda. No G2, 37,5% tiveram resultados classificados como alterados na orelha direita, e, no G3, essa porcentagem foi de 12,5%. Não foi detectada diferença estatisticamente significativa entre as porcentagens de alterados na orelha direita, nos grupos G2 e G3

($p=0,120$). Na orelha esquerda, a percentagem de alterados no G2 foi de 50%, enquanto que, no G3, foram observados 37,5% dos resultados alterados. Não foi detectada diferença estatisticamente significativa entre as percentagens de alterados nos dois grupos (G2 e G3)($p=0,433$).

Os resultados revelaram, ainda, que 56,3% dos indivíduos do G2 apresentaram pelo menos uma orelha alterada no teste dicótico de dígitos, enquanto, no G3, foi observado que 41,7% dos indivíduos apresentaram pelo menos uma orelha alterada no mesmo teste.

Tabela 6 - Comparação entre o número de indivíduos normais e alterados no teste dicótico de dígitos, nos três grupos - análise qualitativa.

	G1 - Normal				G2 - Neuro				G3 - TPA(C)			
	OD		OE		OD		OE		OD		OE	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Normal	30	100,0	30	100,0	10	62,5	8	50,0	21	87,5	15	62,5
Alterado	0	0,0	0	0,0	6	37,5	8	50,0	3	12,5	8	37,5

5.2.2 - Teste de Padrão de Duração

No teste de padrão de duração (Tabela 7), os indivíduos do grupo G1 apresentaram percentagem média e mediana de acertos semelhantes em ambas as orelhas. O grupo com TPA(C) (G3) apresentou percentagens de acertos, média e mediana, semelhantes bilateralmente e mais próximas às obtidas pelos indivíduos do grupo normal. Observamos que, apesar de haver nos grupos G2 e G3 pelo menos um indivíduo com 100% de acertos, as percentagens mínimas observadas nesses grupos estão abaixo de 40%. O grupo com maior valor de desvio padrão foi o grupo

formado pelos indivíduos com lesão neurológica, seguido pelo G3 e pelo G1, o qual apresentou o menor desvio padrão (Figura 11).

Tabela 7 - Estatísticas descritivas para a porcentagem de acertos no teste padrão de duração nos três grupos, por orelha.

		N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Orelha Direita							
Grupo	G1 - Normal	30	95,3	6,3	79,9	100	100
	G2 - Neuro	16	50,6	30,9	13,3	42	100
	G3 - TPA(C)	24	72,5	21,8	36,6	73	100
Orelha Esquerda							
Grupo	G1 - Normal	30	94,9	6,8	75,6	98	100
	G2 - Neuro	16	50,8	32,9	10,0	35	100
	G3 - TPA(C)	24	75,4	22,2	16,7	80	100

Figura 11 - *Box-plots* para a porcentagem de acertos no teste padrão de duração nos três grupos, por orelha.

Não foi detectada diferença estatisticamente significativa entre as porcentagens médias de acertos no teste padrão de duração, nas duas orelhas ($p=0,495$), independentemente do grupo avaliado ($p=0,520$). A média das porcentagens de acerto no G1 foi maior que no G2 ($p=0,000$), e maior que no G3 ($p=0,000$); a média no G2 foi menor que no G3 ($p=0,001$). As diferenças entre os grupos foram as mesmas nas duas orelhas (Tabela 7).

Os grupos G2 e G3 foram comparados quanto à porcentagem de indivíduos com resultados alterados (Tabela 8). Na orelha direita, 62,5% dos indivíduos do grupo com lesão neurológica tiveram resultados classificados como alterados, enquanto que, no grupo de indivíduos com TPA(C), essa porcentagem foi de 41,7%. Não foi detectada diferença estatisticamente significativa entre os grupos G2 e G3, quanto à porcentagem de indivíduos alterados na orelha direita ($p=0,197$). Na orelha esquerda, a porcentagem de indivíduos alterados no G2 foi de 62,5% e, no G3, foi de 29,2%. A porcentagem de indivíduos alterados, grupo de indivíduos com TPA(C), foi menor que a do grupo de indivíduos com lesão neurológica com diferença estatisticamente significativa ($p=0,037$).

Tabela 8 - Comparação entre o número de indivíduos normais e alterados no teste padrão de duração, nos três grupos.

	G1 - Normal				G2 - Neuro				G3 - TPA(C)			
	OD		OE		OD		OE		OD		OE	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Normal	30	100,0	30	100,0	6	37,5	6	37,5	14	58,3	17	70,8
Alterado	0	0,0	0	0,0	10	62,5	10	62,5	10	41,7	7	29,2

5.3 - Resultados do teste *GIN* - (*Gaps-in-noise*)

A seguir, serão comparados os resultados obtidos no teste *GIN*, nos três grupos avaliados. Os resultados foram apresentados em forma de médias de limiares de detecção de *gap* (em ms) e médias de porcentagens de acertos (em %). Deve-se ressaltar que as porcentagens de acertos não são referentes aos limiares, mas sim à quantidade de *gaps* percebidos corretamente, ou seja, os valores de limiares e porcentagens de acertos são variáveis independentes.

No teste *GIN* (Tabela 9 e Figura 12), observamos que, no G1, a mediana do limiar é igual a 5ms em ambas as orelhas, o que significa que 50% dos indivíduos desse grupo possuem limiar menor ou igual a 5ms, e os outros 50% dos indivíduos pertencentes a este grupo possuem limiar de 5ms ou 6ms.

Os resultados mostraram que, no G2, a média do limiar na orelha direita foi de 7,4ms e, na esquerda, foi de 8,1ms. No G2, os limiares de detecção de *gap* do teste *GIN* foram os mais elevados dos três grupos, em ambas as orelhas. No G3, mais uma vez, os resultados obtidos foram muito próximos aos obtidos pelos indivíduos do grupo normal. Na orelha direita, a média do limiar do G3 foi de 6,0ms e, na orelha esquerda, foi de 6,2ms.~

Tabela 9 - Estatísticas descritivas para o limiar de detecção de *gap* (ms) no teste *GIN*, nos três grupos, por orelha.

		N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Orelha Direita							
Grupo	G1 - Normal	30	4,7	1,0	2	5	6
	G2 - Neuro	16	7,4	2,9	4	7	15
	G3 - TPA(C)	24	6,0	1,4	4	6	8
Orelha Esquerda							
Grupo	G1 - Normal	30	4,6	1,0	2	5	8
	G2 - Neuro	16	8,1	1,7	4	8	12
	G3 - TPA(C)	24	6,2	2,0	4	5	12

Figura 12- *Box-plots* para o limiar de detecção (ms) no teste *GIN*, nos três grupos, por orelha.

Comparando-se os limiares médios de detecção de *gap* obtidos nos três grupos, não foi detectada diferença estatisticamente significativa nas duas orelhas ($p=0,227$), independentemente do grupo avaliado ($p=0,432$). O limiar médio obtido no G1 é menor que o obtido pelo G2 ($p=0,000$), e menor que o encontrado no grupo G3 ($p=0,000$), ou seja, os limiares do G1 foram melhores que os obtidos nos outros dois grupos. Além disso, a média do limiar no G3 foi menor do que no G2, com diferença estatisticamente significativa ($p=0,000$). Estas diferenças ocorreram em ambas as orelhas avaliadas.

Além das comparações realizadas com base nos limiares de detecção de *gap* obtidos, foram realizadas comparações quanto à porcentagem de *gaps* percebidos pelos indivíduos, em cada orelha e em cada um dos três grupos.

As porcentagens médias e medianas de acertos no teste *GIN* (Tabela 10 e Figura 13), observadas no G2, foram menores que nos grupos G1 e G3. As médias e medianas das porcentagens de acertos no grupo normal foram próximas de 75% em ambas as orelhas. A porcentagem mínima de acertos no G1 foi próxima a 60%, enquanto que, nos outros dois grupos, a porcentagem mínima de acertos foi inferior a 50% bilateralmente.

Tabela 10 - Estatísticas descritivas para a porcentagem de acertos no teste *GIN*, nos três grupos, por orelha.

		N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Orelha Direita							
Grupo	G1 - Normal	30	75,6	7,6	61,7	75,0	96,7
	G2 - Neuro	16	57,6	13,0	31,7	63,3	73,3
	G3 - TPA(C)	24	65,5	9,1	48,3	66,7	85,0
Orelha Esquerda							
Grupo	G1 - Normal	30	76,1	7,6	58,3	76,6	100
	G2 - Neuro	16	52,7	13,1	30,0	55,8	80,0
	G3 - TPA(C)	24	67,2	10,0	38,3	69,2	81,7

Figura 13 - *Box-plots* para a porcentagem de acertos no teste *GIN*, nos três grupos, por orelha.

Comparando-se os resultados quanto à porcentagem de acertos obtidas nos três grupos, pode-se constatar o efeito de interação entre grupo e orelha no teste *GIN* ($p=0,033$). Isto significa que a diferença entre os grupos depende da orelha. Dessa forma, optou-se por comparar cada orelha separadamente.

Na orelha direita, observamos que a média das porcentagens de acertos obtidas no G1 foi maior que a obtida pelos indivíduos do G2 ($p=0,000$), e maior que a obtida no G3 ($p=0,001$). Além disso, não foi detectada diferença estatisticamente significativa entre as médias encontradas nos grupos G2 e G3 ($p=0,060$). Na orelha esquerda, a média de acertos encontrada no grupo normal foi maior que a encontrada no grupo com TPA(C) ($p=0,005$), e maior que a observada no grupo de indivíduos com lesão neurológica ($p=0,000$). Além disso, a média de acertos foi significativamente maior no G3 que no G2 ($p=0,000$). Sendo assim, o desempenho da orelha esquerda foi pior que o desempenho da orelha direita no G2, no que se refere à porcentagem de acertos.

Baseando-se nos resultados obtidos no teste *GIN* pelos três grupos avaliados, foram calculados os valores de corte, e, em seguida, foram estabelecidos valores de sensibilidade e a especificidade do teste *GIN*.

5.4 - Teste *GIN* - valores de corte, sensibilidade e especificidade

A determinação dos valores de corte foi feita a partir da construção de curvas ROC (Park et al., 2004). Na construção dessas curvas, foram considerados dois

grandes grupos: os normais e os não normais, sendo este último formado pelos indivíduos do G2 e do G3.

As curvas ROC, realizadas para os limiares de detecção de *gap* e para a porcentagem de acertos do teste *GIN*, nas orelhas direita e esquerda, estão demonstradas nas figuras 14 a 17.

Nessa curva, o ponto de corte ótimo é aquele mais próximo do canto superior esquerdo do gráfico, portanto, com o melhor valor de especificidade e de sensibilidade. As coordenadas desse ponto são os valores ótimos da sensibilidade e de 1 menos a especificidade (1 - especificidade).

As coordenadas utilizadas nas curvas ROC e os valores de corte correspondentes de cada ponto estão demonstrados nas Tabelas 11 a 14. Baseado nas curvas ROC e nas tabelas estabelecidas, temos os seguintes valores de corte para o teste *GIN*:

Corte para o limiar - Orelha direita: 5,4 ms;

Corte para o limiar - Orelha esquerda: 5,5 ms;

Corte para a porcentagem de acertos - Orelha direita: 70,6%;

Corte para a porcentagem de acertos - Orelha esquerda: 71,0%.

De acordo com os valores de corte obtidos, observa-se que, para o limiar de detecção de *gap*, os valores de corte são aproximadamente iguais à média do limiar no grupo Normal (G1) (4,7 ms na orelha direita e 4,6 ms na orelha esquerda) mais um desvio padrão (DP= 1 ms em ambas as orelhas). O mesmo não ocorreu para a

porcentagem de acertos no teste *GIN*, pois os valores de corte, neste caso, foram menores do que aqueles obtidos como a média dessa variável no G1.

A partir desses valores de corte, foram calculadas as sensibilidades dos testes, separadamente, para todos os grupos, G2 e G3. Os valores obtidos, bem como as especificidades calculadas a partir das Tabelas 11 a 14, são apresentados na Tabela 15. Nesta tabela, observa-se que as sensibilidades obtidas no G2 são maiores do que as obtidas no grupo de indivíduos com o TPA(C) (G3). Este fato já era esperado, uma vez que o G2 se distancia mais do grupo normal que o G3.

Figura 14 - Curva ROC para o limiar do teste *GIN* - Orelha direita

Tabela 11 - Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para o limiar do teste *GIN* - Orelha direita.

Sensibilidade	1-Especificidade	Valor de corte (ms)
1,00	0,97	2,6
1,00	0,93	3,6
0,93	0,57	4,5
0,58	0,20	5,4
0,38	0,00	6,6
0,10	0,00	8,5
0,03	0,00	10,5

Legenda: o valor de corte utilizado encontra-se em negrito

Como se pode observar na tabela 11, para o valor de corte de 5,4 ms, tem-se uma sensibilidade de 58% e uma especificidade de 80%.

Figura 15 - Curva ROC para a % de acertos - Orelha direita

Tabela 12 - Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para a porcentagem de acertos no teste *GIN* - Orelha direita

Sensibilidade	1-Especificidade	Valor de corte (%)
0,98	0,57	74,7
0,98	0,53	73,9
0,90	0,37	72,3
0,90	0,30	71,4
0,85	0,27	70,6
0,80	0,27	69,8
0,78	0,27	69,0
0,70	0,23	67,4
0,70	0,17	66,6

Legenda: o valor de corte utilizado encontra-se em negrito

De acordo com a Tabela 12, na orelha direita, o valor de corte do teste *GIN* para a porcentagem de acertos foi de 70,6%. Baseado neste corte, foi estabelecida uma sensibilidade de 85% e uma especificidade de 73%.

