Alessandra Giannella Samelli

O teste GIN (*Gap in Noise*):

limitares de detecção de *gap* em adultos com audição normal

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Fisiopatologia Experimental da Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em Ciências

Área de concentração: Fisiopatologia Experimental
Orientadora: Profa. Dra. Eliane Schochat

São Paulo

2005

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais e irmãos, que sempre me apoiaram e me incentivaram durante toda minha trajetória e aos quais devo tudo que sou e tudo que consegui até hoje.

Ao meu querido marido, Túlio, pelo carinho, compreensão e por estar ao meu lado, sempre.

À minha querida amiga e orientadora, Eliane Schochat, por todo incentivo, paciência e auxílio.

AGRADECIMENTOS

Às amigas Flávia e Regiane, por todo auxílio na organização de horários e pacientes.

À amiga e fonoaudióloga Márcia Menezes, pela elaboração dos espectrogramas.

À amiga e fonoaudióloga Fabíola Mecca, pela correção do *Summary*.

Às minhas queridas mãe e irmã, pela revisão do português.

Aos participantes desta pesquisa, sem os quais nada disso seria possível.

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, me auxiliaram e contribuíram com atos ou palavras para a realização deste trabalho.

Agradeço, sobretudo, a Deus!

Esta tese está de acordo com:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

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. São Paulo: Serviço de Biblioteca e Documentação; 2004.

SUMÁRIO

Lista de figuras	
Lista de tabelas	
Resumo	
Summary	
1 – INTRODUÇÃO.....	01
2 – OBJETIVOS.....	05
3 – REVISÃO DA LITERATURA.....	06
3.1 – PROCESSAMENTO AUDITIVO.....	06
3.1.1 – Espectro.....	07
3.1.2 – Amplitude.....	07
3.1.3 – Localização espacial.....	08
3.1.4 – Tempo.....	08
3.2 – PROCESSAMENTO AUDITIVO TEMPORAL.....	09
3.2.1 – Ordenação ou seqüencialização temporal.....	14
3.2.2 – Integração ou somação temporal.....	15
3.2.3 – Mascaramento temporal.....	16
3.2.4 – Resolução, discriminação ou acuidade temporal.....	17
3.3 – FISIOLOGIA DA RESOLUÇÃO TEMPORAL.....	18
3.3.1 – Plasticidade do desenvolvimento.....	30
3.3.2 – Plasticidade compensatória resultante de lesões / disfunções do sistema auditivo.....	33
3.3.3 – Plasticidade relacionada ao aprendizado.....	34
3.4 – RESOLUÇÃO TEMPORAL.....	36
3.4.1 – Marcadores.....	38
3.4.2 – Intensidade dos marcadores.....	42
3.4.3 – Duração dos marcadores.....	43
3.4.4 – Posição do <i>gap</i> dentro dos marcadores.....	45
3.4.5 – Apresentação dos estímulos (monoaural <i>versus</i> binaural).....	47

3.4.6 – Efeito do tempo de surgimento do sinal (<i>rise</i>) e tempo de declínio do sinal (<i>fall</i>)	49
3.4.7 – Processamento auditivo temporal “intra-canal” (<i>within-channel</i>).....	51
3.4.8 – Processamento auditivo temporal “intercanais” (<i>between-channel</i>).....	52
3.4.9 – Limiares de detecção de <i>gap</i>	54
3.4.10 – Alterações da resolução temporal.....	56
3.5 – PERDA AUDITIVA NEUROSSENSORIAL E IDADE.....	59
3.6 – LESÕES CORTICAIS E SUA INFLUÊNCIA NA RESOLUÇÃO TEMPORAL.....	63
4 – MÉTODOS.....	68
4.1 – Tamanho da amostra.....	68
4.2 – Casuística.....	68
4.3 – Material e Procedimentos.....	69
4.4 – Critérios de inclusão da casuística.....	78
4.5 – Critérios de exclusão da casuística.....	79
4.6 – Método estatístico.....	80
5 – RESULTADOS.....	81
5.1 – Idade dos sujeitos.....	81
5.2 – Comparação entre as orelhas.....	84
5.2.1 – Grupo feminino.....	84
5.2.2 – Grupo masculino.....	87
5.2.3 – Comparação entre orelhas dentro de cada grupo.....	90
5.3 – Comparação entre os gêneros.....	99
5.3.1 – Orelha esquerda.....	99
5.3.2 – Orelha direita.....	102
5.4 – Comparação entre as faixas-teste.....	105
5.4.1 – Comparação entre as faixas-teste 1 – 3 e 2 – 4 no gênero feminino.....	105
5.4.2 – Comparação entre as faixas-teste 1 – 3 e 2 – 4 no gênero masculino.....	108

5.5 – Análise dos limiares de <i>gap</i> e das porcentagens de acertos:	
Intervalo de confiança.....	110
5.6 – Desempenho por intervalo de <i>gap</i>	113
5.6.1 – Gênero feminino.....	114
5.6.2 – Gênero masculino.....	115
5.6.3 – Geral.....	116
5.6.4 – Por orelha.....	118
5.6.5 – Cálculo do desempenho por intervalo de <i>gap</i>	120
6 – DISCUSSÃO.....	122
6.1 – Considerações iniciais.....	122
6.2 – Idade dos sujeitos.....	126
6.3 – Comparação entre as orelhas.....	127
6.4 – Comparação entre os gêneros.....	133
6.5 – Comparação entre as faixas-teste.....	136
6.6 – Análise dos limiares de <i>gap</i> e das porcentagens de acertos:	
Intervalo de confiança.....	138
6.7 – Desempenho por intervalo de <i>gap</i>	146
6.8 – Considerações finais.....	151
7 – CONCLUSÕES.....	161
8 – ANEXOS.....	163
9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	189

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Características do estímulo acústico, resposta das células <i>on</i> e das células <i>off</i> e a conseqüente detecção ou não do <i>gap</i>	20
Figura 2 – Padrões neurais de acordo com diferentes intervalos de <i>gap</i>	21
Figura 3 – Comparação de faixa-etária entre os grupos masculino e feminino.....	83
Figura 4 – Comparação das orelhas com relação às médias de limiares de detecção de <i>gap</i> no gênero feminino.....	86
Figura 5 – Comparação das orelhas com relação às porcentagens de acertos no gênero feminino.....	86
Figura 6 – Comparação das orelhas com relação às médias de limiares de detecção de <i>gap</i> no gênero masculino.....	89
Figura 7 – Comparação das orelhas com relação às porcentagens de acertos no gênero masculino.....	89
Figura 8 – Comparação das orelhas direita e esquerda com relação às médias de limiares de detecção de <i>gap</i> no grupo G1F.....	92
Figura 9 – Comparação das orelhas direita e esquerda do grupo G1F com relação às porcentagens de acertos.....	92
Figura 10 – Comparação das orelhas direita e esquerda com relação às médias de limiares de detecção de <i>gap</i> no grupo G2F.....	94
Figura 11 – Comparação das orelhas direita e esquerda do grupo G2F com relação às porcentagens de acertos.....	94
Figura 12 – Comparação das orelhas direita e esquerda com relação às médias de limiares de detecção de <i>gap</i> no grupo G1M.....	96
Figura 13 – Comparação das orelhas direita e esquerda do grupo G1M com relação às porcentagens de acertos.....	96
Figura 14 – Comparação das orelhas direita e esquerda com relação às médias de limiares de detecção de <i>gap</i> no grupo G2M.....	98
Figura 15 – Comparação das orelhas direita e esquerda do grupo G2M com relação às porcentagens de acertos.....	98
Figura 16 – Comparação entre os gêneros com relação às médias de limiares de detecção de <i>gap</i> para a orelha esquerda.....	101
Figura 17 – Comparação entre os gêneros com relação às porcentagens de acertos para a orelha esquerda.....	101
Figura 18 – Comparação entre os gêneros com relação às médias de limiares de detecção de <i>gap</i> para a orelha direita.....	104
Figura 19 – Comparação entre os gêneros com relação às porcentagens de acertos para a orelha direita.....	104

Figura 20 – Comparação entre as faixas-teste no gênero feminino (limiares).....	107
Figura 21 – Comparação entre as faixas-teste no gênero feminino (acertos).....	107
Figura 22 – Comparação entre as faixas-teste no gênero masculino (limiares)	109
Figura 23 – Comparação entre as faixas-teste no gênero masculino (acertos).....	109
Figura 24 – Intervalo de confiança para as médias dos limiares de <i>gap</i> para cada faixa-teste.....	112
Figura 25 – Intervalo de confiança para as porcentagens de acertos para cada faixa-teste.....	112
Figura 26 – Porcentagem de acertos para cada intervalo de <i>gap</i> em cada faixa-teste no gênero feminino.....	114
Figura 27 – Porcentagem de acertos para cada intervalo de <i>gap</i> em cada faixa-teste no gênero masculino.....	115
Figura 28 – Porcentagem de acertos para cada intervalo de <i>gap</i> em cada faixa-teste no geral.....	116
Figura 29 – Desempenho por intervalo de <i>gap</i>	118
Figura 30 – Desempenho por intervalo de <i>gap</i> em cada orelha.....	119
Figura 31 – Desempenho por intervalo de <i>gap</i> calculado e real.....	121
Figura 32 – Espectrograma dos fonemas /f/ e /v/.....	124
Figura 33 – Espectrograma dos fonemas /p/ e /b/.....	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Faixa-etária dos grupos masculino e feminino.....	82
Tabela 2 – Comparação entre as orelhas dos grupos femininos (G1F e G2F).....	84
Tabela 3 – Comparação entre as orelhas dos grupos masculinos (G1M e G2M).....	87
Tabela 4 – Comparação entre as orelhas do grupo feminino G1F.....	90
Tabela 5 – Comparação entre as orelhas do grupo feminino G2F.....	93
Tabela 6 – Comparação entre as orelhas do grupo masculino G1M.....	95
Tabela 7 – Comparação entre as orelhas do grupo masculino G2M.....	97
Tabela 8 – Comparação entre os gêneros na orelha esquerda.....	99
Tabela 9 – Comparação entre os gêneros na orelha direita.....	102
Tabela 10 – Comparação entre as faixas-teste para o gênero feminino.....	105
Tabela 11 – Comparação entre as faixas-teste para o gênero masculino.....	108
Tabela 12 – Análise geral dos limiares de <i>gap</i> e das porcentagens de acertos em cada faixa-teste.....	111
Tabela 13 – Porcentagem de acertos para cada intervalo de <i>gap</i> em cada faixa-teste no gênero feminino.....	114
Tabela 14 – Porcentagem de acertos para cada intervalo de <i>gap</i> em cada faixa-teste no gênero masculino.....	115
Tabela 15 – Porcentagem de acertos para cada intervalo de <i>gap</i> em cada faixa-teste no geral.....	116
Tabela 16 – Médias das porcentagens de acertos para cada intervalo de <i>gap</i>	118
Tabela 17 – Porcentagens de acertos para cada intervalo de <i>gap</i> em cada orelha.....	118

RESUMO

Samelli AG. O teste GIN (*Gap in Noise*): limiares de detecção de *gap* em adultos com audição normal [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2005. 198 p.

A habilidade auditiva de resolução temporal consiste no tempo mínimo requerido para segregar ou resolver eventos acústicos. Esta habilidade é fundamental para a compreensão da fala humana, constituindo-se num pré-requisito para as habilidades lingüísticas, bem como para a leitura. Em 2003, Musiek desenvolveu um teste para avaliar os limiares de detecção de *gap* a ser utilizado na prática clínica – o GIN – *Gap In Noise* (Musiek et al, 2004). Para que o teste GIN possa ser incorporado à bateria de testes para avaliação do processamento auditivo, é necessário que existam critérios de normalidade para ouvintes sem alterações auditivas. O objetivo geral do presente trabalho é estabelecer critérios de normalidade para o teste GIN, em adultos com audição normal. Como objetivos específicos, têm-se: obter as médias dos limiares de detecção de *gap*, a porcentagem média de acertos, bem como definir um intervalo de confiança para cada uma das faixas-teste que compõem o GIN; obter o desempenho por intervalo de *gap*; verificar o efeito das variáveis orelha, gênero e faixa-teste. O teste GIN foi aplicado em 100 indivíduos (50 do gênero feminino e 50 do gênero masculino), de faixa-etária entre 18 e 31 anos, após a realização de outros testes audiológicos para descartar possíveis alterações auditivas e/ou do processamento auditivo, que pudessem comprometer os resultados. Como resultados gerais, foram observados limiares de detecção de *gap* e porcentagens médias de acertos semelhantes para as orelhas direita e esquerda, para os gêneros masculino e feminino e para as quatro faixas-teste testadas. A média geral dos limiares de *gap* foi de 3,98 ms, enquanto a média das porcentagens de acertos foi de 78,89%. Foi definido um intervalo de confiança (limite mínimo e limite máximo) para cada uma das faixas-teste (Média dos limiares de detecção de *gap* - faixa-teste 1: 3,73 – 4,01 ms; faixa-teste 2: 3,9 – 4,18 ms; faixa-teste 3: 3,88 – 4,14 ms; faixa-teste 4: 3,9 – 4,14 ms; Porcentagens médias de acertos – faixa-teste 1: 78,14 – 80,52%; faixa-teste 2: 77,34 – 79,66%; faixa-teste 3: 77,73 – 79,83%; faixa-teste 4: 77,82 – 80,14%). A curva do desempenho dos participantes por intervalo de *gap* foi estabelecida da seguinte forma: para *gaps* de 2 ms, a porcentagem de acertos foi sempre igual ou menor do que 5%; para 3 ms, esta porcentagem já fica em torno de 10 a 30%; para intervalos de 4 ms, as porcentagens de acerto chegam ao redor de 60 a 70%; para intervalos de *gap* iguais ou maiores do que 5 ms, a porcentagem de acertos alcança 90% ou mais. Todos estes resultados poderão ser utilizados como parâmetros de normalidade. Desta forma, o teste em questão mostrou-se consistente e com baixa variabilidade, em relação aos dados obtidos para os 100 indivíduos.

SUMMARY

Samelli AG. The GIN (Gap in Noise) Test: gap detection thresholds in normal-hearing young adults [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2005. 198 p.

Auditory temporal resolution ability refers to the shortest time required to segregate or to resolve acoustic events. This ability is important to human speech comprehension and it is a prerequisite condition for both linguistic and reading abilities. In 2003, Musiek developed a clinical test to measure gap detection thresholds – the GIN Test – Gap In Noise (Musiek et al, 2004). In order to incorporate the GIN test to auditory processing evaluation, it is necessary to establish norms in normal hearing subjects. The aims of this study were: to establish parameters for the GIN test in normal-hearing young adults; to obtain both gap detection threshold and percentage of correct responses mean; to define a confidence interval to the four lists that compound GIN test; to get a performance slope for each gap interval; to verify the variable effect concerning ear, gender and list. Proceed by an audiological evaluation to exclude hearing loss and/or auditory processing disorders, the GIN test was applied in 100 subjects (50 females and 50 males), ranged from 18 to 31 years old. Results indicated that the gap detection threshold and the percentage of correct responses means were quite similar in both right and left ears, in male and female gender and in the four tested lists. The gap detection threshold mean was 3,98 ms, and the percentage of correct responses mean was 78,89%. A confidence interval was defined (minimum and maximum limits) to each one of four lists (Gap detection threshold mean - List 1: 3,73 – 4,01 ms; List 2: 3,9 – 4,18 ms; List 3: 3,88 – 4,14 ms; List 4: 3,9 – 4,14 ms; Percentage of correct responses mean – List 1: 78,14 – 80,52%; List 2: 77,34 – 79,66%; List 3: 77,73 – 79,83%; List 4: 77,82 – 80,14%). The performance slope for each gap interval was determined according to the following criteria: to 2 ms gap interval the percentage of accurate responses were less or equal 5%; to 3 ms gap interval it varied from 10% to 30%; to 4 ms gap interval, accurate responses were from 60 to 70%; and, finally, from 5 ms and to upper intervals a 90 or more percentage was achieved. All achieved results may be applied as standard parameters. Finally, the GIN test demonstrated be consistent and to have low variability in relation to the data from the 100 subjects.

1 - INTRODUÇÃO

O processamento auditivo temporal pode ser definido como a habilidade de perceber ou diferenciar estímulos acústicos que são apresentados numa rápida sucessão.