Figura 16 - Curva ROC para o limiar - Orelha esquerda

Tabela 13 - Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para o limiar do teste *GIN* - Orelha esquerda

Sensibilidade	1-Especificidade	Valor de corte (ms)
1,00	0,97	2,6
1,00	0,93	3,6
0,93	0,57	4,6
0,60	0,10	5,5
0,55	0,03	6,7
0,13	0,00	8,6
0,05	0,00	10,5

Legenda: o valor de corte utilizado encontra-se em negrito

Na tabela 13, observa-se que, para o valor de corte de 5,5 ms obtido para a orelha esquerda, tem-se uma sensibilidade de 60% e uma especificidade de 90%. Constatamos que os valores de sensibilidade e especificidade, bem como os valores de corte para o limiar do teste *GIN*, foram semelhantes em ambas as orelhas.

Figura 17- Curva ROC para a % de acertos - Orelha esquerda

Tabela 14 - Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para a porcentagem de acertos no teste *GIN* - Orelha esquerda

Sensibilidade	1-Especificidade	Valor de corte (%)
0,80	0,33	72,8
0,80	0,30	72,0
0,78	0,30	71,9
0,78	0,27	71,8
0,78	0,23	71,0
0,68	0,17	69,6
0,68	0,13	68,8
0,65	0,10	68,5
0,60	0,07	67,7

Legenda: o valor de corte utilizado encontra-se em negrito

De acordo com a Tabela 14, na orelha esquerda, o valor de corte do teste *GIN* para a porcentagem de acertos foi de 71%. Baseado neste corte, foi estabelecida uma sensibilidade de 78% e uma especificidade de 77%, semelhantes aos valores obtidos na orelha direita.

Tabela 15 - Valores da sensibilidade e especificidade do teste *GIN*

Resposta	Orelha	Especificidade	Sensibilidade	
			G2 (neuro)	G3 TPA(C)
Limiar	Direita	0,80	0,63	0,54
	Esquerda	0,73	0,94	0,38
% acertos	Direita	0,90	0,88	0,71
	Esquerda	0,77	0,94	0,67

Com base na Tabela 15, constatamos que a especificidade do teste *GIN* é boa em ambas as orelhas, tanto para limiar de detecção, quanto para a porcentagem de acertos. A sensibilidade do teste *GIN* foi maior para lesão neurológica que para o transtorno do processamento auditivo em ambas as orelhas, tanto para o limiar, quanto para a porcentagem de acertos.

Na Figura 18, apresentamos os gráficos dos valores individuais do limiar do teste *GIN*. Cada ponto representa o limiar de um indivíduo. Além disso, representamos também nesse gráfico os valores de corte correspondentes a cada orelha. Na Figura 19, temos o mesmo tipo de gráfico para a porcentagem de acertos.

Figura 18 - Gráfico dos valores individuais do limiar do teste *GIN* nos três grupos e nas duas orelhas.

Legenda: as linhas horizontais representam os valores de corte do limiar de detecção do teste *GIN*

Figura 19 - Gráfico dos valores individuais da porcentagem de acertos no teste *GIN* nos três grupos e nas duas orelhas

Legenda: as linhas horizontais representam os valores de corte do limiar de detecção do teste *GIN*

O gráfico da figura 18 mostra que, com o corte de 5,4 ms para a orelha direita, e de 5,5 ms para a orelha esquerda, a maior parte dos indivíduos normais (G1) possuem limiares dentro da normalidade, enquanto a maioria dos indivíduos dos outros dois grupos (G2 e G3) apresentam limiares superiores aos obtidos pelo G1. O mesmo ocorreu para a porcentagem de acertos do teste *GIN*, como pode ser observado na figura 19.

5.5 - Potencial evocado auditivo de estado estável (PEAEE)

A seguir, serão comparados os resultados do PEAEE nos três grupos avaliados. Os resultados apresentados estão em forma de limiar e descritos em decibel (dB). O PEAEE forneceu um limiar eletrofisiológico e um limiar estimado,

calculado por meio de um algoritmo existente no equipamento, com base no limiar eletrofisiológico encontrado em cada frequência. Além desses dois limiares, também encontram-se descritos nos resultados o limiar tonal comportamental, obtido através da audiometria tonal liminar, assim como o cálculo da diferença entre o limiar estimado pelo PEAAE e o limiar comportamental de cada participante do estudo. A diferença entre o limiar estimado e o comportamental é calculada subtraindo-se o limiar comportamental do limiar estimado pelo PEAAE (valor do limiar estimado - valor do limiar comportamental = diferença entre os limiares). Se o valor encontrado nesse cálculo for negativo, isto significa que o limiar estimado pelo PEAAE por meio do algoritmo foi melhor (menor em valor absoluto) que o limiar obtido na audiometria comportamental liminar.

Na Tabela 16 e na Figura 20, observamos que o comportamento do limiar do PEAAE no grupo G3 é mais próximo ao do G1 do que o observado no G2, em ambas as orelhas e nas duas frequências, 500 e 2000 Hz. O mesmo ocorre com o limiar estimado do PEAAE (Tabela 17 e Figura 21) e para os limiares comportamentais tonais (Tabela 18 e Figura 22).

Tabela 16 - Estatísticas descritivas para o limiar do PEAE nos três grupos, por orelha.

Orelha	Frequência (Hz)	Grupo	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Direita	500	G1	30	32,00	12,01	10,0	30,0	55,0
		G2	16	47,47	15,30	25,0	47,5	84,5
		G3	24	35,19	15,21	10,0	35,0	84,5
	2000	G1	30	32,67	10,56	10,0	35,0	60,0
		G2	15	56,47	15,91	35,0	55,0	87,0
		G3	24	33,54	13,87	10,0	30,0	60,0
Esquerda	500	G1	30	33,00	10,95	10,0	35,0	60,0
		G2	16	47,16	17,91	25,0	42,5	85,0
		G3	24	36,67	12,91	15,0	40,0	80,0
	2000	G1	30	34,33	11,65	20,0	30,0	65,0
		G2	16	56,19	18,35	30,0	50,0	87,0
		G3	24	35,38	18,92	10,0	30,0	87,0

Figura 20 - Box-plots para o limiar do PEAE nos três grupos, por orelha.

Tabela 17 - Estatísticas descritivas para o limiar estimado pelo PEAE nos três grupos, por orelha.

Orelha	Frequência (Hz)	Grupo	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Direita	500	G1	30	5,67	14,37	-10,0	5,0	35,0
		G2	16	25,28	21,62	-5,0	22,5	84,5
		G3	24	9,98	20,62	-10,0	10,0	84,5
	2000	G1	30	17,00	11,64	-10,0	20,0	50,0
		G2	15	45,13	19,39	20,0	45,0	87,0
		G3	24	18,54	15,91	-10,0	15,0	50,0
Esquerda	500	G1	30	7,67	12,64	-10,0	10,0	40,0
		G2	16	27,47	23,72	5,0	25,0	84,5
		G3	24	11,25	15,76	-10,0	15,0	65,0
	2000	G1	30	20,00	12,87	5,0	15,0	55,0
		G2	16	45,25	22,40	15,0	37,5	87,0
		G3	24	22,46	22,56	-5,0	15,0	87,0

Figura 21 - *Box-plots* para o limiar estimado do PEAE nos três grupos, por orelha.

Tabela 18 - Estatísticas descritivas para o limiar tonal nos três grupos, por orelha.

Orelha	Frequência (Hz)	Grupo	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Direita	500	G1	30	6,33	5,24	0,0	5,0	25,0
		G2	16	10,31	6,94	0,0	10,0	25,0
		G3	24	7,71	5,10	0,0	7,5	15,0
	2000	G1	30	3,17	4,25	0,0	2,5	20,0
		G2	16	7,19	5,15	0,0	5,0	20,0
		G3	24	4,58	6,06	0,0	0,0	15,0
Esquerda	500	G1	30	5,67	4,10	0,0	5,0	15,0
		G2	16	10,00	6,32	5,0	7,5	25,0
		G3	24	6,25	5,16	0,0	5,0	20,0
	2000	G1	30	2,50	3,88	0,0	0,0	15,0
		G2	16	7,50	5,77	0,0	5,0	20,0
		G3	24	4,58	5,69	0,0	5,0	20,0

Figura 22 - Box-plots para o limiar tonal nos três grupos, por orelha.

Na comparação entre os limiares do PEAAE e os limiares comportamentais, optamos por trabalhar com a diferença entre eles, ou seja, o limiar estimado pelo PEAAE menos o limiar comportamental tonal obtido na audiometria. Cabe ressaltar que valores negativos demonstram que o limiar estimado pelo PEAAE foi melhor que o encontrado na audiometria tonal liminar.

Na Tabela 19 e na figura 23, vemos que as médias e medianas das diferenças entre os limiares estimados pelo PEAAE e os tonais comportamentais, observadas no G2, se destacam dos outros dois grupos, G1 e G3, e os resultados obtidos no G3 estão mais próximo ao encontrados no G1, nas duas frequências bilateralmente.

Tabela 19 - Estatísticas descritivas para a diferença entre limiar estimado pelo PEAAE e limiar tonal comportamental dos três grupos, por orelha.

Orelha	Frequência (Hz)	Grupo	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Direita	500	G1	30	-0,67	12,91	-15,0	-2,5	30,0
		G2	16	14,97	20,26	-25,0	12,5	59,5
		G3	24	2,27	18,86	-25,0	0,0	69,5
	2000	G1	30	13,83	10,31	-10,0	15,0	40,0
		G2	16	35,13	23,54	-15,0	37,5	77,0
		G3	24	13,96	13,99	-10,0	12,5	45,0
Esquerda	500	G1	30	2,00	13,36	-15,0	0,0	40,0
		G2	16	17,47	25,74	-10,0	12,5	79,5
		G3	24	5,00	15,11	-15,0	5,0	55,0
	2000	G1	30	17,50	13,05	0,0	15,0	55,0
		G2	16	37,75	23,94	5,0	32,5	82,0
		G3	24	17,88	21,30	-5,0	10,0	82,0

Figura 23 - *Box-plots* para a diferença entre limiar estimado pelo PEAAE e o limiar tonal comportamental nos três grupos, por orelha.

Pela técnica de análise de variância com medidas repetidas, observamos, nos resultados obtidos na frequência de 500 Hz, que existe diferença estatisticamente significativa entre as médias das diferenças dos limiares estimado e tonal comportamental nas duas orelhas ($p=0,010$), sendo a média da diferença entre os limiares de orelha esquerda maior que a encontrada na orelha direita. Em outras palavras, podemos dizer que os limiares na orelha esquerda foram maiores, ou seja, piores que os obtidos na audiometria tonal liminar. Esse fato ocorreu nos três grupos estudados.

Além disso, os resultados mostraram que a média da diferença no G1 foi significativamente menor que no G2 ($p=0,027$). Entretanto, não se diferenciou de forma significativa da média da diferença obtida no G3 ($p>0,999$). Comparando-se as médias obtidas entre os grupos de pacientes com lesão neurológica e os pacientes

com transtorno de processamento auditivo, foi detectada uma diferença marginal entre as médias das diferenças nestes dois grupos, G2 e G3 ($p=0,090$).

Ao aplicarmos a mesma técnica de análise de variância, na frequência de 2000 Hz, não foi detectada diferença significativa entre as médias da diferença entre o limiar estimado e limiar tonal comportamental nas duas orelhas ($p=0,149$). A média da diferença no grupo normal (G1) foi menor que no grupo com pacientes com lesão neurológica (G2) ($p=0,000$), e não foi observada diferença estatisticamente significativa entre as médias obtidas no G1 e G3 ($p>0,999$). Além disso, a média da diferença entre os limiares foi menor no G3 que no G2 ($p=0,000$) (Tabela 19).

5.6 - Potencial evocado auditivo de estado estável - valores de corte, sensibilidade e especificidade

Para o PEAAE, foram realizadas as mesmas análises, foram calculados os valores para as curvas ROC e, em seguida, foram calculados os valores de sensibilidade e de especificidade do teste.

Para determinar os valores de corte para as diferenças entre o limiar estimado pelo PEAAE e o limiar tonal comportamental, foi empregado o mesmo procedimento do teste *GIN*. Nas Figuras 24 a 27, temos as curvas ROC correspondentes às duas frequências e orelhas e, nas Tabelas 20 a 23, as correspondentes coordenadas da curva. Esses resultados sugerem os seguintes valores de corte (em dB):

- PEAAE 500 Hz - Orelha direita: 2,5;
- PEAAE 500 Hz - Orelha esquerda: 7,4;
- PEAAE 2000 Hz - Orelha direita: 22,0;
- PEAAE 2000 Hz - Orelha esquerda: 18,4

Figura 24 - Curva ROC para a diferença entre limiar estimado pelo PEAAE e limiar o tonal comportamental na frequência de 500 Hz - Orelha direita

Tabela 20 - Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para a diferença entre limiar estimado pelo PEAEE e o limiar tonal comportamental na frequência de 500 Hz - Orelha direita.

Sensibilidade	1 - Especificidade	Corte
0,95	1,00	-20,0
0,85	0,73	-12,6
0,83	0,63	-7,6
0,65	0,50	-2,5
0,53	0,33	2,5
0,45	0,33	7,5
0,30	0,17	12,6
0,23	0,10	17,7
0,20	0,03	22,6

Legenda: o valor de corte utilizado encontra-se em negrito

De acordo com a Tabela 20, para o corte de 2,5 dB, a sensibilidade do PEAEE, na frequência de 500Hz, foi de 53%, e a especificidade foi de 77%, na orelha direita. Na orelha esquerda (Tabela 21), o corte foi de 7,4 dB, e a sensibilidade foi de 50% e a especificidade foi de 73%.

Figura 25 - Curva ROC para a diferença entre limiar estimado e limiar tonal do PEAAE na frequência de 500 Hz - Orelha esquerda.

Tabela 21 - Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para a diferença entre limiar estimado e limiar tonal do PEAAE na frequência de 500 Hz - Orelha esquerda.

Sensibilidade	1 - Especificidade	Corte
0,95	0,87	-12,4
0,78	0,77	-7,5
0,75	0,60	-2,5
0,58	0,40	2,5
0,50	0,27	7,4
0,35	0,17	12,4
0,23	0,10	17,4
0,18	0,10	22,3

Legenda: o valor de corte utilizado encontra-se em negrito

Na frequência de 2000 Hz, a curva ROC (Figura 26) mostrou um valor de corte para a orelha direita de 22 dB. Baseado neste valor, foram obtidos os valores de sensibilidade e de especificidade. A sensibilidade foi igual a 45% e a especificidade foi de 87% (Tabela 22).

Figura 26 - Curva ROC para a diferença entre o limiar estimado pelo PEARE e o limiar tonal comportamental na frequência de 2000 Hz - Orelha direita.

Tabela 22 - Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para a diferença entre o limiar estimado pelo PEAAE e o limiar tonal comportamental na frequência de 2000 Hz - Orelha direita.

Sensibilidade	1 - Especificidade	Corte
0,90	0,93	-2,5
0,85	0,87	2,3
0,78	0,80	7,3
0,63	0,63	12,2
0,50	0,37	17,1
0,45	0,13	22,0
0,38	0,03	27,0
0,28	0,03	31,8
0,25	0,03	36,7
0,18	0,00	41,6

Legenda: o valor de corte utilizado encontra-se em negrito

Na orelha esquerda, o valor de corte estabelecido para a curva ROC (Figura 27) foi de 18,4 dB. Dessa forma, a sensibilidade atingiu 53% e a especificidade 63% (Tabela 23).

Figura 27 - Curva ROC para a diferença entre o limiar estimado pelo PEAE e o limiar tonal comportamental na frequência de 2000 Hz - Orelha esquerda.

Tabela 23 - Coordenadas da Curva ROC e valores de corte para a diferença entre o limiar estimado pelo PEAE e o limiar tonal comportamental na frequência de 2000 Hz - Orelha esquerda.

Sensibilidade	1 - Especificidade	Corte
0,95	1,00	-2,4
0,93	0,97	2,7
0,85	0,80	8,0
0,63	0,60	13,1
0,53	0,37	18,4
0,38	0,20	23,6
0,33	0,17	28,7
0,30	0,17	33,9
0,20	0,07	39,0

Legenda: o valor de corte utilizado encontra-se em negrito

Na Tabela 24, temos os valores das sensibilidades dos testes, separadamente, para os grupos G2 e G3, e das especificidades, quando são adotados os valores de corte apresentados. Baseado nos dados da Tabela 24, observa-se que as sensibilidades no G3 são baixas, quando comparadas ao G2. Isso provavelmente ocorreu devido à semelhança dos resultados obtidos no G3 e no G1.

Tabela 24 - Valores de sensibilidade e de especificidade do PEAE.

Frequência (Hz)	Orelha	Especificidade	Sensibilidade	
			G2	G3
500	Direita	0,67	0,69	0,42
	Esquerda	0,73	0,56	0,46
2000	Direita	0,87	0,75	0,25
	Esquerda	0,63	0,88	0,29

Nas Figuras 28 e 29, temos os gráficos de valores individuais das diferenças entre os limiares estimados pelo PEAE e os limiares tonais comportamentais nas frequências de 500 Hz e 2000 Hz, respectivamente. Os valores de corte são representados nessas figuras pela linha contínua que corta o gráfico.

Figura 28 - Gráfico dos valores individuais da diferença entre o limiar estimado pelo PEAAE e o limiar tonal comportamental na frequência de 500 Hz, nas duas orelhas.

Legenda: as linhas horizontais representam os valores de corte das diferenças.

Figura 29 - Gráfico dos valores individuais da diferença entre o limiar estimado pelo PEAAE e o limiar tonal comportamental na frequência de 2000 Hz, nas duas orelhas.

Legenda: as linhas horizontais representam os valores de corte das diferenças.

5.7 - Análise da concordância entre os testes *GIN* e *PEAEE*

A análise da concordância foi realizada a fim de se verificar se o teste *GIN* e o *PEAEE* apresentavam uma relação que pudesse ser constatada estatisticamente.

Dessa forma, os resultados dos 70 indivíduos nos dois exames foram classificados como normal ou alterado, não importando o grupo a que inicialmente pertenciam.

Considerando a classificação do resultado de cada teste em Normal ou Alterado, segundo os valores de corte apresentados anteriormente, foram construídas as Tabelas 25 a 32.

Nessas tabelas, podemos observar as distribuições dos indivíduos divididos por frequências e porcentagens conjuntas das classificações nos testes *GIN* e *PEAEE*. Para exemplificar a interpretação dos resultados apresentados nessas tabelas, consideremos a Tabela 25. Nesta tabela, temos as classificações obtidas nas orelhas direitas dos 70 indivíduos participantes do estudo, segundo o limiar do teste *GIN* e a diferença entre limiar estimado pelo *PEAEE* e pelo limiar tonal comportamental na frequência de 500 Hz. Os resultados revelaram que 17 (24,3%) indivíduos foram classificados simultaneamente como alterados no *GIN* e no *PEAEE*, 27 indivíduos (38,6%) simultaneamente como normais; 12 (17,1%) foram classificados como alterados no *GIN* e como normais no *PEAEE*, e 14 (20%) foram classificados como normais no *GIN* e alterados no *PEAEE*. Os resultados das demais tabelas são interpretados de forma semelhante.

Uma medida de concordância entre dois testes, cujos resultados são classificados em categorias, é dada pela estatística Kappa. Quando ocorre concordância total entre dois testes, essa estatística assume seu valor máximo igual a 1. Quanto mais se afasta desse valor, mais fraca é a concordância. No rodapé das Tabelas 25 a 32, são apresentados os correspondentes valores da estatística Kappa. Os valores obtidos após as comparações indicam uma concordância fraca entre os testes *GIN* e *PEAEE*.

Tabela 25 - Distribuições de freqüências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes *GIN* (limiar) e *PEAEE*-500Hz - Orelha Direita.

<i>GIN</i> - Limiar	PEAEE - 500Hz		Total
	Alterado	Normal	
Alterado	17	12	29
	24,3%	17,1%	41,4%
Normal	14	27	41
	20,0%	38,6%	41,0%
Total	31	39	70
	44,3%	55,7%	100,0%

Kappa = 0,24

Tabela 26 - Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes *GIN* (limiar) e PEAE - 2000 Hz - Orelha Direita.

<i>GIN - Limiar</i>	PEAE - 2000 Hz		Total
	Alterado	Normal	
Alterado	11	18	29
	15,7%	25,7%	41,4%
Normal	11	30	41
	15,7%	42,9%	58,6%
Total	22	48	70
	31,4%	68,6%	100,0%

Kappa = 0,12

Tabela 27 - Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes *GIN* (% acertos) e PEAE - 500 Hz - Orelha Direita.

<i>GIN - % acertos</i>	PEAE - 500 Hz		Total
	Alterado	Normal	
Alterado	22	17	39
	31,4%	24,3%	55,7%
Normal	9	22	31
	12,9%	31,4%	44,3%
Total	31	39	70
	44,3%	55,7%	100,0%

Kappa = 0,27

Tabela 28 - Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes *GIN* (% acertos) e PEAEE - 2000 Hz - Orelha Direita.

<i>GIN</i> - % acertos	PEAEE - 2000 Hz		Total
	Alterado	Normal	
Alterado	16	23	39
	22,9%	32,9%	55,7%
Normal	6	25	31
	8,6%	35,7%	44,3%
Total	22	48	70
	31,4%	68,6%	100,0%

Kappa = 0,21

Tabela 29 - Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes *GIN* (limiar) e PEAEE - 500 Hz - Orelha Esquerda.

<i>GIN</i> - Limiar	PEAEE – 500 Hz		Total
	Alterado	Normal	
Alterado	14	13	27
	20,0%	18,6%	38,6%
Normal	14	29	43
	20,0%	41,4%	61,4%
Total	28	42	70
	40,0%	60,0%	100,0%

Kappa = 0,19

Tabela 30 - Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes *GIN* (limiar) e PEAE - 2000 Hz - Orelha Esquerda.

<i>GIN - Limiar</i>	PEAE - 2000 Hz		Total
	Alterado	Normal	
Alterado	17	10	27
	24,3%	14,3%	38,6%
Normal	15	28	43
	21,4%	40,0%	61,4%
Total	32	38	70
	45,7%	54,3%	100,0%

Kappa = 0,27

Tabela 31 - Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes *GIN* (% acertos) e PEAE - 500 Hz - Orelha Esquerda.

<i>GIN - % acertos</i>	PEAE - 500 Hz		Total
	Alterado	Normal	
Alterado	17	21	38
	24,3%	30,0%	54,3%
Normal	11	21	32
	15,7%	30,0%	45,7%
Total	28	42	70
	40,0%	60,0%	100,0%

Kappa = 0,10

Tabela 32 - Distribuições de frequências e porcentagens conjuntas das classificações obtidas nos testes *GIN* (% acertos) e PEAEE - 2000 Hz - Orelha Esquerda.

<i>GIN</i> - % acertos	PEAEE - 2000 Hz		Total
	Alterado	Normal	
Alterado	18	20	38
	25,7%	28,6%	54,3%
Normal	14	18	32
	20,0%	25,7%	45,7%
Total	32	38	70
	45,7%	54,3%	100,0%

Kappa = 0,04

DISCUSSÃO

6 - DISCUSSÃO

Neste capítulo, será realizada uma análise crítica dos resultados obtidos neste estudo.

Baseado nos resultados obtidos, tanto no teste *GIN*, como no Potencial evocado auditivo de estado estável, e nas comparações realizadas entre os três grupos avaliados, discutiremos os dados relacionados à sensibilidade e à especificidade de acordo com a literatura revisada.

A discussão será dividida em seis partes, a fim de facilitar a discussão de cada tópico.

6.1 - Amostra

A faixa etária dos pacientes do G1 e do G3 foi semelhante. Entretanto, os indivíduos do G2 apresentaram em média uma idade maior que a encontrada nos outros dois grupos (Tabela 2). Isso pode ser explicado pelo fato dos pacientes do G2 possuírem EMT. Esse tipo de epilepsia é mais freqüente em indivíduos mais velhos, não sendo muito comum esse tipo de epilepsia em crianças ou adolescentes. Durante a coleta dos dados, foram raros os indivíduos com idade abaixo de 30 anos que puderam ser convocados para a realização do estudo. Não encontramos na literatura revisada uma explicação para a causa dessa ocorrência. Acreditamos que esse fator não influenciou nos resultados do estudo, pois, apesar da lesão de lobo temporal

apresentada por eles, os limiares auditivos comportamentais desses indivíduos foram normais, assim como os testes de fala, realizados antes do estudo propriamente dito.

6.2 - Testes comportamentais: Dicótico de Dígitos e Padrão de Duração

Durante a elaboração desse estudo, optamos pela aplicação de dois testes, o teste Dicótico de Dígitos e o teste Padrão de Duração, nos três grupos estudados, para possuírmos uma mesma medida de comparação entre eles.

Apesar dos indivíduos do G1 não apresentarem queixas de TPA(C), os indivíduos deste grupo realizaram os dois testes para que pudéssemos verificar se eles realmente apresentavam resultados dentro dos limites da normalidade, em ambos os procedimentos.

Os resultados foram os esperados, ou seja, todos os pacientes do G1 apresentaram resultados dentro da normalidade, de acordo com Santos e Pereira (1997), e Schochat, Rabelo e Sanfins (2000).

Em ambos os testes, o G3 apresentou resultados mais próximos ao G1 que os obtidos pelos indivíduos do G2, grupo formado pelos indivíduos com lesão neurológica.

No teste dicótico de dígitos, os indivíduos do G1 e G3 tiveram desempenhos semelhantes e dentro da normalidade, de acordo com Santos e Pereira (1997). O G3, formado por adultos com TPA(C), apresentou um desempenho normal do teste dicótico de dígitos. Contudo, a média da porcentagem de acertos foi limite da normalidade, e o desempenho da orelha direita foi significativamente melhor que o observado na orelha esquerda (Tabela 5).

Uma explicação para o fato dos indivíduos com TPA(C), diagnosticados por outros testes e pela queixa, possuírem desempenho tão próximo do normal seria a pouca sensibilidade dos testes de processamento auditivo para adultos, pois, geralmente, os indivíduos adultos apresentam queixas consistentes de transtorno de processamento auditivo, mas os testes não são capazes de constatar esse tipo de alteração.