Muitas evidências sugerem que as habilidades do processamento temporal são a base do processamento auditivo, especificamente no que concerne à percepção de fala. O argumento que suporta esta proposição é que muitas características da informação auditiva são, de alguma forma, influenciadas pelo tempo (Shinn, 2003).

Dentre as habilidades envolvidas no processamento temporal, tem-se a habilidade auditiva de resolução temporal, que consiste no tempo mínimo requerido para segregar ou resolver eventos acústicos.

A maneira mais comum utilizada para investigar a resolução temporal é por meio da detecção de *gaps* (intervalos de silêncio). Neste tipo de avaliação, são apresentados estímulos sonoros que contêm breves períodos de silêncio e outros que não possuem nenhum *gap*; a tarefa do sujeito é indicar os *gaps* percebidos.

Dada a importância da habilidade de resolução temporal para o processamento auditivo e uma vez que os limiares de detecção de *gap* fornecem uma

medida desta habilidade, cabe comentar alguns elementos do teste, já que estes podem influenciar diretamente nos resultados obtidos numa avaliação.

A utilização de material não-verbal para avaliação do processamento auditivo, como os testes de detecção de *gap*, mostra sua importância, já que, do ponto de vista clínico, testes baseados em estímulos verbais são bons para identificar as capacidades auditivas funcionais, porém apresentam limitações.

O uso de material verbal não é apropriado para um grande número de sujeitos como, por exemplo, aqueles que não têm facilidade em testes com conteúdo baseado em fala e linguagem (indivíduos que ainda não desenvolveram habilidades lingüísticas funcionais; com distúrbios de linguagem; que não falam fluentemente a língua de base dos testes). Além disso, testes de fala podem mascarar dificuldades importantes de processamento auditivo, uma vez que o ouvinte pode usar habilidades lingüísticas e intelectuais para compensar a dificuldade de processamento (Schoeny e Talbott, 1999; Jerger e Musiek, 2000).

Com relação ao estímulo acústico do teste de *gap*, pode-se dizer que o ruído branco é um dos mais indicados, pois avalia a resolução temporal em diferentes canais de frequência ao mesmo tempo, enquanto tons puros ou ruídos de banda estreita avaliam pequenas porções da via auditiva, bem como fornecem pistas espectrais que distorcem a avaliação da tarefa temporal.

No que se refere à posição dos *gaps* dentro dos estímulos acústicos, o paradigma convencional colocava-o, normalmente, fixo no centro. Contudo, alguns autores estudaram a colocação randômica dos *gaps* dentro dos marcadores. Este fato buscou aproximar o teste de detecção do *gap* da estrutura normal de fala, na qual os intervalos de silêncio ocorrem em diferentes posições dentro da fala contínua (Phillips et al, 1997; Eggermont, 1997).

Outro aspecto relevante é a forma de resposta do teste. Na maioria dos testes pesquisados na literatura, a forma de resposta é o procedimento “sim ou não”, isto é, o sujeito deve responder se para um determinado estímulo, existe ou não o *gap*. Este procedimento pode dar margem a erros mais constantes na fidedignidade da resposta, pois o sujeito tem 50% de chance de acertar ou errar.

A forma de apresentação do teste (binaural ou monoaural) também pode variar. O processamento temporal monoaural está mais envolvido no seguimento dos sinais de fala, enquanto o processamento binaural contribui para a separação do sinal de sons competitivos (Strouse et al, 1998). Desta forma, se o objetivo é avaliar os limiares de detecção de *gap*, que estão relacionados com os silêncios observados nos seguimentos de fala, a maneira mais simples e eficiente de apresentação do sinal é a monoaural.

A resolução temporal é fundamental para a compreensão da fala humana, constituindo-se num pré-requisito para as habilidades lingüísticas, bem como para a leitura (Leitner et al, 1993; Schulte-Körne et al, 1998; Eggermont, 2000).

Sendo assim, o teste de detecção de *gap* é um recurso de extrema relevância para o estudo de alterações do processamento auditivo, bem como para alterações de linguagem.

Em 2003, Musiek desenvolveu um teste para avaliar os limiares de detecção de *gap* a ser utilizado na prática clínica – o GIN – *Gap In Noise* (Musiek et al, 2004). Este teste possui alguns parâmetros técnicos importantes para a avaliação da resolução temporal:

- Uso de material não-verbal;
- *Gaps* inseridos em ruído branco;
- Colocação dos *gaps* de forma randômica;
- A forma de resposta não é “sim ou não”, já que o indivíduo deve responder toda vez que ouvir o *gap* e podem existir um, dois, três ou nenhum *gap* em cada estímulo;
- A forma de apresentação é monoaural.

Para que o teste GIN possa ser incorporado à bateria de testes para avaliação do processamento auditivo, é necessário que existam critérios de normalidade para ouvintes sem alterações auditivas. Estes critérios de normalidade já estão sendo pesquisados na Inglaterra e Estados Unidos, bem como sua aplicação em diferentes amostras de indivíduos com patologias diversas, para o estabelecimento da sensibilidade e especificidade do teste.

2 – OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho é estabelecer critérios de normalidade para o teste GIN, em adultos com audição normal.

Como objetivos específicos, têm-se:

- a) Obter as médias dos limiares de detecção de *gap*, a porcentagem média de acertos, bem como definir um intervalo de confiança para cada uma das faixas-teste que compõem o GIN;
- b) Obter o desempenho por intervalo de *gap*;
- c) Verificar o efeito das variáveis orelha, gênero e faixa-teste.

3 - REVISÃO DA LITERATURA

Antes de dar início a este capítulo, cabe ressaltar que a ordem cronológica das referências não foi o critério predominante adotado. De forma a facilitar a leitura e o entendimento do trabalho, preferiu-se dispor os itens abordados por assuntos afins.

3.1 - PROCESSAMENTO AUDITIVO

A decodificação da mensagem falada envolve a análise de vários componentes do sinal, incluindo os componentes acústicos, fonéticos, fonológicos, lexicais, supra-segmentares, sintáticos e semânticos. Para que esta decodificação ocorra, as pistas acústicas específicas (frequência, intensidade e tempo) devem ser processadas pelo sistema auditivo de forma precisa (Lubert, 1981).

A codificação neural dos sons requer que o sistema nervoso preserve as estruturas relevantes do sinal acústico (Phillips, 1993a). Segundo Phillips (1993b; 1995), o som pode ser “dividido” em quatro principais grandezas: espectro, amplitude, localização espacial e tempo. Cada uma delas é codificada de forma diferente pelo sistema nervoso.

3.1.1 - Espectro

A codificação neural do espectro do som tem início na decomposição por frequência feita pela cóclea. Após a transmissão dos impulsos elétricos da cóclea, ocorre a preservação de canais específicos por frequência até os altos níveis do sistema nervoso. No córtex auditivo, os neurônios estão dispostos em colunas de isofrequência, contendo um mapa tonotópico completo. Como consequência, a representação cortical do espectro acústico reside nos padrões de atividade neural evocados dentro e ao longo destas colunas de isofrequência. Sendo assim, as frequências contidas no evento sonoro ativam neurônios de frequências características mais sensíveis, em faixas de isofrequência específicas (Phillips e Hall, 1990; Phillips, 1993b; Phillips, 1995; Ehret, 1997; Buonomano e Merzenich, 1998; Zhang et al, 2002; Linden e Schreiner, 2003).

3.1.2 - Amplitude

A amplitude ou intensidade do som é codificada por meio do aumento da frequência dos potenciais de ação, isto é, com o aumento da intensidade do som, há um aumento da vibração da membrana basilar e um consequente aumento da frequência das descargas nas fibras do nervo auditivo e nos neurônios ao longo da via auditiva. Obviamente, os neurônios possuem um limite fisiológico para este aumento de disparos. Assim, dependendo do caso, com o aumento da intensidade do som, ocorre também um recrutamento de mais neurônios para esta codificação neural (Musiek e Lamb, 1992; Lent, 2001; Bear et al, 2002).

3.1.3 - Localização espacial

As diferenças interaurais no tempo com que os sinais acústicos atingem as duas orelhas são as maiores pistas usadas para a localização sonora no espaço. Quando um sinal binaural é apresentado e uma pequena diferença interaural de tempo é introduzida (aproximadamente 500 μ s), ocorre a localização do sinal para o lado da cabeça que é favorecido pela diferença interaural. A intensidade interaural também fornece pistas para a localização, predominantemente, para sons de frequências mais altas. O córtex auditivo possui neurônios que são ativados por sons vindos de ambas as orelhas e neurônios que são inibidos pela orelha ipsilateral e excitados pela orelha contralateral. Estes padrões de interação binaural também são importantes para a localização sonora (Phillips, 1995; Ehret, 1997; Musiek e Lamb, 1992; Bear et al, 2002).

3.1.4 - Tempo

A quarta grandeza do som é o tempo (Phillips, 1993b; Phillips, 1995). Contudo, o aspecto temporal já foi abordado indiretamente nas outras grandezas do som. Isto ocorre, pois a codificação neural de frequência, intensidade e localização é baseada em questões temporais:

- A codificação de frequência, além da informação derivada do mapa tonotópico, necessita de uma informação complementar dada pelo momento (tempo) em que ocorre a atividade de disparo na fibra aferente

(sincronia de fase, para frequências até 4 KHz) (Phillips, 1993a; Phillips, 1995; Musiek e Lamb, 1992; Bear et al, 2002).

- A codificação da intensidade relaciona o aumento da amplitude do som a um aumento no número de disparos neurais, em um determinado período de tempo (Lent, 2001; Bear et al, 2002).
- A codificação da localização espacial também conta com pistas temporais
 - o tempo com que os sinais acústicos atingem cada uma das orelhas (Phillips, 1993b; Phillips, 1995; Musiek e Lamb, 1992; Musiek e Oxholm, 2000; Bear et al, 2002).

Muito embora estas três grandezas se beneficiem de aspectos temporais do som, o foco de estudo diz respeito ao processamento auditivo temporal, que se refere à quarta grandeza sonora mencionada anteriormente.

3.2 - PROCESSAMENTO AUDITIVO TEMPORAL

O tempo é uma dimensão muito importante para a audição, já que quase todos os sons variam ao longo do tempo (Moore, 1996). Por definição, os sons são eventos físicos (flutuações rápidas de pressão) que estão distribuídos no tempo (Phillips, 1993a; Heil, 2001).

Buonomano e Karmarkar (2002) referiram-se a uma citação de Lashley feita em 1960, que afirmava ser o processamento temporal o mais importante e também o mais negligenciado problema da fisiologia.

Quase meio século depois desta afirmação, os autores acima comentaram que o estudo do processamento temporal está no início e muitos aspectos sobre o assunto não foram ainda esclarecidos, principalmente, no que diz respeito aos mecanismos neurais que delineiam a percepção sensorial do tempo.

McCroskey e Kidder (1980) também se preocuparam com a questão temporal da audição, argumentando que a ênfase da avaliação auditiva baseia-se na frequência e intensidade dos sons; contudo, a composição física da fala inclui mais uma grandeza a ser processada, ou seja, o fator “tempo”.

O processamento auditivo temporal pode ser definido como a percepção do som ou da alteração do som dentro de um período restrito e definido de tempo (Shinn, 2003), ou seja, refere-se à habilidade de perceber ou diferenciar estímulos que são apresentados numa rápida sucessão (Schulte-Körne et al, 1998).

Muitas evidências sugerem que as habilidades do processamento temporal são a base do processamento auditivo, especificamente no que concerne à percepção de fala (Robin e Royer, 1987; Musiek et al, 2002). O argumento que suporta esta proposição é que muitas características da informação auditiva são, de alguma forma, influenciadas pelo tempo (Shinn, 2003).

A codificação sensorial da informação temporal como duração, intervalo e ordem de diferentes padrões de estímulo provê informações vitais para o sistema nervoso. Todas estas pistas, que regem o processamento temporal, são importantes para a percepção da fala e da música, uma vez que a estrutura destes dois eventos apresenta-se como rápidas mudanças do sinal acústico (Green, 1971; Robin e Royer, 1989; Leitner et al, 1993; Wright et al, 1997a; Rupp et al, 2000; Lister et al, 2000; Heil, 2001; Rupp et al, 2002; Buonomano e Karmarkar, 2002).

A identificação de sílabas consoante-vogal individuais, por exemplo, está relacionada com o intervalo entre a liberação do ar e a vibração das pregas vocais (/ba/ *versus* /pa/); com a duração da transição de frequência (/ba/ *versus* /wa/); e com o tempo de silêncio entre as consoantes e as vogais (/sa/ *versus* /sta/) (Wright et al, 1997a).

O arranjo sequencial das sílabas também é importante para o reconhecimento de fala (Ex: *la-dy versus de-lay*). Da mesma forma, a duração de cada sílaba é crítica, bem como o intervalo entre as sílabas (Ex: *kiss the sky versus kiss this guy*) (Buonomano e Karmarkar, 2002).

Além disso, pistas prosódicas como pausas e velocidade de fala são usadas para determinar o conteúdo semântico (Wright et al, 1997a; Buonomano e Karmarkar, 2002).

É importante comentar também que a estrutura de tempo sonora pode ser dividida em eventos periódicos e eventos transitórios.

Eventos periódicos (ou repetitivos) são eventos acústicos simples, caracterizados por padrões estáveis. Esta estrutura acústica periódica pode ser expressa em termos de frequência e fase (Hirsh, 1959).

De acordo com Phillips (1993a), estes eventos periódicos podem gerar a percepção de *pitch*. É o caso, por exemplo, do *pitch* da voz humana. Esta sensação subjetiva de frequência é determinada em grande parte pela taxa de pulsos glóticos. Cada pulso é um sinal relativamente ruidoso, mas o *pitch* da voz é modelado pela taxa de repetição glótica (frequência temporal) e pelo conteúdo espectral do trato vocal.

No entanto, a riqueza do processamento auditivo temporal, isto é, a percepção de mudanças rápidas ao longo do tempo, tem como base a estrutura dos eventos transitórios.

Eventos acústicos transitórios (ou aperiódicos) podem ser definidos como eventos acústicos breves, que devem ser segregados e percebidos separadamente de outros eventos acústicos (Hirsh, 1959; Phillips, 1993a; Phillips, 1993b; Phillips, 1995; Heil, 2001; Sugimoto et al, 2002).

Pode-se ter uma idéia da importância dos eventos transitórios para a percepção da fala, analisando-se o tempo de início da sonorização (*voice onset time* – VOT). No caso da discriminação entre consoantes plosivas surdas e sonoras (Ex: /pa/ *versus* /ba/), uma das maiores pistas perceptuais é dada pelo VOT, ou seja, o curto tempo entre a “explosão” (consoante – evento transitório) e o início da emissão (vogal – evento periódico) (Phillips, 1993a; Phillips, 1993b; Eggermont, 1997; Strouse et al, 1998).

Os VOTs mais curtos (até 30 ms) são percebidos como consoantes sonoras, enquanto os VOTs mais longos (de 30 a 60 ms) são percebidos como consoantes surdas (Lubert, 1981).

O processamento auditivo temporal pode ser dividido em quatro categorias, sendo todas importantes para as habilidades de processamento auditivo. São elas (ASHA, 1995; Keith, 2000; Shinn, 2003):

1. Ordenação ou seqüencialização temporal;
2. Integração ou somação temporal;
3. Mascaramento temporal;
4. Resolução, discriminação ou acuidade temporal.

Estes mecanismos são presumivelmente aplicáveis para sinais verbais e não-verbais (ASHA, 1995).

3.2.1 - Ordenação ou seqüencialização temporal

A habilidade auditiva de ordenação temporal refere-se ao processamento de múltiplos estímulos auditivos na sua ordem de ocorrência. Graças a esta habilidade, um indivíduo é capaz de discriminar a correta ordem de ocorrência dos sons (Green, 1971; Tallal e Piercy, 1973; Musiek e Baran, 1987; Musiek e Baran, 1991; Moore, 1993; Shinn, 2003).

A percepção da fala e a percepção da música dependem fortemente da ordenação temporal. Por exemplo, para as palavras *mitts* e *mist*, o ouvinte deve distinguir uma da outra com base, primariamente, na ordem em que os últimos sons ocorrem (Hirsh, 1959).

Hirsh (1959) encontrou que, para pares de tons de diferentes freqüências, os sujeitos necessitavam de aproximadamente 17 ms de separação entre eles para identificar a ordem correta de cada seqüência.