O desempenho de adultos com alteração de processamento auditivo, geralmente, é normal na maioria dos testes atualmente utilizados, ou é limítrofe, ou seja, levemente abaixo ou acima da normalidade, porém, não muito distante do valor de corte estabelecido como normalidade. Isso ocorre em decorrência das redundâncias extrínsecas que os indivíduos já possuem, e do fato dos adultos já dominarem a língua materna e de possuírem recursos intelectuais para lidar com as dificuldades de processamento auditivo, e, conseqüentemente com os testes utilizados na avaliação.

Baran (2007) relatou que indivíduos que manifestam as alterações de processamento auditivo pela primeira vez na idade adulta já adotaram estratégias próprias que os ajudam a compensar os problemas auditivos, ou então, já receberam uma atenção individualizada de professores e familiares durante a vida, que os ajudaram a lidar com as dificuldades de processamento auditivo, mesmo na ausência de um diagnóstico específico, ou de qualquer tipo de programa, ou de intervenção especializada.

Quanto ao desempenho, a piora da orelha esquerda em relação à orelha direita pode estar relacionada a uma dificuldade na transferência inter-hemisférica da informação auditiva através do corpo caloso, conforme referido por Musiek (1983).

O desempenho do G2 foi abaixo da normalidade, o que era esperado. Os achados concordam com os revisados na literatura. Musiek, em 1983, constatou que o teste dicótico de dígitos é um instrumento sensível na avaliação de indivíduos com lesões em áreas auditivas centrais, pois, nesses casos, a dificuldade na transferência de informações entre os hemisférios cerebrais e a nomeação exigida pelo teste fazem com que os indivíduos com lesões corticais apresentem um desempenho comprometido. Nossos achados concordam com os obtidos pelo autor, uma vez que os indivíduos com comprometimento neurológico tiveram desempenho significativamente inferior aos obtidos nos outros dois grupos, bilateralmente (Tabela 6). Podemos ressaltar que o desempenho da orelha esquerda foi significativamente pior que o encontrado na orelha direita em todos os grupos. O desempenho pior da orelha esquerda concorda com os observados pelo autor.

Em seu estudo, Musiek (1983) relatou um desempenho reduzido na orelha contralateral ao hemisfério lesionado. No G2, a maior parte dos indivíduos avaliados possuía EMT no lobo temporal direito, comprometendo o desempenho da orelha esquerda, ou seja, a orelha contralateral à lesão causada pela epilepsia. Além disso, podemos relacionar tal desempenho a uma dificuldade na transmissão inter-hemisférica da informação através do corpo caloso. Esse tipo de comprometimento na transmissão pode provocar uma queda no desempenho da orelha esquerda, similar ao que foi encontrado no grupo G3.

No teste padrão de duração, os indivíduos do G2 também apresentaram porcentagem de acertos abaixo do esperado, e os indivíduos no G1 e no G3 apresentaram desempenho semelhante e dentro da normalidade (Tabela 7). Entretanto, contrariamente ao observado no teste dicótico de dígitos, o teste padrão

de duração não mostrou diferença estatisticamente significativa quanto à porcentagem de acertos na orelha direita e esquerda. As duas orelhas apresentaram média de acertos semelhantes. Nossos resultados no G2 coincidem com os obtidos por Musiek, Baran e Pinheiro (1990), os quais relataram que, em casos de lesões centrais, os pacientes apresentaram alterações em ambas as orelhas e desempenho semelhante na orelha direita e esquerda, não importando o lado da lesão.

6.3 - Teste *GIN* e Potencial evocado auditivo de estado estável

A decisão de avaliar a sensibilidade e a especificidade desses dois testes, *GIN* e PEAAE, deveu-se ao fato de ambos os testes serem relativamente novos na prática clínica e de terem se mostrado como instrumentos confiáveis de avaliação. Quando a sensibilidade e a especificidade dos testes são conhecidas, tornam as avaliações mais rápidas, confiáveis e úteis, podendo-se reduzir o tempo de avaliação, tornando-se o diagnóstico mais preciso. Quando uma criança realiza uma avaliação de processamento auditivo, vários fatores devem ser levados em conta, dentre eles, o tempo de atenção do paciente e o tempo de avaliação. O tempo de avaliação é um fator muito importante que deve ser levado em conta pelo profissional no momento da avaliação, pois um paciente cansado pode apresentar uma dificuldade de atenção, a qual comprometerá seu desempenho nos testes aplicados.

Ao utilizarmos testes sensíveis e específicos para a avaliação desse transtorno, estamos promovendo um diagnóstico mais correto e acurado. De acordo com Lusted (1978), para que um teste auditivo seja integrado na bateria de avaliação clínica e utilizado na avaliação de alterações do sistema nervoso auditivo central, ele

deve ser aplicado antes em três tipos de população. Inicialmente, em indivíduos normais para a obtenção de dados normativos que possam estabelecer valores de corte que futuramente serão utilizados nas avaliações auditivas. Em seguida, a mesma ferramenta deve ser aplicada em indivíduos com perdas auditivas periféricas para verificar-se a influência de diferentes limiares auditivos no desempenho dos indivíduos frente ao teste. E, por fim, para obtermos dados de sensibilidade e especificidade, pois os indivíduos avaliados devem apresentar lesões confirmadas de SNAC, uma vez que esses indivíduos certamente apresentarão alterações causadas pela lesão, as quais poderão ser identificadas e confirmadas, e os dados poderão ser usados como o padrão ouro da alteração. Acreditamos que indivíduos com lesão apresentam o pior grau de alteração, e as disfunções provavelmente apresentarão resultados melhores, porém, próximos dos apresentados por indivíduos com comprometimento de SNAC.

6.3.1 - Comparação do teste *GIN*

No teste *GIN*, os limiares de detecção de *gap*, obtidos pelos três grupos foram significativamente diferentes. Entretanto, quando comparamos a orelha direita e a esquerda, constatamos que não houve diferença estatisticamente significativa entre elas (Tabela 9). Samelli (2005) e Samelli e Schochat (2008a) constataram que o desempenho das duas orelhas era semelhante independentemente da lista-teste aplicada. Nossos resultados concordam e confirmam os obtidos pelas autoras. Essa constatação torna-se importante durante as avaliações de processamento auditivo central, pois podemos diminuir o tempo de avaliação dos indivíduos aplicando o teste

nas duas orelhas, simultaneamente. Como a resposta exigida pelo teste é gerada no córtex, ambas as orelhas podem ser avaliadas simultaneamente, porque não há diferença no desempenho; além disso, o tempo de avaliação diminui, evitando-se que o longo período de avaliação prejudique o desempenho do paciente avaliado.

Os resultados do G1 mostram que os limiares de detecção de *gap* foram em média maiores (Tabela 9) que os obtidos por Samelli e Schochat (2008b), contudo, se levarmos em conta a mediana, os valores obtidos são próximos aos sugeridos pelo estudo como normalidade. De acordo com as autoras, apesar de o limiar médio obtido ter sido igual a 4,19ms, o critério de normalidade sugerido é a média mais dois desvios padrão, ou seja, devem ser considerados normais os limiares abaixo de 5,43ms. Sendo assim, os resultados encontrados no presente estudo encontram-se dentro da normalidade para a população brasileira. Se compararmos os limiares obtidos neste estudo com os obtidos por Musiek et al. (2005), também temos limiares de detecção de *gap* normais e com valores bem próximos dos obtidos na população americana, uma vez que os autores obtiveram na orelha direita, em média, um limiar de 4,9ms e, na orelha esquerda, 4,8ms.

O G2 apresentou limiares com valores de média e mediana acima dos obtidos pelo G3, e este apresentou limiares maiores que o G1. As diferenças significantes encontradas nas comparações do teste *GIN* foram esperadas, pois pacientes com alterações do SNAC, sejam elas funcionais ou lesionais, apresentam limiar de detecção de *gap* aumentados devido à dificuldade em processar as características temporais dos estímulos auditivos (Musiek et al., 2005; Bamiau et al., 2006).

Estudos com ratos, com malformações de córtex auditivo, semelhantes às alterações encontradas em indivíduos com dislexia, mostraram limiares de detecção

de *gap* próximos a 5ms no grupo de ratos com alterações corticais, e abaixo deste valor pra ratos normais. De acordo com os autores, a detecção de *gaps* acima de 10 ms não mostrou diferença estatisticamente significante entre os grupos avaliados, e *gaps* maiores que 10 ms são detectados por todos os grupos independente da presença da lesão (Clark et al., 2000).

Os dados apresentados pelo G3 concordam e relacionam-se com os obtidos por Clark et al. (2000), pois, considerando a dislexia como uma disfunção, assim como o TPA(C), os limiares obtidos pelos adultos com TPA(C), neste estudo, encontraram-se aumentados em relação ao G1, mas não tão discrepantes como os apresentados pelo G2, mostrando que os casos de disfunção apresentam um aumento do limiar em relação à normalidade, porém, em alguns casos, com uma diferença não tão expressiva quanto em casos de lesão neurológica. Já os indivíduos do G2 apresentaram limiares com mediana entre 7 ms e 8 ms, com valor máximo de limiar de detecção de *gap* entre 12 ms e 15 ms (Tabela 9), confirmando os dados obtidos nos estudos com modelo animal (Clark et al., 2000).

Todas as comparações realizadas entre os três grupos, em relação aos limiares e às porcentagens de acerto do teste *GIN*, mostraram resultados estatisticamente significantes.

A comparação entre as porcentagens de acertos no G1 mostrou que o desempenho foi semelhante em ambas as orelhas. A porcentagem média de acertos foi de 75,6% para a orelha direita e de 76,1% para a esquerda (Tabela 10). Os valores deste estudo são próximos aos obtidos por Musiek et al. (2005) na população americana, e por Samelli e Schochat (2008b) na população brasileira.

A diferença de desempenho entre os três grupos estudados foi verificada com

a comparação entre os grupos e as orelhas. Foi detectado um efeito de interação entre grupo e orelha, ou seja, a diferença entre os grupos depende da orelha. O desempenho da orelha direita não mostrou diferença significativa entre o G2 e o G3; já o desempenho da orelha esquerda, no G2 e no G3, mostrou diferença significativa. Na orelha direita, não houve diferença entre o G2 e o G3, porém, ambos apresentaram porcentagens significativamente menores que o grupo normal. Na orelha esquerda, o pior desempenho foi o do grupo de indivíduos com lesão neurológica, seguido pelo G3 (indivíduos com TPA(C)) e, por fim, o do G1. Todas as comparações apresentaram diferenças estatisticamente significantes na orelha esquerda.

Na literatura revisada, não foram encontradas diferenças de desempenhos desse tipo, em que as orelhas demonstrassem resultados diferentes. Provavelmente, isso se deve ao fato do grupo neurológico apresentar um maior número de indivíduos com lesão de hemisfério direito e uma porcentagem menor de indivíduos com lesão de hemisfério esquerdo. Como a lesão era em região cortical, lobo temporal, o desempenho foi desequilibrado entre as orelhas, fato não encontrado no G1. Os pacientes normais, sem alterações corticais, confirmaram os dados da literatura (Samelli e Schochat, 2008a), mostrando um equilíbrio no desempenho de ambas as orelhas. Já o grupo com lesão neurológica apresentou porcentagem de acertos menor na orelha esquerda, lado contralateral à maioria das lesões dos indivíduos do G2, ou seja, lesões de hemisfério direito.

Com relação ao grupo com TPA(C), outra hipótese seria o fato de que alguns pacientes com alterações funcionais do SNAC possuem respostas semelhantes aos pacientes com lesões do SNAC, e, dessa forma, apresentam resultados semelhantes

aos obtidos pelo grupo neurológico. Pacientes com TPA(C) podem possuir alterações na transferência inter-hemisférica da informação, ou seja, o corpo caloso não executa a tarefa adequadamente, e a transmissão da informação do hemisfério direito (hemisfério “não-verbal”) para o hemisfério esquerdo (hemisfério “verbal”) fica comprometida, e, conseqüentemente, o desempenho da orelha esquerda apresenta uma queda, tornando-se pior que o encontrado na orelha direita. Segundo Musiek e Reeves (1990), o córtex auditivo primário apresenta uma assimetria causada por uma diferença de tamanho do giro de Heschl, que é maior no hemisfério esquerdo que no direito. Dessa forma, de acordo com os autores, o hemisfério esquerdo possui mais substrato neural, desde conexões entre neurônios até conexões inter-hemisféricas, provendo, assim, uma base melhor para o desenvolvimento da linguagem.

Observando os resultados obtidos no G2 e no G3, notamos que o aumento de limiar e a diminuição da média de acertos ocorreram em ambos os grupos. Entretanto, comparando os grupos dois e três, constatamos que o G2 apresentou limiares significativamente maiores que os obtidos pelos indivíduos do G3. Nossos achados concordam com os obtidos em estudos envolvendo pacientes com comprometimento neurológico (Musiek et al., 2005; Shinn, 2005 e Bamiau et al., 2006).

Segundo esses estudos, pacientes com lesão neurológica, como é o caso dos indivíduos do G2, que apresentam esclerose mesial temporal, ou pacientes com TPA(C) (G3), possuem dificuldades para lidar e processar as características temporais da informação auditiva. Uma das possíveis causas relatadas por esses estudos corresponderia a alterações em neurônios responsáveis pela transmissão sincrônica dos estímulos, provocando mudanças nos disparos dos neurônios e

comprometendo a capacidade e a habilidade do sistema nervoso auditivo de resolver as tarefas temporais.

No teste *GIN*, foram calculadas a sensibilidade e a especificidade, baseando-se tanto nos limiares, quanto na porcentagem de acertos.

De acordo com o estudo de Musiek et al. (2005), para um limiar de corte de 5 ms, a sensibilidade foi de 73% e a especificidade foi de 84%. Com um corte de 7ms (valor do limiar mais dois desvios padrão), a sensibilidade foi de 67% e a especificidade aumentou para 94%. Os valores encontrados neste estudo estão próximos aos encontrados por Musiek et al. (2005). Considerando o corte de 5,4ms para a orelha direita, e de 5,5ms para a orelha esquerda, obtivemos uma sensibilidade entre 58% e 60%, respectivamente, e uma especificidade entre 80% e 90%. Com estes cortes, a sensibilidade para lesão neurológica foi de 94% na orelha esquerda e de 63% para a orelha direita. A sensibilidade para TPA(C) foi menor que a do grupo com lesão neurológica, ficando entre 38% e 54% na orelha esquerda e direita, respectivamente.

Neste estudo, os pacientes possuíam lesão, ou do lado direito, ou do lado esquerdo, mas, em nenhum dos casos avaliados, os pacientes possuíam alterações bilaterais. Efron et al. (1985) e Bamiau et al. (2006) relataram, em seus estudos, que os limiares de detecção de *gap* nos indivíduos do grupo com lesão neurológica foram, em grande parte, piores na orelha contralateral à lesão. Nossos resultados concordam com estes estudos, pois o G2 possui mais indivíduos com esclerose mesial temporal no hemisfério direito que no hemisfério esquerdo, e os limiares de detecção de *gap* no G2 foram piores na orelha esquerda (Tabela 4). Quanto à sensibilidade, observamos que, nos cortes realizados, a orelha esquerda apresentou

valores maiores que os da direita, ou seja, tivemos mais alterações na orelha esquerda (contralateral à lesão) que na orelha direita (ipsilateral à lesão).

Dessa forma, observamos que os valores de especificidade são semelhantes aos obtidos no estudo de Musiek et al. (2005), porém, os valores de sensibilidade para lesão apresentaram uma variabilidade maior. Os valores de sensibilidade para TPA(C) foram baixos se comparados aos estudos de Musiek et al. (2005). Não encontramos estudos específicos sobre esse teste em adultos com transtorno de processamento auditivo. Entretanto, os resultados obtidos no grupo de adultos com TPA(C) nos levaram a pensar que, talvez, os adultos com TPA(C) apresentem alterações de grau leve em sua grande maioria, e que essa alteração não afeta de maneira significativa os limiares do teste *GIN*. Os adultos, quando avaliados, demonstram que sabem como lidar com as tarefas envolvidas no processamento da audição exigido pelos testes, e, quando avaliados por testes comportamentais, ficam constatadas alterações leves de processamento auditivo, ou um resultado no limite da normalidade. Além disso, adultos com TPA(C) muitas vezes relatam, na anamnese, grandes dificuldades de processamento auditivo, mas essa dificuldade não se manifesta nos testes atualmente utilizados na avaliação do processamento auditivo, e os resultados mostram-se normais ou com alterações consideradas de grau leve. Os testes comportamentais existentes atualmente não se mostram sensíveis para os adultos, pois, de alguma maneira, os pacientes adultos aprendem a lidar com a alteração, desenvolvendo estratégias, e, conseqüentemente, com as tarefas auditivas às quais são expostos durante a avaliação.

Sendo assim, podemos dizer que o corte apresentado neste estudo mostrou um bom equilíbrio entre especificidade e sensibilidade, apesar da sensibilidade para TPA(C) não ter sido tão boa quanto o esperado.

Com relação à porcentagem de acertos, no mesmo estudo (Musiek, et al., 2005), o autor concluiu que, para um corte de 62%, a sensibilidade foi de 56% e a especificidade de 87%, e, para um corte de 54% (considerando dois desvios padrão), a sensibilidade foi de 44% e a especificidade foi de 100%. Baseado nos dados obtidos neste estudo, e considerando-se o corte estabelecido pela curva ROC igual a 71%, a especificidade ficou entre 78% e 85%, e a sensibilidade para lesão neurológica entre 88% e 94%. A sensibilidade para TPA(C) foi baixa com valores entre 67% e 71%.

Se levarmos em consideração a média da porcentagem de acertos no G1, o corte também ficaria acima dos obtidos por Musiek et al. (2005).

Nosso valor de corte foi maior que o apresentados por Musiek et al. (2005). Da mesma forma, os valores de sensibilidade também foram maiores, tanto para a lesão neurológica, quanto para o TPA(C). Os valores de especificidade foram superiores apenas na orelha direita.

Já os valores da sensibilidade do TPA(C), considerando-se as porcentagens de acerto, foram maiores que os obtidos com o limiar de detecção de *gap*.

As diferenças encontradas entre os dois estudos podem ter sido influenciadas pela amostra. No estudo de Musiek e colaboradores (2005), a média de idade do grupo neurológico foi superior à média de idade do G2 no presente estudo (46,6 anos), e o número de indivíduos, no grupo com lesão neurológica, apesar de ser maior (18 indivíduos), não estavam restritas ao SNAC e ao córtex auditivo, pois

alguns pacientes também apresentavam lesões unilaterais ou bilaterais de tronco encefálico. Essa diferença quanto ao local da lesão, e o fato do estudo não se restringir a uma só patologia, como é o caso do presente estudo, pode ter influenciado nos resultados.

6.3.2 - Comparação do potencial evocado auditivo de estado estável

Neste estudo, o PEAAE foi realizado em quatro frequências (500, 1000, 2000 e 4000 Hz), porém, foram relatados no estudo apenas os resultados das frequências de 500 e 2000 Hz. Essas frequências foram escolhidas por fornecerem informações sobre medidas de baixa e de média frequência, e por refletirem as frequências geralmente testadas em potenciais evocados auditivos de tronco encefálico por meio de cliques e “tone bursts”. Além disso, a frequência de 1000 Hz é uma frequência intermediária entre 500 Hz e 2000 Hz, e a frequência de 4000 Hz é uma das mais difíceis de ser avaliada. As respostas nas frequências mais altas exigem muita sincronia dos neurônios da via auditiva central. A velocidade alta com que os disparos neurais precisam ocorrer, para que a resposta esteja em fase com o estímulo e a resposta seja detectada pelo algoritmo como presente, exige muito do sistema, e pequenas alterações no processamento do sinal acústico podem comprometer a amplitude do PEAAE, e, conseqüentemente, a detecção da resposta (Rance et al., 1999; Vander Werff et al., 2002; Stueve e O’Rourke, 2003 e Luts et al., 2004).

Os resultados obtidos com o PEAAE, tanto para o limiar eletrofisiológico (Tabela 16), como para o limiar estimado (Tabela 17), e ainda na audiometria tonal comportamental (Tabela 18), mostraram que o G1 apresentou resultados próximos

aos obtidos no G3, no entanto, o G2 foi o grupo que apresentou dados mais distantes e discrepantes, quando comparado aos dois outros grupos avaliados. Isto ocorreu em ambas as frequências estudadas.

Outros estudos também relataram discrepâncias entre indivíduos normais e com comprometimento neurológico. Rance et al. (1999) constataram que alguns indivíduos com neuropatia auditiva apresentavam limiares ausentes no PEATE, mas que apresentavam limiares, estimados pelo PEAAE, presentes em níveis máximos de intensidade, e significativamente diferentes daqueles encontrados no potencial evocado auditivo de tronco encefálico. Segundo os autores, isso demonstrou a pouca correlação entre os limiares, principalmente nas frequências mais altas.

As dificuldades de resposta dos indivíduos com lesão neurológica, encontradas no nosso estudo, também foram destacadas por Cone-Wesson et al. (2002). Segundo os autores, lesões afetam neurônios e podem prejudicar a sincronia neural necessária para promover respostas em fase com o estímulo. A consequência disso seria a ocorrência de limiares no PEAAE maiores que os comportamentais nos pacientes neurológicos.

A pouca relação entre os limiares em pacientes neurológicos também foi relatada por Shinn (2005) e Shinn e Musiek (2007). Os autores sugeriram que os indivíduos com comprometimentos neurológicos apresentaram limiares significativamente diferentes dos obtidos em indivíduos normais por possuírem dificuldade na transmissão do estímulo sonoro ao longo da via auditiva central, e por uma inabilidade do sistema em responder em fase e de maneira sincrônica com o estímulo, o que acaba afetando a obtenção e a captação da resposta do PEAAE.

Os limiares estimados pelo PEAAE no G1 ficaram entre 5.67 e 7.67 dBNA na orelha direita e esquerda, respectivamente, na frequência de 500 Hz, e entre 17 e 20 dBNA na orelha direita e esquerda, respectivamente, na frequência de 2000Hz. No grupo com TPA(C), os limiares estimados foram próximos ao G1; entretanto, o G2 apresentou limiares estimados significativamente piores que os outros dois grupos, apesar dos limiares comportamentais serem semelhantes nos três grupos avaliados e nas duas frequências estudadas (Tabela 17). Os indivíduos dos três grupos eram audiologicamente semelhantes e possuíam limiares tonais comportamentais próximos, porém, os limiares estimados pelo PEAAE mostraram diferenças significantes entre os três grupos estudados.

Nossos limiares estimados foram próximos aos obtidos por Van der Reijen, Mens e Snik (2006), e inferiores aos obtidos por Shinn e Musiek, em 2007.

Van der Reijen, Mens e Snik (2006) obtiveram, em 500 Hz, limiares estimados próximos a 13 dBNA, e em 2000 Hz, por volta de 14 dBNA. A média dos limiares estimados, obtidos por Shinn e Musiek (2007) no grupo normal, foi, em 500 Hz, igual a 9.5 dBNA, e em 2000 Hz, igual a 23.8 dBNA. No grupo com lesão neurológica, em 500 Hz, a média dos limiares estimados foi de 16.8 dBNA, e em 2000 Hz, de 34.5 dBNA, porém, os autores encontraram as mesmas características deste estudo entre as frequências e os grupos avaliados, isto é, limiares melhores e mais parecidos com os comportamentais no grupo normal, e limiares piores e mais distantes dos comportamentais no grupo com lesão neurológica. A diferença entre os limiares estimados obtidos nas duas pesquisas pode ter sido causada pelo menor número de indivíduos avaliados no estudo americano, talvez o maior número de indivíduos avaliados neste estudo possa ter tornado a amostra mais homogênea.

Além disso, a avaliação de uma única patologia, no caso, a esclerose mesial temporal, também pode ter tornado a amostra mais homogênea.

No grupo com TPA(C), os limiares estimados, apesar de próximos aos obtidos no G1, foram superiores, ficando entre 9.98 e 11.25 dBNA, na frequência de 500 Hz, e entre 18.54 e 22.46 dBNA, na frequência de 2000 Hz. Quando comparados aos limiares obtidos no G2, verificamos que o G3 apresentou limiares significativamente melhores que os indivíduos com lesão neurológica. Na literatura, não encontramos estudos relacionando o PEAEE com os transtornos do processamento auditivo central, porém, baseando-se nos estudos com lesão neurológica, podemos levantar uma hipótese de que as disfunções do SNAC, presentes em indivíduos com TPA(C), possam, de alguma forma, causar o aumento dos limiares estimados. Dificuldades na transmissão do estímulo sonoro devido a comprometimentos no disparo sincrônico das fibras, e o prejuízo das respostas em fase com o estímulo, em indivíduos com disfunção, causam um aumento do limiar estimado, mas em uma proporção menor que os indivíduos com lesão neurológica, pois, provavelmente, nos casos de lesão, o prejuízo na transmissão da onda sonora é maior e, em casos de disfunção, o mau funcionamento das estruturas do SNAC pode comprometer o desempenho, mas de uma maneira menos grave, pois não há lesão de SNAC propriamente dita.

Outro ponto bastante investigado na literatura levantada é a diferença entre os limiares estimados pelo PEAEE e os limiares tonais comportamentais.

A diferença encontrada neste estudo, no grupo normal, ficou entre 13.83 e 17.5 dBNA em 2000 Hz, e entre -0.67 e 2 dBNA em 500 Hz, com diferença significativa entre as duas orelhas, pois a orelha esquerda apresentou limiares

aumentados em relação à orelha direita. Nossos valores são próximos aos obtidos por Lins e colaboradores (1996). Eles encontraram uma diferença entre os limiares nas frequências de 500 a 4000 Hz com valores entre 10 e 20 dB no grupo normal.

A diferença entre os limiares foi menor na frequência de 500 Hz do que na frequência de 2000 Hz. A menor correlação entre os limiares tonais e estimados nas frequências mais altas foi relatada por Rance e colaboradores (1999), Vander Werff et al. (2002), Stueve e O'Rourke (2003), Luts et al. (2004) e Shinn (2005). Os autores sugeriram que, nas frequências mais altas, o substrato neural é mais exigido, para que os neurônios possam disparar sincronicamente e, assim, gerar um potencial que possa ser identificado como verdadeiro, ou seja, que esteja em fase como o estímulo auditivo, e gere uma resposta "*phase locked*". Como nas frequências mais baixas essa exigência é menor, a diferença entre os limiares obtidos na audiometria tonal e os obtidos no PEAAE tornam-se menores.