Na prática clínica, a ordenação temporal é freqüentemente avaliada por meio dos testes de padrão de freqüência e duração, nos quais os pacientes devem verbalizar a ordem da seqüência de três tons ouvida (Shinn, 2003).

Para o teste de padrão de duração, um mesmo tom é mantido (1000 Hz) e a duração é o aspecto a ser discriminado e ordenado. Os estímulos curtos possuem 250

ms, enquanto os longos, 500 ms. O intervalo entre os tons é de 300 ms. Para adultos, espera-se 70% ou mais de acertos para cada uma das orelhas (Musiek et al, 1990).

Já para o teste de padrão de frequência, a duração é mantida e utilizam-se seqüências compostas por tons de 880 e 1122 Hz, com 150 ms de separação entre eles. Espera-se um mínimo de 75% de respostas corretas para ambas as orelhas, em indivíduos adultos (Musiek, 2002).

3.2.2 - Integração ou somação temporal

Green (1971) descreveu que, nos experimentos de integração temporal, os sujeitos devem detectar sinais fracos em um ruído de fundo ou no silêncio. O limiar deste sinal fraco é medido em função de sua duração. Geralmente, a detecção do sinal é a mesma se o produto da duração e da intensidade do sinal se mantiver constante (energia constante) em pelo menos algumas escalas de duração.

Para durações excedendo 500 ms, aproximadamente, a intensidade do som no limiar é independente da duração. Contudo, para durações menores que 200 ms, aproximadamente, a intensidade necessária para detecção aumenta com a diminuição da duração. Além disso, em uma dada intensidade, a *loudness* aumenta com o aumento da duração de 100 a 200 ms (Moore, 1996).

Shinn (2003) comentou, por sua vez, que o limiar de detecção melhora com o aumento da duração do sinal entre 200 e 300 ms, numa população normal. Se um

som for diminuído em 1/10 de sua duração original, o limiar do sujeito piora em aproximadamente 10 dB.

Em pacientes com perda auditiva coclear, foi observado que existe um tempo diminuído para somação temporal. Este fato foi interpretado como uma redução na integração temporal em virtude da rápida adaptação neural na cóclea (Giraudi-Perry et al, 1982).

A habilidade de integração temporal decorre da somação da atividade neuronal, resultante de uma adicional duração da energia sonora (Shinn, 2003).

3.2.3 - Mascaramento temporal

O mascaramento temporal é caracterizado pela mudança do limiar de um som na presença de outro estímulo subsequente. Isto ocorre quando um estímulo é apresentado com duração e intensidade suficientes para reduzir a sensibilidade de outro estímulo apresentado antes ou depois do estímulo inicial (Shinn, 2003).

Moore (1996) descreveu que sinais curtos são apresentados com diferentes intervalos de tempo, em relação ao som mascarador. Se este sinal preceder o mascarador, a tarefa é chamada de “mascaramento sucessivo” (*backward masking*); se o sinal seguir o mascarador, o processo é o “mascaramento antecessor” (*forward masking*).

Alguns estudos sugeriram que o “mascaramento antecessor” pode ocorrer em intervalos acima de 75 ms, enquanto o “mascaramento sucessor” é efetivo com intervalos acima de 50 ms (Robin e Royer, 1987).

Moore (1996) citou que o processo para o “mascaramento sucessivo” não é totalmente compreendido, apesar de extensamente estudado.

No que se refere ao “mascaramento antecessor”, Moore (1996) relatou que a influência do mascarador sobre o sinal decai a zero depois de 100 a 200 ms. A base deste tipo de mascaramento também não é completamente entendida, mas a resposta da membrana basilar ao mascarador, que continua por algum tempo após o término do estímulo (*ringing* ou reverberação) deve contribuir para este efeito. A reverberação se sobrepõe à resposta do sinal e contribui, então, para o mascaramento do sinal.

3.2.4 - Resolução, discriminação ou acuidade temporal

A habilidade auditiva de resolução temporal refere-se ao mínimo tempo requerido para segregar ou resolver eventos acústicos. O limiar para resolução temporal é conhecido como acuidade auditiva ou tempo mínimo de integração temporal (Giraudi-Perry et al, 1982; Irwin et al, 1985; Shinn, 2003).

Como a resolução temporal é o enfoque do presente trabalho, um item específico foi destinado a este assunto (Item 3.4).

3.3 - FISIOLOGIA DA RESOLUÇÃO TEMPORAL

Muitos estudos buscaram explicar a base fisiológica para a resolução temporal, bem como o local na via auditiva em que estes mecanismos fisiológicos estavam localizados.

Abeles e Goldstein Jr. (1972) estudaram o córtex auditivo primário de gatos com microeletrodos, na presença de pares de tons não simultâneos. Observaram a existência de fortes respostas neurais de rápida duração (aproximadamente 20 ms) referentes a células *on* (octopus), que eram ativadas no início do estímulo acústico. Estas respostas foram seguidas por forte supressão neural. Os autores comentaram que este padrão de respostas (rápidas e curtas) codificam a informação temporal do som e que o córtex auditivo tem uma participação importante neste processamento.

Além disso, os autores verificaram que no final do estímulo acústico havia disparos neurais de outros tipos de neurônios: as células *off*. Adicionalmente, um terceiro tipo, as células primárias, foi reconhecido. Neste caso, as respostas excitatórias duravam ao longo de todo o estímulo acústico. Por fim, um quarto tipo celular, as células *on-off*, também foi observado. Estas células disparavam tanto no início quanto no fim do estímulo (Abeles e Goldstein Jr., 1972).

Seguindo esta mesma linha, Robin e Royer (1987 e 1989) propuseram que as células *on* e as células *off* têm uma interação antagonista inibitória. No início do estímulo, as células *on* disparam com uma resposta transitória que, gradualmente,

decai para um nível mantido de atividade, até o fim do estímulo. Por causa da inibição antagonista mútua entre as células *on* e *off*, as células *off* são hiperpolarizadas no início do estímulo. A inibição resultante então decai, eventualmente, permitindo que as células *off* disparem, a menos que sua atividade seja suprimida por uma resposta seguinte das células *on* a um segundo estímulo. Se o segundo estímulo começar antes do término do período de latência das células *off*, elas não dispararão. E, finalmente, a força da inibição *on* é determinada pelo seu estado de adaptação. Assim, qualquer condição que afete o estado de adaptação das células *on* terá um papel na latência das células *off*.

Com relação à percepção do *gap*, os autores concluíram que a detecção do *gap* só ocorre se as células *off* dispararem, revelando que ocorreu ausência de energia. Se o *gap* for muito curto, a latência de resposta das células *off* excederá o intervalo e a célula se tornará hiperpolarizada pelo início do segundo marcador. Uma vez que as células *off* não disparam, o *gap* não será percebido, ou seja, haverá uma persistência perceptual do primeiro marcador ao longo do intervalo. A Figura 1 demonstra como ocorre ou não a percepção do *gap*.

Figura 1 – Característica do estímulo acústico, resposta das células *on* e das células *off* e a conseqüente detecção ou não do *gap* Robin e Royer (1987)

Schneider e Hamstra (1999) sugeriram, por sua vez, que os mecanismos que delineiam a detecção do *gap* podem pautar-se na adaptação neural. Quando o primeiro marcador é iniciado, há uma resposta transitória que rapidamente decai para um nível estável de resposta neural. No momento em que o primeiro marcador é finalizado, a taxa de disparo neural relativa decai rapidamente a zero e assim permanece, até que o segundo marcador comece. Neste instante, haverá uma outra resposta breve transitória de magnitude dependente da duração do *gap*. A forma desta segunda resposta transitória é similar, mas com magnitude menor comparada com a primeira resposta transitória, que ocorreu com o primeiro marcador. A medida que a duração do *gap* aumenta, a quebra do padrão de disparo neural é prolongada e o tamanho da resposta transitória com a reintrodução do som é aumentado. Esta segunda resposta transitória também rapidamente decai para um nível estável de resposta neural, até o final do estímulo sonoro.

Figura 2 – Padrões neurais de acordo com diferentes intervalos de *gap* (0,5; 1; 2; 4; 8 e 16 ms) (Schneider e Hamstra, 1999)

A Figura 2 ilustra os padrões neurais comentados. Este exemplo diz respeito a marcadores de 40 ms com *gaps* variando de 0,5 a 16 ms. A grande resposta transitória para o primeiro marcador rapidamente decai para um nível estável. Quando o primeiro marcador termina (em 40 ms), a taxa de disparo decai rapidamente. Quando o segundo marcador começa, há uma resposta transitória secundária que também decai. Note o tamanho desta resposta transitória, que aumenta com o aumento da duração do *gap*; em *gaps* mais longos, a recuperação da adaptação é virtualmente completa.

No que se refere à localização do mecanismo fisiológico da resolução temporal, alguns autores sugeriram que as fibras do nervo auditivo teriam uma

grande participação no processo (Giraudi-Perry et al, 1982; Snell e Hu, 1999; He et al, 1999).

Contudo, outros estudos revelaram que este processamento seria mais central (Phillips, 1988; Phillips e Hall, 1990; Phillips e Sark, 1991; Phillips, 1993a; Phillips, 1993b; Phillips, 1995; Eggermont, 1997; Horikawa et al, 1997; Kilgard e Merzenich, 1999; Eggermont, 2000; Heil, 2001; Rupp et al, 2002; Sugimoto et al, 2002; Hall et al, 2003; DeWeese et al, 2003).

A resolução temporal depende da segregação de diferentes estímulos auditivos e o papel do início do estímulo e da precisão de codificação desta resposta é crucial (Horikawa et al, 1997; Sugimoto et al, 2002).

Os neurônios do córtex auditivo são particularmente sensíveis a estes estímulos iniciais transitórios, incluindo o início de eventos periódicos, a modulação incidente de outros sinais periódicos ou os eventos acústicos que ocorrem naturalmente nas vocalizações (Phillips, 1988).

Os neurônios do córtex auditivo primário respondem brevemente e transitoriamente ao início dos sons, independente da duração do sinal. São sensíveis à frequência do som, bem como ao seu tempo de surgimento (ataque), o qual contribui significativamente para o espectro de curto-termo do início do sinal. A brevidade da resposta ao início do som é delineada pela resposta inibitória pós-início e pela adaptação neural (Phillips, 1993a).

A precisão do primeiro disparo neural que responde ao início do som é proporcional à latência de resposta neural. Em um estudo com gatos, Phillips e Hall (1990) verificaram uma latência tão curta quanto 0,45 – 1,5 ms para o primeiro disparo neural no córtex auditivo destes animais.

Estes valores estão muito próximos aos observados no nervo coclear e núcleo coclear, indicando que a fidelidade temporal para respostas transitórias é preservada na via auditiva aferente até o córtex auditivo primário (Phillips, 1995; Heil, 2001).

Este grau de precisão no tempo de resposta dá suporte à resolução temporal nos limites da *performance* comportamental, sendo o córtex auditivo importante para esta tarefa. Além disso, este grau de precisão é capaz de representar o tempo de componentes foneticamente importantes dos sinais de fala (Phillips e Hall, 1990; Phillips, 1993b).

As respostas transitórias corticais consistem em um encadeamento de descargas, no qual os intervalos inter-descargas são tão breves quanto as limitações biofísicas permitem. Esta brevidade entre as descargas provê um sinal neural que se diferencia contra uma atividade de fundo de descargas espontâneas, que possuem intervalos inter-descargas mais longos. Por isso, este deve ser o mecanismo que aumenta a representação neural de eventos transitórios no córtex e auxilia na segregação de sons diferentes (Phillips e Sark, 1991).

Estas observações evidenciam a contribuição do córtex auditivo para a percepção de fala. A maioria das células corticais são pobres para representar o tempo da forma de onda (*time-locking* para periodicidade do estímulo). Para frequências maiores que 200 Hz, as células corticais são virtualmente incapazes de representar a frequência temporal de sons estáveis / periódicos (Phillips e Hall, 1990).

No entanto, como já mencionado, a latência de resposta e a regularidade dos inter-disparos das células corticais são capazes de indicar o tempo de elementos foneticamente importantes nos sons da fala, enquanto a identidade espectral daqueles sons de fala residem em quais neurônios da disposição tonotópica estão ativados (Phillips e Sark, 1991).

O córtex auditivo de humanos está localizado no lobo temporal. Ele é organizado com uma região central (*core*) de citoarquitetura koniocortical (células pequenas em todas as camadas; região altamente granular e altamente mielinizada), circundada por campos auditivos corticais menos granulares (*belt*). Esta região central constitui o córtex auditivo primário, que fica na região do giro transversal ou giro de Heschl, na face superior do lobo temporal (Hackett et al, 2001).

A região do giro de Heschl é altamente variável ao longo dos indivíduos e entre os dois hemisférios. Pode conter de um a três giros por hemisfério e o número de giros não é, necessariamente, igual em ambos os hemisférios (Penhune et al, 1996).

O córtex auditivo primário fica, aproximadamente, na metade do primeiro giro ou na metade do primeiro giro e parte do segundo giro; ele cobre, aproximadamente, os dois terços centrais do giro de Heschl (Penhune et al, 1996; Rupp et al, 2000; Kass e Hackett, 2000; Hall et al, 2003).

Muitos estudos evidenciaram a assimetria existente entre os giros de Heschl direito e esquerdo. O giro esquerdo é maior que o direito e, assim, o córtex auditivo primário esquerdo também é maior que o direito. Este aumento de volume no lado esquerdo é causado por um volume maior de substância cinzenta e de substância branca deste mesmo lado (Rubens, 1977; Musiek e Reeves, 1990; Penhune et al, 1996).

O maior substrato neural (mais neurônios e mais interconexões intra e interhemisféricas) nestas estruturas anatômicas do hemisfério esquerdo provê a base para um melhor desenvolvimento de linguagem que as áreas menores do lado direito (Musiek e Reeves, 1990).

A especialização do hemisfério esquerdo para a fala pode estar relacionada com a identificação de parâmetros acústicos específicos para a discriminação dos sons de fala. A capacidade de codificar e analisar aspectos temporais da informação acústica pode ter relação com a contribuição do hemisfério esquerdo para as funções de linguagem (Penhune et al, 1996).

Numerosos achados indicaram o papel preferencial do hemisfério esquerdo na análise dos aspectos temporais do estímulo acústico e é possível que as diferenças estruturais observadas entre os dois hemisférios delineiem esta capacidade diferencial (Penhune et al, 1996; Zatorre e Belin, 2001).

O trabalho de Zatorre e Belin (2001) investigou as diferenças funcionais entre os hemisférios direito e esquerdo, no que se refere ao córtex auditivo. Métodos de neuroimagem evidenciaram uma maior ativação do giro de Heschl em ambos os hemisférios, mas com maior resposta do lado esquerdo para tarefas temporais, enquanto mudanças espectrais causaram uma maior ativação do giro temporal superior em ambos os lados, com maior resposta do lado direito. Estas diferenças foram explicadas por meio de diferenças anatômicas. A maior mielinização do hemisfério esquerdo permite uma condução mais rápida, tornando este hemisfério mais sensível para mudanças acústicas rápidas. Ao mesmo tempo, um espaçamento maior das colunas corticais e conexões altamente intrínsecas no hemisfério esquerdo permitiriam uma integração ao longo das áreas organizadas tonotopicamente, levando a uma resolução espectral mais pobre. O inverso se aplica ao hemisfério direito, uma vez que os padrões estruturais favoreceriam uma alta resolução de frequência, mas uma transmissão mais lenta.

Utilizando o método psicoacústico de detecção de *gap*, Brown e Nicholls (1997) avaliaram a resolução temporal em adultos, bem como a assimetria perceptual entre as orelhas. O estímulo acústico foi composto por ruído de banda larga (74 dB NPS) de duração de 300 ms. Quatro diferentes intervalos de *gap* foram inseridos: 2,

4, 6 e 8 ms. Os autores encontraram respostas mais rápidas e acuradas na orelha direita (hemisfério esquerdo) do que na orelha esquerda. A orelha esquerda mostrou mais respostas falsas (indicação do *gap* quando este não existia) que a orelha direita.