Os PEAAE também são relacionados aos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico evocados por estímulo do tipo "tone burst" e por cliques. Como o estímulo clique possui uma faixa de frequência entre 2000 e 4000 Hz, o PEATE com esse tipo de estímulo demonstra boa correlação com os limiares obtidos no PEAAE, nas frequências de 1k, 2k e 4k Hz, no entanto, embora não tenha sido realizado neste estudo, sabe-se que as avaliações realizadas com "tone burst" não apresentam uma correlação tão boa quando comparamos os limiares obtidos entre os dois tipos de potencial evocado (Vander Werff et al., 2002; Stueve e O'Rourke, 2003; Firszt et al., 2004 e Luts et al., 2004).

Ainda assim, revisando a literatura, constatamos a existência de estudos cujos limiares do PEAAE subestimam os valores dos limiares comportamentais em indivíduos normais.

Johnson e Brown (2005) observaram que, em alguns dos indivíduos com audição normal, comprovada pela audiometria tonal comportamental, os limiares estimados pelo PEAAE foram piores que os comportamentais. O mesmo aconteceu no estudo de Shinn (2005) em indivíduos com lesão neurológica. Os limiares estimados observados no PEAAE foram piores que os comportamentais e, portanto, subestimaram os limiares auditivos reais dos indivíduos.

Dessa forma, a diferença entre os limiares estimados pelo PEAAE e os limiares comportamentais passa a ser extremamente importante para que se possa ter uma estimativa da precisão e do PEAAE.

No presente estudo, comparando as orelhas direita e esquerda, constatou-se que a diferença entre os limiares comportamentais e estimados pelo PEAAE, na frequência de 500 Hz, foi significativamente diferente entre as duas orelhas, sendo que a orelha esquerda foi pior que a orelha direita, ou seja, a diferença entre os limiares comportamentais e estimados foi maior na orelha esquerda que na orelha direita. Essa diferença ocorreu em todos os grupos avaliados (Tabela 19). O mesmo resultado não ocorreu na frequência de 2000 Hz, para a qual os valores das diferenças entre as orelhas foram estatisticamente semelhantes em todos os três grupos avaliados. Não foram encontradas na literatura diferenças entre as orelhas no que diz respeito à diferença entre os limiares. Se a diferença entre as orelhas tivesse apenas no G2, ou tivesse ocorrido no G2 em ambas as frequências, poderíamos supor

que o lado da lesão poderia ter influenciado para esse desequilíbrio entre as orelhas, entretanto, isso não ocorreu.

Em valores absolutos, o G1 apresentou a menor diferença entre os limiares, seguido pelo G3 e depois pelo G2, em ambas as frequências. É importante ressaltar que, embora a diferença entre os limiares do G1 e do G3 não tenha sido estatisticamente significativa, em valores absolutos, existiu uma diferença entre os grupos, e o G3 apresentou uma diferença maior que a apresentada pelo G1, isto é, os limiares estimados foram piores que os obtidos pelo grupo normal. Isso pode ter ocorrido como relatado anteriormente, devido ao fato dos adultos com alterações de processamento auditivo possuírem uma queixa pior que os resultados dos exames, causado principalmente por uma baixa sensibilidade dos testes para essa população, associado a um desenvolvimento de recursos intelectuais para lidar com esse tipo de tarefa, ou devido ao número de sujeitos não ter sido homogêneo entre os grupos.

Os resultados do G2 mostram o oposto aos resultados encontrados nos outros dois grupos, uma diferença grande entre os limiares estimados e comportamentais. Esses achados combinam com os de Rance et al. (1999), cujo grupo neurológico apresentou uma correlação baixa, ou seja, limiares pelo PEAAE piores que os obtidos na audiometria comportamental.

O aumento de limiares eletrofisiológicos também foi observado por Soliman et al. (1993). Indivíduos com epilepsia, apesar de possuírem limiares tonais comportamentais dentro da normalidade, apresentavam limiares aumentados no potencial evocado auditivo de média latência (PEAML) em 40.7% dos casos avaliados. Assim como os limiares do PEAML, o potencial evocado auditivo de tronco encefálico também estava aumentado nesses pacientes com epilepsia em

30.1% dos casos. Esse aumento foi atribuído a um prejuízo da transmissão dos impulsos elétricos, tanto no tronco encefálico, quanto no córtex auditivo. De acordo com os pesquisadores, distúrbios de alguns neurotransmissores do tronco encefálico, bem como outras estruturas subcorticais, podem aumentar o limiar desses potenciais evocados auditivos. Segundo eles, o desequilíbrio nos neurotransmissores pode estar relacionado à produção de convulsões, e esse desequilíbrio pode se estender até níveis corticais e subcorticais, provocando uma ausência de sincronia nas vias auditivas centrais.

Um achado do estudo de Soliman et al. (1993) foi uma resolução pobre da onda PA do PEAML nas intensidades moderada e baixa nos pacientes com epilepsia, isto é, uma diminuição da amplitude da resposta, e, conseqüentemente, um aumento no limiar do potencial de latência média. Baseando-se nos achados dos autores, podemos dizer que a transmissão neural, prejudicada em indivíduos com lesões neurológicas, como os indivíduos com epilepsia, podem ter um papel fundamental na inabilidade do PEAAE em determinar e prever precisamente os limiares comportamentais, uma vez que este potencial precisa ter uma resposta com amplitude suficiente para que possa ser detectada e reconhecida como em fase com o estímulo para ser considerada presente.

Shinn (2005) também observou o mesmo fato em seu grupo com lesão de SNAC, porém não constatou diferenças entre as orelhas, como as constatadas em nosso estudo. Outro achado interessante desse estudo é que, na frequência de 500 Hz, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, porém, na frequência de 2000 Hz, os resultados foram significativamente diferentes entre o grupo normal e o grupo com lesão neurológica. Os resultados do presente estudo

mostraram diferenças estatisticamente significantes entre os grupos, tanto na frequência de 500 Hz, como na frequência de 2000 Hz, e a média de diferença entre os limiars foi levemente maior que a diferença encontrada pela autora.

Em números absolutos, o G3 apresentou uma diferença maior entre os limiars do que a obtida pelo G1, mas essa diferença não apresentou significância estatística. Provavelmente, esse aumento observado reflete a disfunção de processamento auditivo apresentada por esse grupo de indivíduos, a qual provoca um processamento alterado do estímulo sonoro através das vias auditivas centrais. Ross e Pantev (2004) relataram que o PEAAE segue a estrutura temporal do estímulo. Dessa forma, uma explicação para os resultados encontrados no G3 pode ser baseada nas alterações de processamento auditivo temporal. Prejuízos do processamento temporal auditivo, sejam eles de origem funcional ou lesional, causam uma alteração nos testes, comportamentais e eletrofisiológicos, exigindo um refinado processamento do sinal acústico ao longo da via auditiva. Os disparos tornam-se menos sincrônicos em alguns locais importantes do SNAC, como o córtex auditivo primário, e o sistema torna-se menos hábil em gerar respostas em fase com o estímulo recebido.

Essa inabilidade provoca um prejuízo das respostas, que se tornam menos amplas e mais difíceis de serem captadas. Nesses casos, como demonstrado por Lins e Picton (1995), o sistema precisa de mais intensidade para gerar uma resposta de maior amplitude, e que possa ser reconhecida como válida pelos algoritmos do equipamento que capta o PEAAE. Esse aumento de intensidade provoca um aumento de limiar, o qual, conseqüentemente, será mais distante do limiar tonal comportamental.

Uma das conseqüências dessa diferença aumentada entre os limiares estimados pelo PEAAE e os limiares tonais comportamentais é que, isoladamente, os limiares obtidos pelo PEAAE não demonstram precisamente os limiares auditivos de indivíduos com lesões confirmadas de SNAC. Esse grupo de indivíduos pode parecer possuir uma perda auditiva neurosensorial, a qual não será confirmada em outros exames, pelo fato dos limiares estimados serem diferentes dos limiares comportamentais. Essa diferença entre limiares poderá ser muito útil no diagnóstico diferencial e na confirmação de diagnóstico neurológico. Em casos de coma, indivíduos com audição normal talvez apresentem limiares aumentados, incompatíveis com as respostas comportamentais e a avaliação através do PEAAE, o que pode ser útil no acompanhamento da evolução desses pacientes em estado de coma.

Alguns autores relatam uma boa correlação entre os limiares estimados pelo PEAAE com os limiares tonais em crianças com perdas auditivas, e correlações não tão fortes em crianças com limiares tonais normais (Cone-Wesson et al., 2002; Vander-Werff et al., 2002; Stueve e O'Rourke, 2003; Canale et al., 2006). Em outros casos, a sugestão dos pesquisadores é a realização de exames complementares em casos de suspeita de perdas auditivas em crianças, para que o grau da perda seja mais preciso (Firszt et al., 2004). Nos casos de perdas auditivas neurosensoriais, limiares piores no PEAAE, portanto mais próximos aos limiares comportamentais, podem ser causados por danos nas células ciliadas, gerando uma descarga neuronal insuficientemente sincrônica para se obter uma resposta válida no potencial evocado auditivo de estado estável (Canale et al., 2006).

Os dados observados neste estudo, quanto à diferença entre os limiares, também foram observados em outros estudos. As alterações causadas por disfunções e lesões do SNAC podem provocar um aumento na diferença entre os limiares, a qual, à primeira vista, pode parecer uma perda auditiva, pois o PEAEE pode, em alguns casos, subestimar os limiares auditivos comportamentais. Johnson e Brown (2005) e Shinn (2005) também observaram esse aumento e constataram que alguns indivíduos poderiam parecer ter uma perda auditiva neurosensorial, quando somente os limiares do PEAEE foram considerados.

De acordo com os autores, as respostas do PEAEE dependem muito da habilidade do SNAC em responder em fase com o estímulo sonoro recebido e transmiti-lo sincronicamente ao longo da via. Pacientes com alterações de SNAC podem mostrar uma maior dificuldade com nesse mecanismo, em decorrência de uma lesão, ou até mesmo de uma disfunção, como é o caso dos indivíduos com TPA(C), e, conseqüentemente, podem apresentar limiares piores e bem diferentes dos obtidos pelos indivíduos normais. Isso pode ocorrer, principalmente, em frequências mais altas, as quais exigem uma resposta mais rápida do SNAC.

Assim como no teste *GIN*, a sensibilidade e a especificidade no PEAEE também foram observadas. Os valores de corte e os melhores valores de sensibilidade e de especificidade (Tabelas 20, 21, 22 e 23) foram obtidos através de curvas ROC. Esses valores foram calculados para ambas as frequências, pois os resultados obtidos para ambas foram significativamente diferentes entre os três grupos estudados.

Revisando a literatura, até o momento, apenas um estudo foi realizado para verificar a sensibilidade e a especificidade do PEAEE em indivíduos com lesão

neurológica confirmada. Neste estudo, Shinn e Musiek (2007) encontraram, para um corte de 17.5 dBNA, uma sensibilidade de 64% e uma especificidade de 82%. Segundo os autores, a sensibilidade foi fraca, mas a especificidade apresentou um valor bom.

No presente estudo, a sensibilidade, em ambas as frequências, foi baixa, sendo, em 500 Hz, na orelha direita, de 53% para um corte de 2.5dB, e na orelha esquerda, de 50% para um corte de 7.4dB. Na frequência de 2000Hz, na orelha direita, para um corte de 22dB, a sensibilidade foi de 45% e, na orelha esquerda, para um corte de 18.4dB, a sensibilidade atingiu 53%. A especificidade foi melhor, sendo, na frequência de 500 Hz, de 77% na orelha direita, e de 73% na orelha esquerda. Na frequência de 2000 Hz, foi de 63% na orelha esquerda e de 87% na orelha direita. A baixa sensibilidade constatada neste estudo confirma os dados de Shinn e Musiek (2007), pois, de acordo com os pesquisadores, talvez uma amostra maior possa revelar valores melhores de sensibilidade. O estudo americano foi realizado com 11 indivíduos, e o presente estudo foi realizado com 16 indivíduos, sendo que uma amostra mais numerosa talvez pudesse nos trazer valores melhores de sensibilidade.

A especificidade encontrada neste estudo foi melhor que a sensibilidade, e também mais próxima dos valores encontrados pelos pesquisadores americanos, principalmente na frequência de 2000 Hz.

Entretanto, quando a sensibilidade e a especificidade foram calculadas para cada um dos grupos separadamente (Tabela 24), observamos que a especificidade foi melhor na frequência de 2000 Hz, e a sensibilidade para lesão neurológica foi melhor que a observada para transtorno do processamento auditivo (central) na mesma frequência. Provavelmente, a melhor explicação para o fato seja a semelhança entre o

G1 e o G3, tornando a avaliação menos sensível para as alterações de processamento auditivo, já que os indivíduos com TPA(C) possuíam alterações consideradas leves, de acordo com os resultados dos testes comportamentais.

Os valores de sensibilidade e a especificidade do PEAEF obtidos neste estudo podem ser comparados com estudos realizados com o potencial de média latência. Segundo Cone- Wesson et al.(2002), ao utilizar-se uma modulação de 46Hz na avaliação do PEAEF, acredita-se que a resposta será gerada por mecanismos semelhantes aos do potencial de média latência, isto porque, segundo os pesquisadores, a medida do espectro da fase da resposta (por frequência modulada) pode ser relacionada à latência dos potenciais evocados transientes de latência semelhante, pois a frequência de modulação e os geradores do PEAEF estão intimamente relacionados.