A assimetria entre as orelhas foi marcada para os *gaps* de 4 e 6 ms de duração, mas reduzida para 2 e 8 ms. Os autores comentaram que a simetria observada para os *gaps* mais longos seria resultado de um “efeito teto”, no qual ambos os hemisférios são capazes de lidar com uma tarefa muito simples. Da mesma forma, Brown e Nicholls (1997) relataram que a simetria observada para os *gaps* de duração mais curta seria causada por um “efeito base”, no qual nenhum hemisfério é capaz de realizar uma tarefa virtualmente impossível. Assim, a vantagem do hemisfério esquerdo emergiria somente nos níveis intermediários.

Um outro estudo de Sulakhe et al (2003) obteve resultados semelhantes. Foram usados dois tipos de ruído (branco e de banda estreita). A duração do estímulo foi de 300 ms e os *gaps* de 3, 4 ou 5 ms. Estes dois tipos de ruído foram utilizados como forma de replicar o estudo de Vroon et al (1977), que constatou assimetria entre as orelhas direita e esquerda, e o estudo de Efron et al (1985), que verificou simetria entre as orelhas.

No entanto, um erro de impressão no trabalho de Efron et al (1985) comprometeu esta tentativa. No item “*Experimental design*”, os autores descreveram os estímulos como “*broad-band (200-400 Hz) noise burst*” e na discussão referem que o espectro do ruído é de “200-4000 Hz”. O ocorrido foi confirmado por uma

comunicação pessoal de Yund, um dos autores do referido trabalho, à Baker et al (2000). Tanto Brown e Nicholls (1997) quanto Sulakhe et al (2003) criticaram os resultados de Efron et al (1985) com base no “falso” tipo de ruído empregado - “ruído de banda estreita” – comentando que possíveis pistas espectrais haviam impedido a determinação de uma vantagem da orelha direita.

Apesar disso, Sulakhe et al (2003) conseguiram replicar com sucesso os achados do trabalho de Vroon et al, ou seja, assimetria hemisférica com vantagem para o hemisfério esquerdo e a falta de assimetria para ruídos de banda estreita. A explicação para estes achados foi que as diferenças obtidas (simetria *versus* assimetria) seriam atribuídas aos parâmetros diversos dos estímulos empregados.

Temple et al (2000) fizeram uso da ressonância funcional magnética para investigar o processamento auditivo temporal rápido. Foram utilizados estímulos não-verbais que mimetizavam as mudanças acústicas espectro-temporais que caracterizavam sílabas consoante-vogal-consoante. Algumas regiões cerebrais estiveram mais ativas durante a avaliação dos estímulos rápidos do que dos estímulos mais lentos. A maior ativação foi na região pré-frontal esquerda. O cerebelo posterior direito também mostrou-se mais ativo durante os estímulos rápidos.

Os autores surpreenderam-se com a maior ativação de áreas frontais na presença dos estímulos acústicos rápidos, ao invés de regiões auditivas no córtex temporal. Contudo, conexões extensas entre as regiões auditivas no córtex temporal e regiões frontais dorsolaterais já foram descritas. Além disso, os autores citaram que

estudos prévios obtiveram resultados semelhantes, envolvendo áreas pré-frontais esquerdas no processamento auditivo rápido.

A ativação cerebelar direita relacionada aos estímulos rápidos foi outro achado inesperado. O hemisfério cerebelar direito e o córtex frontal esquerdo estão conectados anatomicamente. No entanto, o papel do cerebelo no processamento da linguagem é desconhecido, atualmente. Temple et al (2000) relataram que trabalhos recentes relacionaram o cerebelo a mecanismos de tempo que participam de processos motores e cognitivos e concluíram que, embora seja possível que o processamento de estímulos acústicos rápidos envolva mecanismos de tempo que requerem a participação do cerebelo, pesquisas complementares são necessárias.

Buonomano e Karmarkar (2002) também citaram referências que relacionam o cerebelo a tarefas temporais auditivas. Por exemplo, comentaram estudos de pacientes com lesões cerebelares que possuem mais dificuldade para discriminar intervalos, quando comparados com sujeitos com lesões corticais. Déficits na discriminação de fonemas diferindo na sua estrutura temporal também foram citados em pacientes com lesões cerebelares bilaterais. Os autores sugeriram que uma ou mais estruturas encefálicas devem ter um papel predominante em tarefas temporais. Contudo, comentaram que, até hoje, nenhum estudo com lesões ou doenças evidenciou a abolição completa do processamento temporal. Este fato pode ser uma evidência indireta de que os mecanismos temporais estão distribuídos em diversas estruturas auditivas.

A plasticidade auditiva pode ser definida como a alteração das células nervosas para melhor responderem às influências ambientais imediatas. Normalmente, estas alterações estão associadas a mudanças comportamentais (Musiek et al, 2002).

Existem três tipos de plasticidade, no que se refere à audição: a) plasticidade do desenvolvimento; b) plasticidade compensatória resultante de uma lesão / disfunção que ocorreu em algum lugar dentro do sistema auditivo; c) plasticidade relacionada ao aprendizado (Musiek et al, 2002).

3.3.1 - Plasticidade do desenvolvimento

Baseando-se em amostras cerebrais analisadas por diversos procedimentos histológicos e imunohistoquímicos, Moore (2002) investigou a maturação do córtex auditivo humano do período fetal até a idade adulta. A principal técnica empregada foi a imunomarcagem de neurofilamentos. Uma vez que a proliferação de neurofilamentos dentro do axônio imediatamente precede a mielinização e a rápida condução sináptica, esta técnica é extremamente útil para registrar o início da função do sistema neuronal.

Moore (2002) observou que, aos cinco anos de idade, a expressão de neurofilamentos ainda está confinada às camadas corticais auditivas mais profundas. Depois dos cinco anos, os axônios maturados começam a aparecer nas camadas corticais II e III e, por volta de onze a doze anos de idade, sua densidade é

equivalente a dos adultos. Esta última etapa de maturação representa as conexões cortico-corticais, como os axônios comissurais, que interconectam os hemisférios cerebrais, bem como fibras de associação, que interconectam diferentes áreas corticais, dentro do mesmo hemisfério. Estes axônios intra e interhemisféricos formam a base morfológica para a maior complexidade do processamento auditivo cortical.

O autor comentou, ainda, que os estudos sobre as habilidades auditivas perceptuais durante o final da infância e início da adolescência confirmam a noção de aumento da complexidade no processamento da informação cortical, nesta época. Estudos sobre a percepção do som no ruído e fala no ruído indicam que esta habilidade melhora por volta do final da infância até dez anos de idade. Além disso, a *performance* das crianças na percepção de fala distorcida, interrupção, filtragem ou degradação espectral melhora consistentemente entre quatro a cinco anos e onze a doze anos.

Com relação aos achados comportamentais, alguns trabalhos sobre resolução temporal também reafirmaram o que foi comentado sobre a maturação do sistema auditivo (McCroskey e Kidder, 1980; Irwin et al, 1985; Grose et al, 1993).

McCroskey e Kidder (1980) utilizaram um teste de detecção de *gap* (*Auditory Fusion Task*) e constataram que crianças de nove anos de idade apresentavam uma *performance* semelhante a dos adultos.

Da mesma forma, Irwin et al (1985) constataram uma melhora significativa da resolução temporal em crianças de doze anos quando comparadas com crianças de seis anos.

Grose et al (1993) também observaram uma melhora da resolução temporal de acordo com a idade. Para frequências baixas, a melhora continuou até aproximadamente dez anos de idade, enquanto para as frequências altas, a *performance* das crianças alcançou a dos adultos, por volta dos seis anos de idade.

As mudanças decorrentes da plasticidade do desenvolvimento são extremamente rápidas e não necessitam de nenhum tipo de intervenção específica (Musiek et al, 2002).

No entanto, esta plasticidade é altamente afetada pela experiência sensorial. Considerando-se o papel da fala na comunicação humana e a grande variação das propriedades acústicas das diferentes línguas, a experiência lingüística precoce deve afetar a organização funcional do córtex auditivo. Certamente, os humanos tornam-se seletivamente mais sensíveis aos fonemas da sua língua materna (Salmelin et al, 1999).

3.3.2 - Plasticidade compensatória resultante de lesões / disfunções do sistema auditivo

Estudos com ratos, macacos, gatos e pássaros mostraram uma reorganização no córtex auditivo, depois de uma privação sensorial induzida experimentalmente pela criação de uma perda auditiva (Musiek et al, 2002).

Em uma revisão sobre o assunto, Buonomano e Merzenich (1998) descreveram alguns experimentos que mostraram esta reorganização do córtex auditivo. Depois de lesões monoaurais da cóclea de porquinhos-da-índia, observou-se reorganização do mapa tonotópico cortical, em resposta à orelha lesada. Um mês depois da lesão coclear, neurônios do córtex privado começaram a responder para frequências tonais adjacentes à escala de frequência que foi prejudicada pela lesão. Um outro trabalho demonstrou que lesões bilaterais da porção basal da cóclea em macacos também produziu um aumento da resposta cortical, para frequências vizinhas às frequências prejudicadas pela lesão coclear.

Zhang et al (2002) expuseram ratos filhotes a pulsos de ruído branco em uma intensidade moderada durante o nono e o vigésimo oitavo dias de vida. Como resultados, observaram um prejuízo tonotópico cortical e uma degradação da seletividade de frequências nos neurônios destes ratos já adultos. Além disso, houve também uma diminuição nas correlações temporais entre as descargas dos neurônios corticais vizinhos. Os autores concluíram que a estimulação auditiva tem um papel crucial na formação dos circuitos neuronais responsáveis pelo processamento auditivo no córtex auditivo primário, durante um período crítico.

3.3.3 - Plasticidade relacionada ao aprendizado

O termo neuroplasticidade refere-se à habilidade do sistema nervoso em realizar mudanças organizacionais em resposta a mudanças externas e internas. Estas mudanças são críticas para a memória e o aprendizado (Bellis, 1996).

A neuroplasticidade é resultante da plasticidade sináptica, principalmente, dos potenciais de longa duração das sinapses excitatórias. No nível sináptico, ocorre um aumento da força sináptica entre neurônios que disparam juntos. Já em um alto nível de organização neuronal, a plasticidade está relacionada à detecção de entradas sensoriais correlacionadas temporalmente e espacialmente (base para a formação de mapas topográficos e para representação de estímulos aprendidos) (Buonomano e Merzenich, 1998).

A plasticidade decorrente do aprendizado pode ser observada por meio de mudanças comportamentais e, conseqüentemente, por meio de testes auditivos comportamentais, bem como por meio de medidas eletrofisiológicas. Algumas investigações evidenciaram estas mudanças, após treinamento auditivo (Musiek et al, 2002).

No caso específico do processamento temporal, Wright et al (1997a) e Karmarkar e Buonomano (2003) demonstraram que esta habilidade é passível de treinamento e, portanto, de aprendizagem. Eles utilizaram a tarefa de discriminação

de intervalos. Houve um período de treinamento de dez dias (uma hora por dia), para tons de 1 KHz e 100 ms de duração. Os resultados mostraram uma melhora na resolução temporal, sendo esta melhora generalizada para outras frequências não treinadas (4 KHz), mas não para outros intervalos não treinados (50, 200 e 500 ms). Os autores concluíram que os padrões de generalização indicam que o aprendizado temporal não conta com o processamento auditivo subcortical, já que os padrões não-temporais (frequência) são codificados por diferentes canais nestes estágios mais precoces.

Um outro estudo de Temple et al (2000) avaliou a melhora após treinamento de um grupo de disléxicos, por meio de técnicas de neuroimagem (ressonância magnética funcional). O grupo de indivíduos normais mostrou ativação da área pré-frontal esquerda em resposta a estímulos não-verbais rápidos, enquanto a mesma não foi observada para estímulos que se modificavam lentamente. No entanto, antes do treinamento, o grupo de disléxicos não apresentou estas diferenças de ativação no córtex pré-frontal esquerdo. Depois de 33 dias de treino (100 minutos por dia) com um grupo de três disléxicos, nos quais foi treinado o processamento auditivo rápido, usando estímulos lingüísticos e não-lingüísticos, uma nova avaliação foi feita. Nela, dois dos três disléxicos mostraram um aumento significativo da ativação do córtex pré-frontal esquerdo, na presença de estímulos não-verbais rápidos, bem como uma melhora nos testes comportamentais de processamento auditivo rápido e compreensão de linguagem. O indivíduo que, depois do treinamento, não mostrou ativação da área pré-frontal para estímulos rápidos, também não apresentou melhora nos testes comportamentais.

3.4 - RESOLUÇÃO TEMPORAL

A resolução temporal refere-se à acuidade com que mudanças no som, em um determinado período de tempo, podem ser seguidas (Grose et al, 1993). O sistema auditivo possui a melhor resolução temporal de todos os sentidos (Rammsayer e Leutner, 1996).

Muitos padrões que distinguem os sons da fala baseiam-se em diferenças temporais de poucos milissegundos (Trainor et al, 2001).

Este aspecto do funcionamento do sistema auditivo, no qual mudanças acústicas transitórias podem ser acuradamente identificadas, é fundamental para a compreensão da fala humana, constituindo-se num pré-requisito para as habilidades lingüísticas, bem como para a leitura (Leitner et al, 1993; Schulte-Körne et al, 1998; Eggermont, 2000).

O VOT é um exemplo da importância da resolução temporal para a fala. A distinção perceptual entre dois fonemas (surdo / sonoro. Ex: /pa/ *versus* /ba/) é largamente baseada no VOT, o comprimento do intervalo de silêncio entre a explosão de ruído (consoante) e a vogal seguinte. O limiar perceptual, neste caso, é de 35 ms (Eggermont, 2000).

O teste denominado detecção de *gap* é um método psicoacústico relativamente simples que mede a resolução temporal (Phillips et al, 1997; Schulte-Körne et al, 1998; Phillips et al, 1998; Wiegrebe e Krumbholz, 1999; He et al, 1999; Florentine et al, 1999; Oxenham, 2000).

Na maioria dos estudos, são apresentados para os sujeitos dois estímulos acústicos (ruído ou tom puro) longos (centenas de milissegundos). Um dos estímulos contém um breve (poucos milissegundos) período de silêncio – o *gap* – na sua porção medial e o outro estímulo não possui nenhum *gap*. A tarefa do sujeito consiste em indicar quais estímulos possuem o *gap*. Normalmente, são utilizados intervalos de *gap* variados e o limiar de detecção do *gap* consiste no menor intervalo de silêncio percebido pelo sujeito (Phillips et al, 1997; Phillips et al, 1998; Schneider et al, 1998; Strouse et al, 1998; Formby e Sherlock, 1998; Lotze et al, 1999).

O teste de detecção de *gap* é baseado no paradigma introduzido por Plomp (1964), que buscava estudar a taxa de *decay* da sensação auditiva. O autor investigou o intervalo mínimo de silêncio a ser introduzido entre dois sons (ruído branco) para ser percebido. Durante a pesquisa, foram usados diferentes níveis de intensidade para os dois estímulos. Como resultados, Plomp (1964) obteve limiares entre 2 e 3 ms, variando de acordo com os níveis de intensidade. Com base neste estudo, Plomp sugeriu que a resolução temporal é limitada pelo *decay* da sensação auditiva produzida pela primeira parte do estímulo, que preencheria o *gap* (He et al, 1999).

Penner (1977) também utilizou o paradigma proposto por Plomp para estudar o *decay* da sensação auditiva. Contudo, o autor variou a duração dos dois estímulos, bem como os níveis de apresentação. Apesar da variabilidade dos resultados obtidos, em virtude da variação dos parâmetros, Penner encontrou limiares mínimos para detecção do *gap* próximos aos observados por Plomp (2 a 3 ms).

Embora Plomp e Penner tenham utilizado estímulos compostos por ruído branco, atualmente existem diversos estímulos e modos de apresentação aplicados para o estudo do *gap*. Dada a variabilidade de limiares de *gap* possíveis resultantes dos diversos procedimentos empregados, é necessário que estes efeitos sejam comentados.

3.4.1 - Marcadores

Na maioria dos estudos, os marcadores são compostos por tons puros e por ruídos de banda (Hall et al, 1996). São denominados marcadores, os estímulos acústicos que delimitam os intervalos de silêncio (*gaps*) (Grose et al, 1999).

Muitas investigações foram feitas para estudar os efeitos das frequências dos marcadores sobre o *gap* (Hall et al, 1996; Phillips et al, 1997; Formby e Sherlock, 1998; Formby et al, 1998; Izumi, 1999; Phillips e Hall, 2000; Oxenham, 2000; Grose et al, 2001). Os diversos resultados são concordantes, na medida em que demonstraram que, quanto maior a separação de frequências entre os dois marcadores, maior a deterioração do *gap*, ou seja, pior o limiar de detecção.

Formby e Sherlock (1998) estudaram os efeitos de frequência sobre o *gap*, em humanos. Foram usadas frequências combinadas de várias maneiras (2000, 2040, 2100, 2200, 2980 e 3100 Hz), de forma que na condição A, o primeiro marcador variava ao longo das frequências e o segundo marcador foi fixado em 2000 Hz. Na condição B, o primeiro marcador manteve-se na frequência de 2000 Hz e o segundo marcador era variável. Os limiares foram similares para as condições A e B. Quando as frequências entre o primeiro e segundo marcadores eram semelhantes, os limiares foram sempre menores que 10 ms. Contudo, à medida que a separação entre as frequências dos dois marcadores aumentava, os limiares também aumentavam.

Em um estudo com macacos, Izumi (1999) utilizou marcadores de frequências idênticas (0,5; 1 ou 2 KHz) e marcadores de diferentes frequências (500-600, 500-700, 500-1000 e 500-2000 Hz). O menor limiar encontrado foi na condição de teste com frequências idênticas (1000-1000 Hz), enquanto o maior limiar foi na condição com frequências diferentes (500-2000 Hz). O autor concluiu que, quanto maior a separação entre as frequências dos marcadores, maior o limiar de detecção do *gap*.

Um trabalho desenvolvido por Oxenham (2000) obteve resultados semelhantes. Os estímulos empregados foram tons harmônicos complexos de frequências fundamentais de 140 e 350 Hz. Quando ambos os marcadores possuíam a mesma frequência fundamental (140 ou 350 Hz), a média foi de 5,7 e de 2,4 ms, respectivamente. No entanto, quando as frequências fundamentais diferiram entre os

dois marcadores (140-350 Hz ou 350-140 Hz), a média dos limiares para as duas condições foi de 13,2 ms, isto é, houve um efeito negativo sobre a detecção do *gap*.

Um outro aspecto que pôde ser observado no estudo de Oxenham (2000) foi a diferença entre as médias dos limiares para as duas frequências fundamentais. Para a frequência mais baixa (140 Hz), obteve-se uma média de limiar mais alta, enquanto para 350 Hz, a média foi melhor.

Este fato, ou seja, limiares de detecção melhores para frequências mais altas, também foi investigado por muitos autores, e este aspecto já é uma característica amplamente aceita nos estudos sobre o assunto.

Irwin et al (1985) estudaram os efeitos das frequências sobre o *gap*. Os marcadores foram três ruídos de banda centrados em diferentes frequências (500, 1000 e 2000 Hz). Para os ruídos de frequência de 1 e 2 KHz, os limiares ficaram entre 5 e 10 ms, enquanto para o ruído de 0,5 KHz, os limiares foram maiores que 10 ms, em adultos.

Moore (1996), numa discussão sobre o tema, ou seja, sobre uma pior resolução temporal para as frequências mais baixas, sugeriu que a explicação estava no tempo de resposta dos filtros auditivos. Quanto mais estreita a largura de banda de um filtro, mais longo é seu tempo de resposta. Uma vez que os filtros no sistema auditivo periférico possuem largura de banda mais estreita nas frequências mais baixas do que nas altas, então as respostas para as frequências mais baixas são mais

longas. Desta forma, a reverberação (*ringing*) para as frequências mais baixas preenche por mais tempo o *gap*, limitando mais a sua resolução temporal.

Florentine et al (1999) utilizaram ruídos de banda centrados nas frequências entre 0,25 e 8 KHz. Encontraram limiares de *gap* médios entre 4,6 e 88 ms, sendo os limiares mais baixos correspondentes às frequências mais altas e vice-versa.

Com relação aos marcadores compostos por ruído, Moore (1993) explicou que os ruídos de banda possuem flutuações inerentes na amplitude. Assim, os limiares de *gap* para ruídos de banda devem ser parcialmente limitados pelas flutuações do ruído. Os declives que ocorrem no ruído podem ser confundidos com os *gaps*. Por este motivo, Hall e Grose (1997) afirmaram que os marcadores de ruído de banda estreita (percepção do som altamente flutuante) dão origem a limiares de *gap* mais pobres, enquanto ruído de banda larga (percepção mais suave das flutuações) resulta em limiares de *gap* melhores.

O efeito acima descrito pôde ser observado também em ratos. O estudo de Syka et al (2002) obteve limiar de *gap* melhor para ruído branco (1,57 ms) quando comparado com ruído de banda estreita – passa-baixo com corte em 3 KHz (2,9 ms).

Ainda, no que se refere ao ruído como marcador, alguns autores propuseram que os limiares de *gap* melhores obtidos com ruído de banda larga refletem o uso da informação das regiões de alta frequência do espectro, uma vez que os limiares de *gap* para frequências mais altas são melhores que os limiares para frequências mais

baixas (Giraudi et al, 1980; Florentine e Buus, 1984; Ison et al, 1991; Leitner et al, 1993; Moore, 1993; Syka et al, 2002).

3.4.2 - Intensidade dos marcadores

Plomp (1964) variou a intensidade dos marcadores de 10 dB NS a 75 dB NS, obtendo *gaps* entre 2 e 25 ms. Os menores limiares resultaram de marcadores apresentados em intensidades mais elevadas.

Muitos outros estudos também demonstraram esta relação entre nível de apresentação dos marcadores e limiar de detecção do *gap* (Penner, 1977; Giraudi et al, 1980; Florentine e Buus, 1984; Robin e Royer, 1987; Hall e Grose, 1997).

Giraudi et al (1980) investigaram o limiar para detecção de *gap* em chinchilas, variando a intensidade dos marcadores (ruídos com filtros passa-baixo em 6 e 10 KHz). Entre 40 e 70 dB NS, os limiares permaneceram constantes, em torno de 3 ms para ambos os ruídos. No entanto, conforme a intensidade diminuiu de 40 para 20 dB NS, o limiar de *gap* aumentou de 3 para 6 ms.

Da mesma forma, Florentine e Buus (1984) avaliaram adultos (20 – 50 anos) e verificaram uma diminuição do limiar de 25 ms (em 20 dB NPS) para aproximadamente 3 ms (em 50 dB NPS até 90 dB NPS).

Robin e Royer (1987) também obtiveram limiares maiores em condições de avaliação com intensidades menores (35 dB NS). Contudo, os limiares foram melhores para intensidades maiores (65 dB NS).

Para ruídos de banda larga, o limiar de *gap* aumenta para níveis de estimulação mais baixos, próximos ao limiar absoluto, mas é relativamente invariante com intensidades moderadas a elevadas. O mesmo padrão é observado para ruídos de banda estreita; o limiar de *gap* tende a diminuir com o aumento dos níveis sonoros até aproximadamente 30 dB NS, mas permanece constante depois disso (Moore, 1996).

3.4.3 - Duração dos marcadores

Segundo uma investigação feita por Rammsayer e Leutner (1996), a *performance* dos testes para detecção de *gaps* é significativamente melhor com marcadores de duração entre 3 e 150 ms do que com marcadores entre 225 a 300 ms ou para *gaps* em tons contínuos (1 KHz). As médias gerais dos limiares de *gap* foram 17,8 ms (3 – 150 ms) e 35,3 ms (225 ms ou mais).

No entanto, He et al (1999) encontraram uma melhora na *performance* de detecção do *gap* para ruídos mais longos. Foram usados ruídos com filtro passa-baixo (corte em 5 KHz) de 100 a 400 ms. Os limiares para adultos jovens foram 4,14 ms para o marcador de 100 ms e 3,46 ms para o marcador de 400 ms. A explicação dada para este achado foi a influência da *loudness* que aumenta com o aumento da

duração do estímulo (integração temporal). Uma vez que a tarefa de detecção de *gap* requer tanto a habilidade de resolução temporal como a de resolução de intensidade, houve uma correlação significativa entre detecção do *gap* e influência da duração do estímulo, paralela à influência de intensidade.

Um outro paradigma que pode ser estudado, com base na duração dos marcadores, é a variação do primeiro marcador ou do segundo marcador, enquanto um deles se mantém fixo.

Robin e Royer (1987) variaram a duração do segundo marcador (5 – 60 ms), enquanto o primeiro se manteve constante em 100 ms. Os resultados indicaram que a duração do segundo marcador alterou os limiares de detecção de *gap*, isto é, para durações dos marcadores maiores, limiares de *gap* menores foram obtidos.

Este paradigma também foi investigado por Phillips et al (1997). O primeiro marcador variou entre 5 e 300 ms, enquanto o segundo marcador foi fixado em 300 ms. Os autores observaram um aumento dos limiares de *gap* quando o primeiro marcador era mais curto, mas apenas quando utilizaram ruídos diferentes entre os dois marcadores (ruído centrado em 1 e 4 KHz). Para as condições de teste nas quais os dois marcadores eram ruídos iguais (ruído centrado em 1 ou 4 KHz), não houve influência da duração do primeiro marcador nos limiares de *gap*.

Os estudos acima descritos, enfatizam que não existe uma concordância geral, no que se refere à duração dos marcadores na determinação dos limiares de *gap*.

Influências como frequência, intensidade e a própria duração dos marcadores devem ser levadas em consideração, bem como a participação dos mecanismos de integração temporal e mascaramento temporal (Rammsayer e Leutner, 1996; He et al, 1999).

3.4.4 - Posição do *gap* dentro dos marcadores

A duração dos marcadores possui uma relação direta com o posicionamento do *gap* dentro dos mesmos. Quanto mais curto for o primeiro marcador, mais inicial será a posição do *gap* a ser detectado.

Os paradigmas convencionais de detecção de *gap* colocavam os *gaps* usualmente fixos no centro dos marcadores. Contudo, dada a importância da detecção dos eventos transitórios para a resolução temporal, alguns autores estudaram a colocação randômica dos *gaps* dentro dos marcadores. Este fato buscou aproximar o teste de detecção do *gap* da estrutura normal de fala, na qual os intervalos de silêncio ocorrem em diferentes posições dentro da fala contínua (Phillips et al, 1997; Eggermont, 1997; He et al, 1999).

Eggermont (1997) realizou um estudo neurofisiológico do córtex auditivo, revelando que a codificação dos *gaps* é mais pobre para *gaps* que ocorrem precocemente (5 ms após o início do som) quando comparados com *gaps* posicionados mais tardiamente (500 ms após o início do som). Os *gaps* foram colocados em um ruído de banda larga de um segundo de duração e a atividade

neural de áreas auditivas corticais foi medida. O autor comparou os *gaps* precoces (5 ms após o início do ruído) aos VOTs das sílabas /ba/ e /pa/ e observou que os neurônios corticais responderam para estes *gaps* somente quando eram maiores do que 30 ms. Já para os *gaps* tardios (500 ms após o início do ruído), respostas neurais foram obtidas para *gaps* tão curtos como 5 ms.

Phillips et al (1997) também investigaram a posição do *gap* dentro dos marcadores. Por meio de marcadores de ruído de banda larga e de banda estreita, variaram a posição dos *gaps* em 5, 10, 30, 50, 100 e 300 ms. Os autores constataram, que para *gaps* inseridos precocemente, houve uma piora dos limiares de detecção de *gap*. Para os *gaps* precoces, a média do limiar de *gap* foi 32,4 ms, enquanto para os *gaps* tardios, a média foi próxima de 10 ms.

A conclusão do experimento de Phillips et al (1997) foi semelhante a de Eggermont (1997): para os *gaps* precoces (semelhantes ao VOT), os limiares de *gap* foram aproximadamente 30 ms. Este limiar é muito próximo aos valores definidos como sendo fundamentais para discriminação entre consoantes surdas e sonoras, ou seja até 30 ms (Lubert, 1981; He et al, 1999).

Snell e Hu (1999) também pesquisaram o assunto e compararam a *performance* de sujeitos inexperientes *versus* experientes, no que se refere à tarefa de detecção de *gaps*, variando a posição dos intervalos de silêncio dentro dos marcadores. Para os sujeitos inexperientes, os limiares obtidos foram 2,2 ms (*gaps* posicionados em 40 e 60 ms após o início do ruído de banda larga), 6,8 ms (posição

do *gap* em 10 ms) e 6,5 ms (*gap* posicionado em 11 ms). No caso dos sujeitos experientes, os limiares foram 2,1 (*gap* em 40 ms), 4,2 ms (*gap* em 10 ms) e 3,9 ms (*gap* em 11 ms). Os autores concluíram que houve um efeito da posição do *gap* sobre a *performance* dos sujeitos experientes e inexperientes. No entanto, este efeito foi maior para os sujeitos inexperientes nas condições onde o *gap* tem sua detecção mais pobre (ou seja, *gaps* precoces).

3.4.5 - Apresentação dos estímulos (monoaural *versus* binaural)

A avaliação da percepção do *gap* pode ser monoaural ou binaural. A condição binaural pode ser estabelecida por meio de fones ou campo livre.

Phillips et al (1997) utilizaram os paradigmas de teste binaural *versus* monoaural. O primeiro marcador foi dado sempre na orelha esquerda e o segundo marcador era apresentado ora na orelha esquerda, ora na orelha direita e ora em ambas as orelhas simultaneamente. Os limiares de *gap* para as condições esquerda-esquerda e esquerda-ambas foram os mais baixos (aproximadamente 4 a 5 ms). Entretanto, na condição esquerda-direita, os limiares foram muito mais altos (17 a 32 ms, dependendo da duração do estímulo).

Da mesma forma, Phillips et al (1998) avaliaram o efeito do modo de apresentação sobre o limiar de *gap*. Alto-falantes suspensos na altura das orelhas foram usados. As condições de teste foram: esquerda-esquerda, direita-direita, esquerda-direita e direita-esquerda. Os resultados obtidos foram semelhantes nas

condições esquerda-esquerda e direita-direita (aproximadamente 2 a 3 ms). Para as condições esquerda-direita e direita-esquerda, os limiares foram maiores, sendo o maior limiar encontrado por volta de 35,3 ms e 32,4 ms, respectivamente, para os *gaps* posicionados mais precocemente.

Contudo, Oxenham (2000) questionou os achados de Phillips et al (1997, 1998). O autor realizou uma investigação semelhante, porém com alguns ajustes e obteve resultados diferentes. Nas condições binaurais, os marcadores foram idênticos nas duas orelhas (diótico), ou possuíam diferenças interaurais de intensidade (12 dB) ou de tempo (640 μ s); estas diferenças foram suficientes para lateralizar o estímulo para um ou outro lado.

Como resultados, Oxenham (2000) constatou que os limiares de *gap* não foram afetados pela diferença de tempo interaural, sugerindo que uma mudança na localização percebida não necessariamente eleva os limiares de *gap*. Além disso, embora as diferenças interaurais de intensidade tenham interferido pronunciadamente nos limiares de *gap*, a mesma deterioração foi produzida por uma diferença monoaural de intensidade.

Sendo assim, o autor concluiu que o sistema binaural tem um papel pequeno ou inexistente nestas tarefas de detecção de *gap* e que os limiares em todas as condições podem ser entendidos unicamente como resultado dos sinais apresentados para cada orelha separadamente. Acrescentou, ainda, que o efeito espacial sobre o

gap encontrado por Phillips et al (1997; 1998) seria consequência das diferenças de intensidade monoaurais introduzidas em cada orelha.

Por isso, Oxenham (2000) resumiu os achados afirmando que, se a informação monoaural está disponível, nestas tarefas de detecção de *gap*, a *performance* dos ouvintes não pode ser afetada pela informação binaural.

3.4.6 - Efeito do tempo de surgimento do sinal (*rise*) e tempo de declínio do sinal (*fall*)

Segundo Green (1971), um dos maiores problemas técnicos encontrados em estudos de resolução temporal é a dificuldade de gerar dois estímulos auditivos que difiram apenas nos seus aspectos temporais. Frequentemente, alterações temporais na onda sonora produzem outras pistas indesejáveis como, por exemplo, as pistas espectrais. Estas variações espectrais tornam-se, então, a base para a tarefa temporal, ao invés das próprias pistas temporais.