O estudo com o PEAML, realizado por Schochat, Rabelo e Loretti (2004), mostrou uma sensibilidade para o TPA(C) de 64,7%, e para lesão neurológica, de 55,6%. Os valores encontrados no presente estudo também foram próximos aos encontrados pelas autoras.

Japaridze, Shakarishvili e Kevanishvili (2002), em seu estudo comparativo entre o PEATE, o potencial de média latência (PML) e os potenciais corticais em indivíduos com esclerose múltipla, encontraram uma sensibilidade de 42.5%, valor semelhante aos obtidos por Shinn e Musiek (2007) e aos obtidos no presente estudo.

Apesar da baixa sensibilidade do PEAEF, constatada neste estudo, a especificidade do potencial foi relativamente boa quando comparada aos outros estudos revisados. Pode-se dizer que estudos com uma maior amostragem e

diferentes patologias podem trazer uma contribuição significativa para os valores de sensibilidades deste potencial.

6.4 - Comparação do potencial evocado auditivo de estado estável com o teste *GIN*

A relação entre o potencial evocado auditivo de estado estável e o teste *GIN* foi investigada, neste estudo, através da verificação da correspondência entre os dois testes. Como os dois testes envolvem a habilidade de resolução temporal, uma das hipóteses levantadas foi a de que os dois testes apresentariam uma correlação, e indivíduos com alterações na detecção de *gap in noise*, ou seja, limiares de detecção de *gap* aumentados, apresentariam uma diferença maior entre os limiares estimados pelo PEAAE e os limiares comportamentais. Entretanto, os valores encontrados na análise estatística não demonstraram uma forte correspondência entre as duas ferramentas.

Em um estudo para avaliar o processamento temporal envolvido no PEAAE e na tarefa de detecção de *gap*, Ross e Pantev (2004) elaboraram um protocolo para observar as mudanças produzidas pela tarefa de detecção de *gap* no PEAAE. Constataram que *gaps* de 3ms já provocam uma diminuição na amplitude das respostas de estado estável, e que, nas frequências portadoras mais altas, o desempenho diminui, e apenas *gaps* mais longos são detectados.

Os resultados do presente estudo não evidenciaram uma relação tão forte quanto a que foi observada no estudo dos pesquisadores americanos. Essa diferença de resultados pode ter sido causada por uma diferença metodológica, pois no

presente estudo, o PEAAE não estava avaliando diretamente a tarefa de resolução temporal através da detecção de *gaps*, uma vez que os testes foram aplicados separadamente, e que a correspondência foi investigada através de testes estatísticos.

Assim como o estudo citado, observamos que existe uma relação entre os dois testes, e que o processamento da estrutura temporal do som envolve áreas auditivas corticais, as quais sofrem a influência de lesões ou disfunções presentes no SNAC, pois todos os resultados mostraram que indivíduos com lesão de córtex auditivo apresentaram prejuízos na habilidade de resolução temporal, seja ela avaliada por meio de um teste comportamental, seja um eletrofisiológico.

CONCLUSÕES

7 - CONCLUSÕES

O processamento temporal foi avaliado nos três grupos de pacientes por meio dos testes *GIN* (*gaps-in-noise*) (Musiek et al., 2005) e do potencial evocado auditivo de estado estável. As conclusões do estudo foram:

- a) Quanto ao teste *GIN*, a comparação entre os resultados obtidos pelos três grupos mostrou um aumento significativo, do limiar de detecção de *gap-in-noise*, e uma diminuição da porcentagem de acertos, principalmente no G2 comparado ao G1. O G3 também apresentou resultados piores que o G1, mostrando que as disfunções de SNAC também provocam um aumento de limiar e uma diminuição da porcentagem de acertos, embora os valores estatísticos não tenham sido significantes na comparação entre o G1 e o G3.
- b) Quanto ao PEAAE, os limiares eletrofisiológicos obtidos foram diferentes nos três grupos. Os limiares foram piores nos indivíduos do G2 e do G3, indicando que as alterações do SNAC provocam um aumento do limiar eletrofisiológico do PEAAE.
- c) A diferença entre os limiares estimados pelo PEAAE e os limiares tonais comportamentais também foi maior no G2 do que nos outros dois grupos, ou seja, consiste em um bom referencial em casos de diagnóstico diferencial de problemas neurológicos associados a áreas auditivas corticais.
- d) Quanto à sensibilidade e à especificidade dos dois testes, pode-se dizer que a especificidade para ambas as ferramentas foi muito boa, e a

sensibilidade foi melhor para lesão neurológica do que para a disfunção do SNAC. Mais uma vez, esses resultados serão muito úteis nos casos onde o diagnóstico diferencial for necessário.

- e) Contrariando o esperado, concluímos, neste estudo, que não houve correspondência entre os resultados do *GIN* e do PEAAE.

8 - ANEXOS

ANEXO 1 - Certificado de Aprovação da CAPPesq

APROVAÇÃO

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 14.12.05, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº **1126/05**, intitulado: "Avaliação eletrofisiológica e comportamental do processamento temporal." apresentado pelo Departamento de FISIOTERAPIA, FONOAUDIOLOGIA E TERAPIA OCUPACIONAL, inclusive o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CAPPesq, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10.10.1996, inciso IX. 2, letra "c")

Pesquisador(a) Responsável: Profa. Dra. Eliane Schochat

Pesquisador (a) Executante: Sra. Camila Maia Rabelo

CAPPesq, 14 de Dezembro de 2005.

PROF. DR. EUCLIDES AYRES DE CASTILHO
Presidente da Comissão de Ética para Análise
de Projetos de Pesquisa

ANEXO 2 - Termo de Consentimento

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I – DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

NOME DO PACIENTE :
DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : ☐ M ☐ F ☐
DATA NASCIMENTO:/...../.....
ENDEREÇO Nº APTO:
BAIRRO: CIDADE
CEP: TELEFONE: DDD (.....)

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: **AValiação eletrofisiológica e comportamental do processamento temporal**

PESQUISADOR: **Camila Maia Rabelo** – Fonoaudióloga INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº **10.586**

UNIDADE DO HCFMUSP: Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional.

AValiação DO RISCO DA PESQUISA: **BAIXO RISCO**

III – INFORMAÇÕES AO PACIENTE

O senhor (a) está sendo convidado a participar de um estudo que visa avaliar o processamento temporal através de dois tipos de avaliação: a comportamental, que necessita da resposta verbal do indivíduo, e a eletrofisiológica que não necessita de uma resposta verbal do participante aos testes propostos.

Para verificar se o(a) senhor(a) ouve bem, serão realizados alguns exames como audiometria e imitancimetria. Em seguida, os indivíduos serão distribuídos em três grupos: 1- grupo de pacientes normais sem dificuldades de processamento auditivo, 2- grupo de pacientes com alterações neurológicas e 3- grupo de pacientes com dificuldades de processamento auditivo. Além da audiometria e da imitancimetria, serão realizados três testes de processamento auditivo: teste de padrão de duração (diferenciação entre tons longos e curtos em sequência), teste dicótico de dígitos (repetição de quatro números ouvidos) e um teste no qual a pessoa deverá dizer quando percebe um período de silêncio entre dois sons (GIN). Por fim será realizado um teste eletrofisiológico (Potencial auditivo de estado estável) onde serão ouvidos tons em diferentes frequências, mas o paciente não precisará dar nenhuma resposta verbal, apenas ouvir o estímulo que o computador captará a resposta. Após a avaliação, os resultados obtidos serão apresentados ao paciente. Esses resultados indicam como está a audição do indivíduo e se for necessário serão realizados os encaminhamentos pertinentes.

O (A) senhor(a) terá acesso às informações obtidas a qualquer momento que achar oportuno. Também serão esclarecidas quaisquer dúvidas em relação aos exames realizados. Os dados do estudo serão confidenciais e só serão utilizados na pesquisa mediante a sua autorização, que poderá ser retirada a qualquer momento.

V. INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Profa Dra Eliane Schochat

Telefone: (11) 30917453

Fonoaudióloga: Camila Maia Rabelo

Telefone: (11) 96143811 ou (11) 30917453

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa.

São Paulo, de de 20

assinatura do sujeito da pesquisa ou responsável legal

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)

ANEXO 3 - Anamnese Clínica

Anamnese

Nome: _____
Data de nascimento: _____ Idade: _____
Endereço: _____
Telefone: _____ RG: _____
Data da entrevista: _____

QUEIXA:

HISTÓRIA DA QUEIXA:

ANTECEDENTES PESSOAIS:

ANTECEDENTES FAMILIARES:

FATORES DE RISCO PARA A AUDIÇÃO:

INFORMAÇÕES SOBRE A SAÚDE:

Questões sobre o Processamento Auditivo:

1. Você fez ou faz terapia fonoaudiológica?
2. Tem dificuldade de acompanhar ordens (auditivamente)?
3. Tem dificuldade de ouvir em ambiente ruidoso?
4. Tem dificuldade de falar ao telefone?
5. Tem dificuldades escolares?
6. Tem habilidades musicais?
7. Tem habilidades artísticas?
8. Você se distrai facilmente?
9. Pedes para seu interlocutor repetir o que disse com frequência?
10. Aumenta o volume da televisão?
11. Você ouve bem?
12. Tem alguém na família com problema de fala e/ou escrita?

NOME: _____ DN: _____ DA: _____

Orelha Testada:

Teste 2

T 2	Pos. GAP	Dur. GAP	T 2	Pos. GAP	Dur. GAP
1	2230,0	2	16		
	3571,3	10			
			17	3726,3	3
2					
			18	1509,1	2
3	4380,2	15		4759,5	3
4	1985,9	3	19	1125,4	5
	3014,2	6			
	3745,9	2	20	684,5	3
				2673,1	12
5	2433,6	12		3425,0	3
	5033,8	20			
			21	4238,4	8
6	1308,9	12			
	1865,4	4	22	3216,0	20
	2681,0	12			
			23	774,2	5
7	1019,9	10		3276,4	12
	4179,4	15		4923,4	4
	5469,4	8			
			24	520,9	5
8	1275,5	10		2799,5	5
	2944,7	2			
	4918,3	10	25	1840,3	8
9	872,4	10	26	1209,1	5
	1460,8	15		5376,2	6
	4869,5	15			
			27	510,1	5
10	3558,8	2		2549,9	20
				4399,3	6
11	753,1	4			
	1298,7	3	28	624,9	6
				2737,8	12
12	2202,5	2		4108,1	20
13	1546,5	15	29	1319,7	20
	2924,6	4			
	5014,3	4	30	711,7	8
				4386,1	6
14	718,7	10			
	2498,6	4	31	2698,9	8
	4546,5	20			
			32	1501,8	8
15	820,5	6			
	1675,9	15			

[illegible]

ANEXO 5 - Protocolo de registro do teste Dicótico de Dígitos

TESTE DICÓTICO DE DÍGITOS

Nome:

Data:

DN:

Grupo:

Nº:

Teste Dicótico de Dígitos:

	OD		OE	
1	5	4	8	7
2	4	8	9	7
3	5	9	8	4
4	7	4	5	9
5	9	8	7	5
6	5	7	9	5
7	5	8	9	4
8	4	5	8	9
9	4	9	7	8
10	9	5	4	8
11	4	7	8	5
12	8	5	4	7
13	8	9	7	4
14	7	9	5	8
15	9	7	4	5
16	7	8	5	4
17	7	5	9	8
18	8	7	4	9
19	9	4	5	7
20	8	4	7	9
acertos				
X 2,5				
%				

ANEXO 6 - Protocolo de registro do teste Padrão de Duração

TESTE DE PADRÃO DE DURAÇÃO

1	LLC		21	LCL		41	CLC	
2	LCC		22	CLC		42	CCL	
3	CLL		23	LCC		43	LCC	
4	CCL		24	CLL		44	CCL	
5	CLC		25	LLC		45	LCL	
6	LCL		26	CLL		46	CLL	
7	LCC		27	LCL		47	CLC	
8	LLC		28	LCC		48	LLC	
9	CCL		29	CCL		49	LCL	
10	CLC		30	CLC		50	CCL	
11	LCL		31	CCL		51	CLC	
12	CLL		32	LLC		52	CLL	
13	CCL		33	CLC		53	LCC	
14	LCL		34	LCC		54	LLC	
15	CLC		35	LCL		55	LCC	
16	LCC		36	CLL		56	LLC	
17	CLL		37	LLC		57	CLC	
18	LLC		38	CLL		58	CCL	
19	CCL		39	LCC		59	CLL	
20	LLC		40	LCL		60	LCL	

REFERÊNCIAS

9. - REFERÊNCIAS

American Speech-Language-Hearing Association. (1996). *Central Auditory Processing: Current Status of Research and Implications for Clinical Practice* [Technical Report]. Disponível em: www.asha.org/policy.

American Speech-Language-Hearing Association (2005). *(Central) Auditory Processing Disorders* [Technical Report]. Disponível em: www.asha.org/policy.

Aquino, AMCM, Almeida CIR, Oliveira JAA. Teste de identificação de sentenças sintéticas (SSI) em português com mensagem competitiva: uma padronização. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 1993; 59(3):160-3.