Phillips (1988) explicou que, no caso de tons puros, o espectro do início do tom contém um pico na frequência específica do tom e tempos de início e declínio que se estendem, com amplitude decrescente, simetricamente, para cima e para baixo desta frequência. A amplitude e largura dos tempos de surgimento e declínio do som variam inversamente com o tempo de início do estímulo.

No caso de pesquisas psicofísicas com humanos, observou-se que os limiares de detecção para sinais tonais são mais baixos em estímulos de rápido início. Além

disso, a percepção da *loudness* aumenta para tons de amplitude equivalente, mas com tempo de início mais rápido. Estes dois efeitos são consequência da “agitação” espectral (*spectral splatter*) causada pelo início abrupto do sinal acústico (Phillips, 1988).

Moore (1996) complementa afirmando que, se um ruído for adicionado para mascarar estas pistas espectrais, o limiar de detecção do *gap* aumenta dramaticamente e os resultados não poderiam ser tomados como uma medida direta da resolução temporal.

Para resolver este problema, vários autores sugeriram o uso do ruído branco, já que este se mantém constante (sem alteração da magnitude do espectro) mesmo quando é interrompido abruptamente por um *gap* (Irwin et al, 1985; Moore, 1996; Brown e Nicholls, 1997; Oxenham, 2000).

Outros autores buscaram contornar este problema utilizando tempos de início do estímulo mais lentos ou ruído mascarante, quando são usados outros estímulos acústicos que não o ruído branco (Robin e Royer, 1987; Schneider e Hamstra, 1999).

Resumindo, os diversos estímulos que podem ser utilizados (tons puros, ruídos de banda estreita, de banda larga, etc.) e as várias formas de apresentação dos estímulos (variação de frequência, intensidade, duração do estímulo, posição do *gap*, tempo de início do estímulo sonoro, etc.) podem resultar em limiares de detecção de *gap* muito discrepantes (Schneider e Hamstra, 1999).

Algumas destas diferenças de *gap* foram explicadas como sendo resultantes do processamento auditivo temporal “intercanais” e “intra-canal” (Formby et al, 1998; Phillips et al, 1998; Grose et al, 1999; Phillips e Hall, 2000; Grose et al, 2001; Heinrich et al, 2004).

3.4.7 - Processamento auditivo temporal “intra-canal” (*within-channel*)

Quando os marcadores que delineiam o *gap* dividem frequências características similares, o paradigma é definido como intra-canal (Grose et al, 1999).

Phillips et al (1998) afirmaram que neste paradigma a operação temporal executada é a detecção de descontinuidade no canal ativado pelo som. Este fato ocorre, pois a informação sobre a perturbação do estímulo, que constitui o *gap*, pode ser carregada por qualquer canal perceptual (ou neural) individual representando o espectro do estímulo.

Um canal de frequência neural consiste em uma série de neurônios hierárquicos restritos, que recebem *inputs* de uma única célula ciliada interna da cóclea e que estimulam uma coluna de isofrequência restrita no córtex auditivo. Desta forma, a detecção de *gap* “intra-canal” corresponde à detecção de uma descontinuidade no padrão de atividade neural ao longo desta via (da cóclea ao córtex) (Eggermont, 2000).

Inúmeras investigações mostraram que marcadores de frequências semelhantes determinam limiares de *gap* melhores que marcadores de frequências diferentes (Phillips et al, 1998; Phillips e Hall, 2000; Grose et al, 2001; Heinrich et al, 2004).

As operações perceptuais que suportam estas tarefas de detecção (intra e intercanais) são diferentes. Se a sobreposição entre os canais é substancial porque os dois marcadores estimulam o mesmo canal ou canais similares, então o *gap* pode ser detectado como uma descontinuidade entre representações neurais co-ativadas. Por outro lado, se há uma sobreposição insuficiente entre as representações ativadas, a detecção do *gap* tem que contar com o tempo relativo de atividade entre o final da atividade neural do primeiro marcador e o início da atividade neural representando o segundo marcador. Para este último caso, o tempo relativo para percepção da atividade neural é mais longo e resulta em limiares de detecção de *gaps* mais pobres (Heinrich et al, 2004).

3.4.8 - Processamento auditivo temporal “intercanais” (*between-channel*)

Um segundo paradigma de detecção de *gap* é o “intercanais”, no qual os marcadores são compostos por diferentes frequências ou orelhas estimuladas ou localização em campo livre (Phillips e Hall, 2000).

Os limiares são, normalmente, mais altos para este paradigma (Phillips et al, 1998; Phillips e Hall, 2000; Heinrich et al, 2004).

Alguns autores sugeriram que os limiares mais altos de *gap* para o processamento auditivo “intercanais” refletiriam a sobreposição central mais pobre dos canais para os marcadores delimitando o *gap* (Phillips e Hall, 2000).

Além disso, contrariamente ao paradigma “intra-canal”, que é baseado na percepção da descontinuidade do sinal, o paradigma “intercanais” envolveria a divisão da atenção auditiva (Grose et al, 2001).

Por este motivo, foi sugerido que o processamento “intercanais” seria de origem mais central, enquanto o processamento “intra-canal” teria origem periférica (Phillips et al, 1998).

No entanto, outros autores questionaram esta afirmação. Eggermont (2000), por exemplo, referiu que as tarefas “intercanais” dependem primariamente de um processamento “intra-canal” e que a base temporal para a tarefa “intra-canal” também é dependente das respostas dos neurônios corticais.

Da mesma forma, Heinrich et al (2004) postularam que o córtex auditivo primário teria um papel central na análise requerida para detecção de descontinuidade “intra” e “intercanais”.

Moore (1996) acrescentou que *gaps* introduzidos em ruído de banda larga medem a resolução temporal de uma forma simples e conveniente e que, embora o ruído de banda larga excite muitos canais de diferentes frequências no sistema auditivo, se assume que esta tarefa dependa de um processo “intra-canal”, ao invés de uma tarefa de comparação entre os canais. Complementou, ainda, afirmando que o *gap* ocorre simultaneamente em todos os canais e que esta informação é combinada entre os canais em níveis mais altos da via auditiva.

3.4.9 - Limiares de detecção de *gap*

Como forma de enfatizar a variabilidade de limiares de detecção de *gap* na literatura, foram tabulados alguns resultados obtidos em sujeitos com audição dentro dos limites de normalidade (Quadro 1).

Quadro 1 - Trabalhos que investigaram os limiares de detecção de *gap*.

Autor	Ano	Limiar	Marcadores			Intra-canal	Inter-canal	Outros
			Freq.	Intens.	Duração			
Plomp	1964	2 – 4 ms	WN	25 a 65dBNS	200 ms	X		---
Florentine e Buus	1984	3 – 25 ms	BB (com passa-baixo em 7 KHz)	20 a 90dBNS	500 ms	X		---
Phillips et al	1997	5 – 45 ms	NB (0,3 a 8,5 KHz)	40dBNS	600 ms	X	X	---
Strouse et al	1998	2,8 e 6,7 ms	Tom puro (1 KHz)	65dBNS	200 ms	X		Mascarado com NB
He et al	1999	3,46 – 4,14 ms	BB (com passa-baixo em 5 KHz)	70dBNS	100 ou 400 ms	X		---
Keith	2000	8 ms (média entre as frequências)	Tons puros (0,5 a 4 KHz)	55dBNA		X		Estimulação binaural
Lister et al	2000	5,7 – 40 ms (câmara anecóica) 6,9 – 44 ms (reverberação)	NB (0,5 a 7 KHz)	70dBNS	500 ms	X	X	Reverberação
Heinrich et al	2004	1,13 - 10,9 ms	Tons puros (1 e 2 KHz)	70dBNS	20 ms	X	X	---

Legenda: NB – *narrow band* (ruído de banda estreita); BB – *broad band* (ruído de banda larga); WN – *white noise* (ruído branco).

As pesquisas relacionadas no Quadro 1, exemplificam a grande variabilidade existente entre os limiares de detecção de *gap*. Phillips et al (1997); Schneider e Hamstra (1999) e Syka et al (2002) propuseram que, provavelmente, estas diferenças de limiares são decorrentes dos parâmetros aplicados em cada uma das investigações.

Contudo, existe uma certa concordância de que, para ruído branco, os limiares de detecção de *gap* são em torno de 2 a 3 ms (Moore, 1996; He et al, 1999; Wiegrebe e Krumbholz, 1999; Syka et al, 2002).

3.4.10 – Alteração da resolução temporal

Alguns autores procuraram relacionar as alterações de fala e escrita de crianças sem outros comprometimentos associados a uma alteração no processamento auditivo, mais especificamente, na resolução temporal. Embora não haja um consenso geral, muitos trabalhos conseguiram demonstrar esta relação.

Tallal e Piercy (1973) avaliaram crianças com “afasia do desenvolvimento” (crianças que falham em aprender a falar). Foram usados dois estímulos não-verbais para que fossem ordenados e discriminados. Quando os tons eram separados por 428 ms, as crianças não apresentaram dificuldade em realizar a tarefa. No entanto, quando o intervalo entre os dois estímulos foi diminuído, a *performance* das crianças decaiu consistentemente. Os autores concluíram que estas crianças com alterações de fala exibiam uma alteração na percepção de seqüências apresentadas rapidamente.

Da mesma forma, Tallal e Piercy (1975) testaram o mesmo tipo de pacientes, desta vez com material verbal (sílabas sintetizadas vogal-vogal, que mimetizavam sílabas consoante-vogal, ou seja, 43 ms de vogal estável seguida por uma vogal diferente de 207 ms de duração, e sílabas sintetizadas consoante-vogal, com um componente de transição estendido no tempo, isto é, de 43 ms para 95 ms). Os resultados com as sílabas vogal-vogal foram semelhantes a um estudo prévio com sílabas consoante-vogal (com 43 ms de transição). Os mesmos sujeitos que falharam na discriminação de sílabas consoante-vogal também falharam com as sílabas vogal-vogal. Em outras palavras, a habilidade de discriminação destas crianças permanecia

igualmente pobre quando os componentes de transição das consoantes foram substituídos por componentes estáveis (vogais) de mesma duração. Desta forma, o fator que limitou a discriminação foi a duração dos elementos acústicos.

No caso do experimento com as sílabas consoante-vogal com componente de transição estendido, as crianças com alterações de fala obtiveram resultados semelhantes às crianças do grupo controle. Sendo assim, as crianças do grupo experimental não possuem alteração na habilidade de processar informações acústicas de transição, quando esta transição é de duração mais longa (Tallal e Piercy, 1975).

McCroskey e Kidder (1980) estudaram crianças com dificuldades de leitura, com problemas de aprendizagem e crianças normais. Os limiares de detecção de *gap* foram obtidos e os resultados demonstraram diferenças significantes entre os três grupos. A *performance* dos grupos com dificuldades de leitura e problemas de aprendizagem foi pior que a *performance* das crianças normais, indicando uma possível participação da alteração da resolução temporal, nestes quadros.

Em uma revisão sobre o assunto, Tallal et al (1993) referiram que o processamento de fala em níveis mais altos, necessário para o desenvolvimento da linguagem e da leitura, pode estar comprometido em crianças com alterações de fala e isto deve ser resultado de dificuldades no processamento da informação sensorial básica, que entra no sistema nervoso numa rápida sucessão (milissegundos). Em muitos casos, este déficit é pansensorial, isto é, afeta o processamento temporal em

múltiplas modalidades sensoriais e também pode afetar o controle motor (produção da fala), dentro da escala de tempo dos milissegundos. Além disso, os autores sugeriram que estes déficits temporais básicos causam uma cascata de efeitos, começando com a ruptura do desenvolvimento normal de um efetivo e eficiente sistema fonológico. Este processamento fonológico alterado dará origem a uma subsequente dificuldade em aprender a falar e ler normalmente, ou seja, os problemas de linguagem e leitura teriam base no processamento e decodificação fonológico deficientes.

Schulte-Körne et al (1998) fizeram uso dos limiares de detecção de *gap* para avaliar sujeitos com dificuldades na leitura e soletração (disléxicos). Entretanto, os autores não observaram diferenças entre os grupos experimental e controle. Assim, concluíram que a hipótese de déficit no processamento auditivo temporal em disléxicos era questionável.

Temple et al (2000) também investigaram o processamento auditivo rápido em disléxicos. A ressonância magnética funcional foi usada como método de comparação entre disléxicos e controles. Os leitores normais mostraram maior ativação da área pré-frontal esquerda para estímulos rápidos, quando comparados com estímulos mais lentos. Contudo, os disléxicos não apresentaram nenhuma resposta diferencial nesta região cerebral, com estímulos acústicos lentos ou rápidos. Os autores concluíram que havia um déficit no processamento auditivo de estímulos rápidos no grupo de disléxicos e que o processamento de sinais acústicos é crucial

para as habilidades de linguagem e escrita, podendo ser um fator delimitante de problemas de aprendizagem baseados na linguagem.

3.5 - PERDA AUDITIVA NEUROSSENSORIAL E IDADE

Alguns autores sugeriram que o processamento auditivo temporal fica comprometido em pessoas com perdas auditivas neurossensoriais. No entanto, outros autores não concordam com esta hipótese, declarando que a deterioração da resolução temporal está mais relacionada com a intensidade do estímulo durante o teste ou com outros parâmetros da avaliação (Giraudi-Perry et al, 1982; Florentine e Buus, 1984; Glasberg et al, 1987; Nelson e Thomas, 1997; Schneider e Hamstra, 1999; Lister et al, 2000).

Giraudi-Perry et al (1982) mediram os limiares de detecção de *gap* no mesmo sujeito com diferentes graus de perda auditiva, causados por exposição prolongada a ruído. Este trabalho foi realizado em chinchilas. Os resultados evidenciaram que perdas auditivas leves (15 a 30 dB) não tiveram efeito aparente sobre os limiares de *gap*. Entretanto, para perdas auditivas maiores que 40 dB, houve um aumento dos limiares de *gap*, quando comparados com aqueles dos sujeitos normais, em níveis de sensação similares. Contudo, com o aumento da intensidade do estímulo, os limiares de *gap* diminuíram nestes sujeitos com perda auditiva.

Florentine e Buus (1984) também avaliaram os efeitos da perda auditiva sobre a resolução temporal. Testaram sujeitos com perdas auditivas cocleares e sujeitos

com audição normal, nos quais simularam perdas auditivas (com mascaramento). Para os indivíduos com perdas auditivas cocleares, os limiares de *gap* diminuíram rapidamente com o aumento da intensidade até 80 dB NPS; acima deste nível, os limiares se mantiveram constantes. Além disso, as diferentes configurações audiométricas evidenciaram a importância das frequências altas para a detecção do *gap*, já que os indivíduos com perdas auditivas maiores nas frequências altas tiveram limiares de *gap* maiores que os sujeitos sem perdas auditivas nestas frequências. Os autores concluíram, com base nestes dados, que o audiograma não pode prever sozinho os limiares de detecção de *gap*.

No caso das perdas auditivas simuladas, alguns limiares de *gap* foram semelhantes aos das perdas reais; outros, não foram. Os autores sugeriram, então, que os dados revelaram ser a perda auditiva a maior causa para elevação dos limiares. Porém, em níveis mais elevados de estímulo, esta diferença diminuiu. Sendo assim, concluíram que alguns sujeitos possuíam uma redução da resolução temporal, enquanto outros não, e que a resolução temporal deve depender da etiologia, configuração e grau da perda auditiva (Florentine e Buus, 1984).

Nelson e Thomas (1997) estudaram os limiares de detecção do *gap* como uma função da *loudness* do estímulo para indivíduos com e sem perdas auditivas. Os resultados foram semelhantes aos obtidos anteriormente por Florentine e Buus (1984), ou seja, nos sujeitos com perdas auditivas, as habilidades de resolução temporal aproximam-se dos sujeitos normais em intensidades mais elevadas. Um outro achado importante foi a implicação da seleção dos níveis de estímulo entre

indivíduos com e sem perdas auditivas. Os sujeitos com perdas auditivas não atingiram sua melhor *performance* de *gap* abaixo de um nível que eles julgavam como “alto”, enquanto ouvintes normais atingiram sua melhor *performance* com um julgamento de *loudness* “suave”.

Desta forma, Nelson e Thomas (1997) sugeriram que, para indivíduos com perdas auditivas, a resolução temporal em níveis confortáveis de *loudness* está mais reduzida do que o normal, e que os resultados confirmaram ser a habilidade de resolução temporal, em ouvintes com perdas auditivas, fortemente afetada pela intensidade do estímulo.