Bamiou DE, Musiek FE, Stow I, Stevens J, Cipolatti L, Brown MM, Luxon LM. Auditory temporal processing deficits in patients with insular stroke. *Neurology*. 2006; 67: 614-19.

Baran JA. Managing (central) auditory processing disorder in adolescents and adults. In: Chermak G, Musiek FE. *Handbook of (central) auditory processing disorder: comprehensive intervention*. San Diego : Plural Publishing; 2007.

Borges ACC. *A importância do “SSW” no diagnóstico das perdas centrais da audição*. [monografia]. São Paulo: Escola Paulista de Medicina; 1980.

Bussab WO, Morettin PA. *Estatística Básica*. 5 ed. São Paulo: Ed. Saraiva; 2002.

Calil DB, Lewis DR, Fiorini AC. Achados dos potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças ouvintes. *Distúrbios da Comunicação*. 2006;18: 391-401.

Canale A, Lacilla M, Cavalot AL, Albera R. Auditory steady state response and clinical applications. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2006; 263: 499-503.

Clark MG, Sherman GF, Bimonte HA, Fitch RH. Perceptual auditory gap detection deficits in male BXSB mice with cerebrocortical ectopias. *NeuroReport*. 2000; 11(4): 693-96.

Cohen L, Rickards F, Clark G. A comparison of steady-state evoked potentials to modulated tones in awake and sleeping humans. *J Acoust Soc Am*. 1991; 90: 2467-79.

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

Davis PA. Effects of acoustic stimuli on the waking human brain. *J Neurophysiol*. 1939; 2:494-9.

Efron R, Yund EW, Nichols D, Crandall PH. An ear asymmetry for gap detection following anterior temporal lobectomy. *Neuropsychology*. 1985; 23(1):43-50.

Eggermont JJ. Neural responses in primary auditory cortex mimic psychophysical, across - frequency-channel, gap detection thresholds. *J Neurophysiology*. 2000; 84:1453-63.

Engel JJ, Shields WD. Surgically remediable syndromes. In: Engel JJ, Peddley TA, editors. *Epilepsy: A comprehensive textbook*. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1997. p. 1687-96.

Ferraro JA, Durrant JD. Potenciais auditivos evocados: visão geral e princípios básicos. In: Katz J. editor. *Tratado de audiologia clínica*. 4ª ed. São Paulo: Manole; 1999. p. 315-36.

Firszt JB, Gaggl W, Runge-Samuelson CL, Burg LS, Wackym A. Auditory sensitivity in children using the auditory steady-state response. *Arch Otolaryngol Head Surg*. 2004; 130: 536-40.

Fisher LD, Van Belle G. *Biostatistics*. John Wiley & Sons: New York; 1993.

Galambos R, Makeig S, Talmachoff P. A 40- Hz auditory potential recorded from the human scalp. *Proc Natl Acad Sci*. 1981; 78:2643-47.

- Guerreiro CAM, Guerreiro MM. *Epilepsia*. São Paulo: Lemos Editorial. 1999.
- GSI – Audera. ASSR - User Manual. Viasys Healthcare, Inc. 2004
- Jackson GD, Connelly A, Duncan JS, Grunewald RA, Gadian DG. Detection of hippocampal pathology in intractable partial epilepsy: increased sensitivity with quantitative magnetic resonance t2 relaxometry. *Neurology*. 1993; 43:1793-9.
- Jacobson JT, Hyde ML. An introduction to auditory evoked potentials. In: Katz J, editor. *Handbook of clinical audiology*. 3a ed. Baltimore: Williams e Wilkins; 1985.
- Japaridze G, Shakarishvili R, Kevanishvili Z. Auditory brainstem, middle- latency, and slow cortical responses in multiple sclerosis. *Acta Neurol Scand*. 2002;106: 47-53.
- Jasper HA. The ten-twenty system of the International Federation. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol*. 1958; 10: 371-75.
- Johnson TA, Brown CJ. Threshold prediction using the auditory steady-state response and the tone burst auditory brainstem response: a within-subject comparison. *Ear Hear*. 2005; 26: 559-76.
- Katz J. The use of SSW for assessing the integrity of the central auditory nervous system. *J Audit Res*. 1962;2:327-37.

Kelley JB, Rooney BJ, Phillips DP. Effects of bilateral auditory cortical lesions on gap-detection thresholds in the ferret (*Mustela putorius*). *Behavioral Neuroscience*. 1996;110(3): 542-50.

Leitner DS, Hammond GR, Springer CP, Ingham KM, Mekilo AM, Bodison PR, Aranda MT, Shawaryn MA. Parameters affecting gap detection in the rat. *Perception & Psychophysics*. 1993;54(3): 395-405.

Lins OG. Audiometria fisiológica tonal utilizando respostas de estado estável auditivas do tronco cerebral. [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2002.

Lins OG, Picton TW. Auditory steady state responses to multiple simultaneous stimuli. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol*. 1995; 96:420-32.

Lins OG, Picton TW, Boucher BL, Durieux-Smith A, Champagne SC, Moran LM, Perez-Abalo MC, Martin V, Sávio G. Frequency-Specific audiometry using steady-state responses. *Ear Hear*. 1996;1796:81-96.

Lusted LB. General problems in medical decision making with comments on ROC analysis. *Semin Nucl Med*. 1978;8(4):299-306.

Luts H, Desloover C, Kumar A, Vandermeesch E, Wouters J. Objective assessment of frequency-specific hearing thresholds in babies. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2004; 68:915-26.

Mangabeira-Albernaz P, Mangabeira-Albernaz PL, Mangabeira-Albernaz LG, Mangabeira-Albernaz PFº. *Otorrinolaringologia prática*. 10ª. São Paulo: Savier; 1981.

Meneguello J, Leonhardt FD, Pereira LD. Processamento auditivo em indivíduos com epilepsia de lobo temporal. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2006; 72(4):496-504.

Moore BCJ. *An introduction to the psychology of hearing*. USA. Academic Press; 2003.

Moore BCJ, Peters RW, Glasberg BR. Detection of temporal *gaps* in sinusoids by elderly subjects with and without hearing loss. *J. Acoust. Soc. Am*. 1992; 92(4): 1923-32.

Musiek FE. Assessment of central auditory dysfunction: the dichotic digits test revisited. *Ear Hear*. 1983; 4:79-83.

Musiek F.E. Frequency (pitch) and duration patterns testes. *J Am Acad Audiol*. 1994; 5:265-8.

Musiek FE, Baran JA, Pinheiro ML. Duration pattern recognition in normal subjects and patients with cerebral and cochlear lesions. *Audiology*. 1990; 29:304-13.

Musiek FE, Reeves AG. Asymmetries of the Auditory Areas of the Cerebrum. *J Am Acad Audiol*. 1990; 1:240-45.

Musiek FE, Shinn JB, Jirsa R, Bamiau DE, Baran JA, Zaidan E. GIN (Gaps-in-noise) test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. *Ear Hear*. 2005;26:608-18.

Neter J, Kutner MH, Nachtsheim CJ, Li W. *Applied Linear Statistical Models*. 5a ed, Irwin: Chicago; 2005.

Organização Mundial Da Saúde. Iniciativa de apoio às pessoas com epilepsia. Brasília: Ministério da Saúde - Coordenadoria de Saúde Mental. 1994.

Ortiz KZ. *Teste de escuta dicótica: atenção seletiva para sons verbais e não verbais em universitários destros*. [dissertação]. São Paulo: Escola Paulista de Medicina; 1995.

Park SH, Goo JM, Jo CH. Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve: Practical Review for Radiologists. *Korean J Radiol*. 2004; 5:11-18.

Pereira LD, Schochat E. *Processamento auditivo central: manual de avaliação*. São Paulo: Ed. Lovise, 1997.

Phillips DP. Neural representation of stimulus times in the primary auditory cortex. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1993; 682:104-18.

Picton TW, Hillyard SH, Fraus HJ, Galambos R. Human auditory evoked potentials-I: Evaluation of components. *Electroenceph Clin Neurophysiol*. 1974; 36:179-190.

Picton TW, John MS, Dimitrijevic A, Purcell DW. Human auditory steady-state responses. *Int J Audiol*. 2003;42(4):177-219.)

Proposal for revised clinical and electroencephalographic classification of epileptic seizures: from the Commission on Classification and terminology of the International league against epilepsy. *Epilepsia*. 1981; 22:489-501.

Rance GB, David E, Cone-Wesson B, Shepherd RK, Dowell RC, King AM, Rickards FW, Clark GM. Clinical Findings for a Group of Infants and Young Children with Auditory Neuropathy. *Ear Hear*. 1999; 20(3):238.

Rance G, Tomlin D, Rickards FW. Comparison of auditory steady-state responses and tone-burst auditory brainstem responses in normal babies. *Ear Hear*. 2006; 27:20-9.

Rickard FW, Clark GM. Steady-state evoked potentials to amplitude-modulated tones. In: Rickard HN, Barber C. *Evoked Potentials 2*. Boston: Bullerworth Publishers; 1984.

Ross B, Pantev C. Auditory steady-state response reveal amplitude modulation gap detection thresholds. *J. Acoust. Soc. Am.* 2004; 115(5): 2193-2206.

Russo ICP. *Acústica e psicoacústica aplicadas à Fonoaudiologia*. São Paulo: Lovise; cap. 16; 1999.

Ruth R, Lambert P. Auditory evoked potentials. *Otolaryngol Clin North Am.* 1991; 24:340-52.

Samelli AG. *Teste GIN (gap-in-noise): limiares de detecção de gap em adultos com audição normal*. [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2005.

Samelli AG, Schochat E. Estudo da vantagem da orelha direita em teste de detecção de gap. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2008a; 74(2):235-40.

Samelli AG, Schochat E. The gaps-in-noise test: gap detection thresholds in normal-hearing young adults. *Int J Audiol.* 2008b; 47(5):238-45.

Santarelli R, Conti G. Generation of auditory steady-state responses: linearity assessment. *Scand Audiol*. 1999; 29(51):23-32.

Santos MFC, Pereira LD. Escuta com Dígitos. In: Pereira LD, Schochat E. editoras. *Processamento Auditivo Central: manual de avaliação*. 1ª ed. São Paulo: Lovise; 1997.

Santos TMM, Russo ICP. *A prática da audiologia clínica*. São Paulo: Cortez;1986.

Sávio G, Cárdenas J, Pérez-Abalo M, González A, Valdés J. The low and high frequency auditory steady state responses mature at different rates. *Audiol neurotol*. 2001; 6: 279-87.

Schochat E. Percepção de fala: presbiacusia e perda auditiva induzida pelo ruído. [tese] São Paulo: Universidade de São Paulo,1994.

Schochat E, Rabelo CM, Loreti RCA. Sensitividade e especificidade do potencial de média latência. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2004; 70(3):353-8.

Schochat E, Rabelo CM, Sanfins MD. Processamento Auditivo Central: testes tonais de padrão de frequência e de duração em indivíduos normais de 7 a 16 anos de idade. *Pró-Fono R. Atual. Cient*. 2000; 12(2):1-7.

Schulte-Körne G, Deimel W, Bartling J, Remschmidt H. Role of auditory temporal processing for reading and spelling disability. *Percept Mot Skills*. 1998; 86: 1043-7.

Sherf F, Brokx J, Wuyts FL, Van De Heyning PH. The ASSR: clinical application in normal hearing and hearing-impaired infants and adults, comparison with the click-evoked ABR and pure-tone audiometry. *Int J Audiol*. 2006; 281-286.

Shinn JB. Temporal processing: the basics. *Hear J*. 2003; 56(7):52.

Shinn JB. *The auditory steady state response in individuals with neurological insult of the central auditory nervous system*. [thesis] Connecticut: University of Connecticut; 2005.

Shinn JB, Musiek FE. The auditory steady state response in individuals with neurological insult of the central auditory nervous system. *J Am Acad Audiol*. 2007; 18:826-45.

Snell KB. Age-related changes in temporal gap detection. *J. Acoust. Soc. Am*. 1997; 101(4): 2214-20.

Soliman S, Mostafa M, Kamal N, Raafat M, Hazzaa N. Auditory evoked potentials in epileptic patients. *Ear Hear*. 1993; 14(4): 235-41.

Stueve MP, 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.* 2003; 12:125-36.

Van Der Reijden CS, Mens LHM, Snik AFM. Frequency-specific objective audiometry: tone-evoked brainstem responses and steady-state responses to 40 Hz and 90 Hz amplitude modulated stimuli. *Int J Audiol.* 2006; 45:40-45.

Vander-Werf KR, Brown CJ, Gienapp BA, Schmidt-Clay KMS. Comparison of auditory steady-state response and auditory brainstem response thresholds in children. *J Am Acad Audiol.* 2002; 13:227-35.

Visioli-Melo JF, Rotta NT. Avaliação pelo P300 de crianças com e sem epilepsia e rendimento escolar. *Arq. Neuro-Psiquiatr.* 2000; 58.

Wehling JA, Musiek FE, Shinn JB. The effect of presentation level on the gaps-in-noise (GIN) test. *J Am Acad Audiol.* 2007;18:141-50.

Zaidan E, Garcia AP, Tedesco MLF, Baran JA. Desempenho de adultos jovens normais em dois testes de resolução temporal. *Pró-Fono R. Atual. Cient.* 2008; 20(1):19-24.