Um outro aspecto bastante discutido é a influência da idade sobre a resolução temporal (Robin e Royer, 1989; Gordon-Salant e Fitzgibbons, 1993; Schneider et al, 1998; Strouse et al, 1998; He et al, 1999; Schneider e Hamstra, 1999; Snell e Frisina, 2000; Phillips et al, 2000; Lister et al, 2000; Finlayson, 2002).

Evidências consideráveis demonstraram que, quando a informação é apresentada rapidamente, os parâmetros temporais de estimulação revelaram mudanças relacionadas à idade, tanto no processamento visual, como no processamento auditivo (Robin e Royer, 1989).

Estes autores avaliaram dez indivíduos jovens (idade média de 22,2 anos) e dez indivíduos idosos (idade média de 71,3 anos), todos com limiares auditivos dentro dos limites da normalidade (menor que 20 dB NA de 0,5 a 4 KHz). Os

resultados indicaram que os sujeitos idosos apresentaram dificuldades no processamento neural de informações rápidas, enquanto, para informações mais lentas, mostraram uma dificuldade menor. Isto porque a duração do primeiro marcador, para que os idosos percebessem o *gap*, foi muito maior que a duração para os ouvintes mais jovens, em todos os intervalos de silêncio testados (4, 8, 16, 24, 32 e 40 ms).

Outras duas investigações utilizaram indivíduos idosos e jovens com limiares auditivos praticamente normais (Schneider et al, 1998; Strouse et al, 1998). Ambos obtiveram limiares de detecção de *gap* maiores em idosos, independentemente de uma perda auditiva associada. Esta redução na resolução temporal, não dependendo de uma perda auditiva, explicaria o por quê idosos com audiogramas normais (ou próximos) têm dificuldades em entender a fala, especialmente em ambientes ruidosos e em situações de fala mais acelerada (Schneider et al, 1998).

Strouse et al (1998), além dos limiares de *gap* elevados em idosos, obtiveram também uma sensibilidade reduzida para diferenças no VOT, quando comparados com ouvintes jovens. Este dado indicou que os idosos eram menos hábeis para distinguir limites de categorias fonêmicas e discriminar estímulos de fala que diferiam apenas na duração do VOT. Deste modo, sugeriram que a percepção de fala reduzida deveria estar, em parte, relacionada com o processamento auditivo temporal anormal.

Os trabalhos de Schneider e Hamstra (1999), He et al (1999), Snell e Frisina (2000) também avaliaram indivíduos jovens e idosos, com limiares auditivos próximos à normalidade, e verificaram um efeito da idade sobre a resolução temporal, já que os limiares de detecção de *gap* foram piores para os idosos.

Finlayson (2002) obteve conclusões semelhantes, porém em ratos. A atividade dos neurônios do colículo inferior de ratos idosos foi gravada e comparada com ratos novos. O autor encontrou uma alteração no processamento temporal dos animais idosos e sugeriu que isto reduziria a capacidade do sistema auditivo em codificar informações de estímulos sonoros sequenciais ou simultâneos. Estas alterações não estavam relacionadas a perdas auditivas periféricas, mas sim a modificações do sistema auditivo central, que pode ter sofrido reorganização de aferências, perda de inibição e outras mudanças, como nas condutâncias iônicas.

3.6 - LESÕES CORTICAIS E SUA INFLUÊNCIA NA RESOLUÇÃO TEMPORAL

Diversos experimentos com animais complementaram as informações sobre o papel do córtex na resolução temporal. Ison et al (1991) avaliaram a habilidade de ratos em detectar *gaps* breves no ruído branco, que foi medida pela inibição do reflexo acústico *startle*. Após a aplicação de uma solução de cloreto de potássio (KCl) na duramater que envolve o córtex, a qual resulta em decorticação funcional, *gaps* tão longos quanto 15 ms não provocavam mais a inibição do reflexo acústico. No entanto, para o grupo controle que recebeu a aplicação de uma solução salina, a

inibição do reflexo ainda era observada para *gaps* de 2 e 4 ms. Estes achados evidenciaram que o processamento temporal depende de mecanismos corticais.

Um outro experimento com furões de Kelly et al (1996) obteve resultados semelhantes. A habilidade de detectar *gaps* no ruído foi testada antes e depois de lesões bilaterais do córtex auditivo primário dos animais. As respostas foram dadas por meio de condicionamento operante. Depois da lesão, os furões ainda eram capazes de detectar *gaps*, mas o limiar médio foi elevado de 10,1 para 20,1 ms. Os dados demonstraram que o córtex auditivo é importante para tarefas perceptuais que requerem boa resolução temporal.

Ison e Bowen (2000) fizeram uso da escopolamina, um bloqueador do receptor muscarínico que interrompe a função colinérgica, em ratos, como forma de estudar a sua influência sobre a resolução temporal. Os autores compararam o desempenho de ratos após a administração de escopolamina e de hidrobromido meta-escopolamina. Este último não cruza a barreira hemato-encefálica e, portanto, só afeta o sistema colinérgico periférico. Os dados revelaram que o antagonista periférico não teve efeito sobre as medidas de detecção de *gap*, mas que o antagonista central aumentou o limiar de detecção de *gap*. Mais uma vez, a conclusão foi de que a acuidade temporal é influenciada pelos mecanismos auditivos centrais.

Limiares de *gap* foram medidos em ratos por meio de condicionamento operante, antes e depois da destruição bilateral do córtex auditivo destes animais.

Após a lesão, os limiares de *gap* foram elevados para 4 ms, enquanto antes da lesão estavam em torno de 1,6 ms. Durante o primeiro mês após a lesão cortical, os limiares gradualmente se aproximavam dos valores de *gap* pré-lesão. Contudo, mesmo após dois meses da lesão, os limiares permaneceram leve, mas significativamente, maiores que os valores de antes da lesão. Um outro dado relevante foi o aumento de falsas respostas depois da lesão, sugerindo que a destruição do córtex auditivo resulta na deterioração dos mecanismos que asseguram a retenção de informações auditivas e integração destas informações sensoriais com respostas motoras específicas. Os resultados indicaram que a destruição do córtex auditivo em ratos influenciaram não somente a resolução temporal, mas também os mecanismos de aprendizagem e memória, que asseguram respostas comportamentais corretas do rato durante a avaliação (Syka et al, 2002).

A observação de pacientes com lesões no lobo temporal também trouxe muitas informações a respeito da resolução temporal. Efron et al (1985) avaliaram pacientes que sofreram lobotomia temporal anterior direita ou esquerda. Durante o teste, os *gaps* eram detectados mais rapidamente na orelha ipsilateral à lesão do que na orelha contralateral. Houve um efeito significativo sobre a detecção do *gap* na orelha contralateral à lobotomia, revelando a participação desta região nas habilidades de resolução temporal.

A surdez verbal pura é um distúrbio raro da discriminação auditiva aparentemente restrito ao material verbal. A leitura, escrita e discriminação de sons não-verbais estão preservadas, mas o paciente não é capaz de discriminar ou repetir a

fala. Há um consenso de que a surdez verbal pura é quase patognomônica de lesão em um ou ambos córtices auditivos primários (Phillips e Farmer, 1990; Phillips, 1993a).

Algumas evidências sugeriram que a surdez verbal pura deve ser manifestação de uma alteração do mais básico processamento auditivo temporal, uma vez que o córtex auditivo primário tem uma participação perceptual, mas não lingüística, da elaboração dos sons com variações temporais predominantemente na escala de poucos milissegundos, e que é este processo que está alterado na surdez verbal pura (Phillips e Farmer, 1990).

Nem todos os aspectos da discriminação de fala estão igualmente alterados na surdez verbal. Em particular, a discriminação de vogais estáveis sobrevive em lesões do córtex auditivo primário, mas a discriminação de consoantes, especialmente das plosivas, não. A discriminação de consoantes plosivas é baseada na sua aperiodicidade e no tempo de seus componentes acústicos, que são importantes para a identificação fonêmica (VOT). Contrariamente, as vogais estáveis não possuem estrutura temporal acusticamente importante para a identificação fonética (são sons periódicos). Sendo assim, a escala temporal dos eventos acústicos nas consoantes plosivas (duração dos elementos e espaçamento entre eles na escala de poucos milissegundos) está dentro dos mecanismos de tempo transitórios do córtex auditivo primário (Phillips, 1993a).

Esta mesma dificuldade é observada no caso da percepção de sons não-verbais baseada na escala de tempo das consoantes (poucos milissegundos). Desta maneira, discriminações auditivas perceptuais dependentes do tempo de elementos transitórios (Ex: detecção de *gaps*) estão frequentemente alteradas, enquanto aquelas não baseadas no tempo do estímulo (Ex: distinguir sons ambientais) estão menos comprometidas (Phillips, 1995).

Evidências também sugeriram que o córtex auditivo primário não está criticamente envolvido no reconhecimento da prosódia ou melodias. Os contornos de entonação (e melodia) são expressos acima de centenas ou milhares de milissegundos. O fato de que a discriminação destes aspectos sobreviva em lesões bilaterais do córtex auditivo primário, como no caso de reconhecimento de vozes (masculina / feminina), demonstra que esta região cerebral não tem um papel crucial na discriminação desta escala de tempo (Phillips e Farmer, 1990).

4 - MÉTODOS

4.1 - Tamanho da amostra

Antes do início da pesquisa, foi calculado o tamanho da amostra pelo critério geral para tamanhos de amostra (Harris e Boyd, 1995). Tal critério sugere que o tamanho da amostra deve ser grande o suficiente para que o comprimento do intervalo de confiança de 90%, para um limite de referência, seja pequeno quando comparado ao comprimento de um intervalo de referência de 95%.

Para que esta hipótese seja verdadeira, a razão entre os comprimentos destes intervalos deve estar entre 0,1 a 0,2. Desta forma, estabeleceu-se o número de 100 sujeitos, que resultaria numa razão de 0,13, satisfazendo a condição descrita acima, no caso de uma análise paramétrica.

4.2 – Casuística

Foram avaliados 100 indivíduos adultos, sendo 50 do gênero masculino e 50 do gênero feminino, visando descartar possíveis influências relacionadas ao gênero.

A amostra não foi dividida com base na destreza manual, uma vez que existe prevalência de, aproximadamente, 90% de indivíduos destros na população. Além disso, sabe-se que 95% dos destros possui especialização hemisférica esquerda para a

linguagem, assim como 70% dos canhotos (Previc, 1991). Desta forma, mesmo que existissem na amostra indivíduos com especialização hemisférica direita, este número não seria suficiente para contaminar os resultados.

Todos os participantes da pesquisa eram alunos ou funcionários da Universidade Guarulhos, constituindo uma amostra composta por pessoas de diversas classes sociais e diferentes regiões da Grande São Paulo.

A coleta dos dados foi realizada no período de agosto de 2003 a abril de 2004, na Clínica de Fonoaudiologia da Universidade Guarulhos.

Por meio de uma divulgação interna, alunos e funcionários desta instituição de ensino foram convidados a participar da pesquisa.

4.3 – Material e Procedimentos

Quando convocados, os participantes eram informados sobre o caráter voluntário da investigação, sobre os objetivos da pesquisa, sobre os exames que seriam feitos e sobre a ausência de quaisquer riscos à saúde, durante os procedimentos. Caso concordassem com os itens expostos acima, deveriam, então, assinar o termo de consentimento para participação no estudo (Anexo A), aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq) do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Após o consentimento para participar da pesquisa, foram realizados os seguintes procedimentos com todos os indivíduos:

- **Anamnese:** contendo informações sobre histórico médico (audiológico, cirúrgico, saúde em geral, antecedentes familiares), bem como exposição a ruído ocupacional e em atividades de lazer (Anexo B).

- **Audiometria Tonal Limiar:** determinando os limiares por via aérea nas frequências de 0,25 a 8 KHz, em cabina acústica. O audiômetro utilizado foi o Interacoustic AC 40, com fones TDH 49, calibrados de acordo com as normas ISO-389 e IEC-645 (Wilber, 1999).

- **Imitanciometria (Timpanometria e pesquisa dos reflexos acústicos):** o equipamento para a avaliação foi o Interacoustic AZ 26. Com este procedimento buscou-se eliminar quaisquer comprometimentos de orelha externa e/ou média, os quais poderiam influenciar os achados da pesquisa. Antes da realização da imitanciometria, todos os indivíduos passaram por uma inspeção visual do meato acústico externo, com um otoscópio da marca *Heine*, confirmando a ausência de cerúmen ou de outros fatores que pudessem impedir a efetivação da avaliação.

- **Teste dicótico de dígitos:** Jerger e Musiek propuseram que uma triagem básica do processamento auditivo deveria conter um teste de dígitos dicóticos, já que este teste forneceria informações a respeito da escuta na presença de mensagem competitiva (figura-fundo para sons lingüísticos) (Jerger e Musiek, 2000).

Desta forma, o teste dicótico de dígitos (etapa de integração binaural) foi utilizado como uma triagem na presente pesquisa, buscando descartar possíveis distúrbios do processamento auditivo.

O teste era composto por 20 pares de dígitos apresentados simultaneamente em cada orelha, sendo que os dígitos que pertenciam à lista eram dissílabos. Esta lista foi elaborada por Santos e Pereira em 1996 e o teste gravado em *CD* fazia parte da coletânea elaborada por Pereira e Schochat (1997). A avaliação foi aplicada por meio do audiômetro Interacoustic AC 40 acoplado a um *CD player* Sony, em cabina acústica, numa intensidade de 50 dB NS em ambas as orelhas (de acordo com a média dos limiares auditivos em 500, 1000 e 2000 Hz de cada orelha).

Os pacientes foram instruídos a repetir oralmente todos os dígitos, independente da ordem de apresentação. Os resultados foram anotados numa folha de registro específica (Anexo C).

- **Teste GIN (*Gap In Noise*):** desenvolvido por Musiek em 2003 (Musiek et al, 2004). O teste GIN, gravado em *CD*, foi aplicado por meio do audiômetro Interacoustic AC 40 acoplado a um *CD player* Sony, em cabina acústica, numa intensidade de 50 dB NS (de acordo com a média dos limiares auditivos em 500, 1000 e 2000 Hz). A condição de apresentação do teste foi sempre monoaural. Todos os resultados foram anotados em folha de registro específica (Anexo D).

Descrição do teste GIN:

- a) O objetivo do referido teste é determinar o limiar de detecção de *gap* (intervalo de silêncio).
- b) O *CD* é composto por uma faixa-treino e 4 faixas-teste.
- c) Cada faixa-teste consiste de diversos estímulos de 6 segundos de *white noise* (ruído branco), com 5 segundos de intervalo entre os estímulos.
- d) Inseridos nos estímulos de *white noise*, existem diversos *gaps* em posições diferentes e de durações variáveis. Os *gaps* poderiam ser de 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15 e 20 ms.
- e) Em alguns estímulos, poderiam haver um único *gap* ou dois *gaps* ou ainda três *gaps*. Já em outros estímulos, nenhum *gap* foi inserido. Exemplo:

- f) A faixa para treino é composta por *gaps* de duração maior. Durante o treino, o paciente pode ser orientado novamente, caso não tenha compreendido a tarefa. Realiza-se metade da faixa em uma orelha e metade na orelha oposta.

1) Prática: Monoaural – 50 dBNS

Prática	Posição do <i>gap</i> (ms)	Duração do <i>gap</i> (ms)
1	1865.1	15
	2838.1	5
	3454.4	20
2	643.7	8
	1871.2	8
	4353.1	5
3	2961.4	5
4	2314.6	15
5	1205.5	5
	4387.9	10
	5436.2	10
6	1049.6	20
	2925.7	8
	4197.4	8
7	972.1	10
	3729.8	10
8		
9	1099.6	20
	3698.4	15
	4781.5	15
10	4250.0	20

Nota: os estímulos que não possuem *gap* são representados por espaço em branco, como é o caso do item 8 do exemplo acima (Prática).

- g) Durante o teste, cada um dos *gaps* aparece por seis vezes em cada faixa-teste, ou seja, nas quatro faixas-teste cada intervalo de *gap* vai aparecer por 24 vezes, totalizando 240 intervalos de *gap* diferentes (entre 2 e 20 ms).

<i>Gaps</i> (duração)	Faixa-teste 1 (quantidade de <i>gaps</i>)	Faixa-teste 2 (quantidade de <i>gaps</i>)	Faixa-teste 3 (quantidade de <i>gaps</i>)	Faixa-teste 4 (quantidade de <i>gaps</i>)	Total
2 ms	6	6	6	6	24
3 ms	6	6	6	6	24
4 ms	6	6	6	6	24
5 ms	6	6	6	6	24
6 ms	6	6	6	6	24
8 ms	6	6	6	6	24
10 ms	6	6	6	6	24
12 ms	6	6	6	6	24
15 ms	6	6	6	6	24
20 ms	6	6	6	6	24
Total	60	60	60	60	240

- h) Instruções ao paciente: “Você vai ouvir um ruído e, dentro deste ruído, existirão *gaps* onde o ruído estará ausente. Os *gaps* irão variar em comprimento e você deverá ouvir com atenção, pois alguns deles serão extremamente pequenos. Ocasionalmente, não existirão *gaps*. Você deverá indicar toda vez que ouvir um *gap* (apertando o botão de resposta)”.
- i) Na folha de registro, as respostas devem ser anotadas. Marcar com um risco somente a duração do *gaps* não percebidos; os falsos positivos também devem ser anotados (marcados com ●).
- j) Por fim, as respostas certas (*gaps* percebidos) foram computadas por faixa-teste. Exemplo:

Escore para Faixa-teste 1:

Limiar	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms	Total
Acertos	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/60
%											

0/6 = 0%, 1/6 = 16,66%, 2/6 = 33,33%, 3/6 = 50%, 4/6 = 66,66%, 5/6 = 83,33%, 6/6 = 100%

Crterios de anlise:

- Aps a contagem dos *gaps* percebidos (respostas certas), determina-se o limiar para o GIN em cada uma das faixas-teste. Considera-se o limiar de deteco de *gap* como sendo o menor *gap* percebido pelo paciente, em pelo menos 50% das vezes em que foi apresentado, ou seja, trs vezes, uma vez que cada *gap* aparece seis vezes em cada faixa-teste. Por exemplo, na faixa-teste 1, se o paciente detectar dois *gaps* de 3 ms, trs *gaps* de 4 ms e seis *gaps* de 5 ms, o limiar para esta faixa-teste ser 4 ms, uma vez que foi o menor *gap* percebido por trs vezes (50% dos *gaps* de 4 ms apresentados nesta faixa-teste). Apesar da deteco do *gap* de 3 ms por duas vezes, este no ser considerado como limiar, j que no alcanou trs acertos.
- Em seguida, considerando que existem 60 *gaps* em cada faixa-teste, determina-se a porcentagem de acertos por faixa-teste, ou seja, calcula-se quantos *gaps*, no geral, foram detectados. Por exemplo, se um paciente detectou 52 *gaps* dos 60 existentes, sua porcentagem de acertos para esta faixa-teste ser 86,66%.
- Foi estabelecido, tambm, o desempenho por intervalo de *gap*, que consiste na porcentagem de acertos em cada um dos intervalos de *gap*, isto , quantas vezes o indivduo percebeu *gaps* de uma determinada durao em todas as faixas-teste.

Sendo assim, já que cada intervalo de *gap* aparece por 24 vezes durante o teste, calcula-se a porcentagem de acertos geral por intervalo de *gap*, considerando-se quantos foram percebidos corretamente. Por exemplo, para o intervalo de *gap* de 2 ms, um indivíduo percebeu cinco, somando os acertos de todas as faixas-teste. Neste caso, o desempenho para o intervalo de *gap* de 2 ms foi de aproximadamente 20%.

A fim de descartar uma possível influência relacionada à orelha testada, os sujeitos foram divididos da seguinte forma:

- Grupo 1 - 50% realizou o GIN iniciado pela orelha direita (25 sujeitos do gênero feminino e 25 do gênero masculino);
- Grupo 2 - 50% realizou o GIN iniciado pela orelha esquerda (25 sujeitos do gênero feminino e 25 do gênero masculino).

Assim, as faixas-teste e os grupos ficaram divididos da seguinte forma, de acordo com a orelha testada:

N	Gênero	Nome	Faixa-teste 1	Faixa-teste 2	Faixa-teste 3	Faixa-teste 4
25	Masculino	Grupo G1M	OD	OE	OD	OE
25	Masculino	Grupo G2M	OE	OD	OE	OD
25	Feminino	Grupo G1F	OD	OE	OD	OE
25	Feminino	Grupo G2F	OE	OD	OE	OD

Os dados coletados foram tabulados e submetidos à análise estatística. Foram realizadas as seguintes análises:

- a) Comparação das idades dos sujeitos;
- b) Comparação entre as orelhas direita e esquerda;

- c) Comparação entre os gêneros;
- d) Comparação entre as faixas-teste;
- e) Intervalo de confiança para cada faixa-teste;
- f) Desempenho por intervalo de *gap*.

Cabe ressaltar que o desempenho por intervalo de *gap* típico para detecção de *gaps* em ruído de banda larga pode ser calculado por meio de uma fórmula (He et al, 1999; Florentine et al, 1999). O objetivo de determinar uma curva de desempenho por intervalo de *gap* é assegurar uma alta precisão (ou uma baixa variabilidade) nas medidas dos limiares de detecção de *gap*.

Desta forma, este cálculo foi feito e uma comparação entre o desempenho real (obtido com base na performance dos sujeitos) e o desempenho previsto foi realizada.

4.4 – Critérios de inclusão da casuística

- A faixa etária dos participantes estava entre 18 e 31 anos, para evitar a interferência de fatores como imaturidade do sistema auditivo central e presbiacusia. Bellis (1996) descreveu que a *performance* em tarefas que exigem processamento auditivo temporal atinge valores próximos aos de adultos por volta de 12 anos. Da mesma forma, sabe-se que o sistema auditivo periférico e central sofrem a influência da presbiacusia após os 40 anos (Bento et al, 1998; Musiek e Lamb, 1999).

- Somente foram incluídos indivíduos apresentando limiares auditivos dentro dos limites de normalidade, ou seja, menores que 20 dB NA (Yantis, 1999).
- Somente foram incluídos participantes com timpanometria do tipo A, de acordo com o sistema de Jerger, e presença dos reflexos acústicos ipsi e contralaterais, indicando ausência de comprometimento de orelha externa e de orelha média (Hall e Chandler, 1999; Northen e Gabbard, 1999).
- Quanto ao teste de dígitos dicóticos, somente foram incluídos no estudo participantes que obtivessem acertos maiores ou iguais a 95% em cada orelha, ou seja, poderiam errar, no máximo, 4 dígitos por orelha (Santos, 1998).

4.5 – Critérios de exclusão da casuística

- Sujeitos com queixas auditivas, como dificuldade em ouvir ou entender, zumbido e tontura, foram excluídos da pesquisa.
- Histórico de otites ou outras intercorrências auditivas também serviram como critério de exclusão.
- Presença de perdas auditivas, alterações de orelha externa e/ou média, bem como falha na triagem do processamento auditivo (testes de dígitos), determinaram a exclusão dos sujeitos da pesquisa (conforme explicação do item 4.4).

- Faixa-etária acima ou abaixo da descrita no item 4.4 também determinaram a exclusão dos sujeitos da pesquisa.

4.6 - Método estatístico

Para a análise estatística foi utilizada a técnica **ANOVA – ANALYSIS OF VARIANCE**. Esta é uma técnica paramétrica bastante usual, que faz uma comparação de médias utilizando a variância. No entanto, deve-se atentar para o fato de que, para a realização deste teste, algumas suposições “a priori” devem ser satisfeitas. Por ser uma técnica paramétrica, supõe-se que os erros para cada observação devem ter uma distribuição normal com média zero e variância constante (Spiegel, 1993; Fonseca e Martins, 1996).

Deve-se ressaltar que o resultado de cada comparação possui uma estatística chamada de **p-valor**. Esta estatística é que auxilia na conclusão sobre o teste realizado. Além do teste ANOVA, foi utilizada também uma técnica chamada **INTERVALO DE CONFIANÇA**, para verificar o quanto a média pode variar numa determinada probabilidade de confiança (limites inferior e superior) (Spiegel, 1993; Fonseca e Martins, 1996).

O nível de significância assumido para o presente trabalho foi de 0,05 (ou 5%). Os intervalos de confiança foram construídos com 95% de confiança estatística.

5 - RESULTADOS

Como já comentado no capítulo anterior, o nível de significância utilizado foi 0,05 (5%), uma vez que havia uma amostragem considerável, compatível com tal nível de significância. Todos os intervalos aplicados ao longo dos resultados foram construídos com 95% de confiança estatística.

Todos os p-valores considerados estatisticamente significantes perante o nível de significância adotado foram assinalados com (*); já os p-valores próximos ao limite de aceitação, os quais definem uma tendência estatística, foram assinalados com (#).

Os resultados foram apresentados em forma de médias de limiares de detecção de *gap* e médias de porcentagens de acertos. Deve-se ressaltar que as porcentagens não são referentes aos limiares, mas sim à quantidade de *gaps* percebidos corretamente, ou seja, os valores de limiares e porcentagens de acertos não estão atrelados e são variáveis independentes.

5.1 - Idade dos sujeitos

Com relação à faixa-etária dos sujeitos (Tabela 1), a média de idade do grupo masculino foi de 24,72 anos (296,64 meses), enquanto a média do grupo feminino foi

de 23,77 anos (285,30 meses). Os dados referentes à idade dos sujeitos encontram-se no Anexo E.

Observando a Tabela 1, nota-se também que as medianas são bem próximas às médias, indicando que a distribuição segue um padrão normal.

Tabela 1 – Faixa-etária dos grupos masculino e feminino (medidas descritivas)
(em meses)

Idade	Grupo masculino	Grupo feminino
Média	296,64	285,30
Mediana	293	282
Desvio Padrão	43,96	39,01
Tamanho	50	50
Limite Inferior	284,45	274,49
Limite Superior	308,83	296,11
p-valor	0,176	

No grupo masculino, o limite inferior do intervalo de confiança foi de 23,70 anos (284,45 meses) e o limite superior foi de 25,73 anos (308,83 meses). Estes valores indicam o quanto a média pode variar numa determinada probabilidade de confiança. No grupo feminino, o limite inferior do intervalo de confiança foi de 22,87 anos (274,49 meses), enquanto o limite superior foi 24,67 anos (296,11 meses).

No que se refere à idade mínima, o sujeito mais novo do grupo masculino tinha 216 meses (18 anos) e do grupo feminino, 218 meses (18,16 anos). Já a idade

máxima foi de 378 meses (31,5 anos) para o grupo masculino e 382 meses (31,83 anos) para o grupo feminino (Anexo E).

O p-valor na comparação das médias de idade dos grupos masculino e feminino indica que não houve diferença estatisticamente significativa entre estes grupos (Tabela 1). Isto sugere que ambos os grupos são semelhantes, no que se refere ao fator idade.

Figura 3 – Comparação de faixa-etária entre os grupos masculino e feminino (em meses)

Em seguida, foram apresentados os limiares de detecção de *gap*, bem como a porcentagem de acertos para cada faixa-teste. Os resultados de todos os sujeitos por grupo encontram-se no Anexo F.

5.2 - Comparação entre as orelhas

Nas tabelas abaixo, optou-se por fixar a ordem das orelhas (terceira coluna) e não a ordem dos grupos (primeira coluna) nem das faixas-teste (segunda coluna), já que a comparação diz respeito às orelhas.

5.2.1 - Grupo feminino - comparação entre as orelhas

Esta comparação pautou-se nos limiares médios de *gap* e nas porcentagens médias de acertos para cada faixa-teste.

Tabela 2 – Comparação entre orelhas dos grupos femininos (G1F e G2F) (Média de limiares em ms e média de acertos em %)

Grupo	Faixa-teste	Orelha	Média	Mediana	Desvio Padrão	Tamanho	Limite Inferior	Limite Superior	p-valor
G1F	Faixa-teste 1	OD	3,68	4	0,69	25	3,41	3,95	0,069#
G2F		OE	4,04	4	0,68	25	3,78	4,30	
G2F	Faixa-teste 2	OD	4,2	4	0,71	25	3,92	4,48	0,263
G1F		OE	3,96	4	0,79	25	3,65	4,27	
G1F	Faixa-teste 3	OD	3,92	4	0,49	25	3,73	4,11	0,027*
G2F		OE	4,28	4	0,61	25	4,04	4,52	
G2F	Faixa-teste 4	OD	4,28	4	0,68	25	4,01	4,55	0,048*
G1F		OE	3,92	4	0,57	25	3,70	4,14	
G1F	% Faixa-teste 1	OD	80,53	81,66	5,79	25	78,26	82,80	0,066#
G2F		OE	77,46	76,66	5,74	25	75,21	79,71	
G2F	% Faixa-teste 2	OD	76,33	75	5,87	25	74,03	78,63	0,049*
G1F		OE	79,73	80	6,00	25	77,38	82,08	
G1F	% Faixa-teste 3	OD	80,93	81,66	3,70	25	79,48	82,38	<0,001*
G2F		OE	75,46	76,66	5,26	25	73,40	77,53	
G2F	% Faixa-teste 4	OD	76,39	76,66	6,02	25	74,04	78,76	0,051#
G1F		OE	79,73	80	5,73	25	77,49	81,97	

De acordo com os resultados da Tabela 2, com base no p-valor, observou-se que houve diferença estatisticamente significativa entre as médias de limiares de *gap* somente para as faixas-teste 3 e 4 (p-valores de 0,027 e 0,048, respectivamente). Isto significa que, na faixa-teste 3, a melhor média de limiar de *gap* foi para a orelha direita do grupo G1F e, para a faixa-teste 4, a melhor média foi para a orelha esquerda do grupo G1F. Na faixa-teste 1, apesar de não existir diferença estatisticamente significativa, houve uma tendência de melhor limiar para a orelha direita do grupo G1F (p-valor = 0,069).

No caso das porcentagens de acertos, houve diferença significativa para as faixas-teste 2 e 3, com melhores respostas para a orelha esquerda do grupo G1F (p-valor = 0,049) e para a orelha direita do grupo G1F (p-valor = 0,001). Também existiu uma tendência estatística de melhores respostas (mais acertos) para as faixas-teste 1 e 4. Na faixa-teste 1, houve mais acertos para a orelha direita do grupo G1F (p-valor = 0,066) e na faixa-teste 4, mais acertos para a orelha esquerda do grupo G1F (p-valor = 0,051).

Considerando-se somente os valores numéricos, observa-se que o grupo G1F obteve melhores respostas (tanto médias de limiares quanto porcentagens de acertos) que o grupo G2F, em todos os itens desta comparação. No que se refere às orelhas, nas faixas-teste 1 e 3, as melhores respostas foram para a orelha direita, tanto para limiares quanto para porcentagens de acertos, e nas faixas-teste 2 e 4, as melhores

respostas foram para a orelha esquerda, também para os limiares e para as porcentagens de acertos.

Estes resultados podem ser melhor visualizados nas Figuras 4 e 5.

Figura 4 – Comparação das orelhas com relação às médias de limiares de detecção de *gaps* no gênero feminino (em ms)

Figura 5 – Comparação das orelhas com relação às porcentagens de acertos no gênero feminino (em %)

5.2.2 - Grupo masculino - comparação entre as orelhas

Tabela 3 – Comparação entre orelhas dos grupos masculinos (G1M e G2M) (Média de limiares em ms e média de acertos em %)

Grupo	Faixa-teste	Orelha	Média	Mediana	Desvio Padrão	Tamanho	Limite Inferior	Limite Superior	p-valor
G1M	Faixa-teste 1	OD	3,96	4	0,73	25	3,67	4,25	0,471
G2M		OE	3,8	4	0,65	25	3,55	4,05	
G2M	Faixa-teste 2	OD	4	4	0,71	25	3,72	4,28	1,000
G1M		OE	4	4	0,71	25	3,72	4,28	
G1M	Faixa-teste 3	OD	3,92	4	0,70	25	3,64	4,20	1,000
G2M		OE	3,92	4	0,70	25	3,64	4,20	
G2M	Faixa-teste 4	OD	3,92	4	0,64	25	3,67	4,17	0,822
G1M		OE	3,96	4	0,61	25	3,72	4,20	
G1M	% Faixa-teste 1	OD	79,73	80	6,75	25	77,09	82,38	0,941
G2M		OE	79,59	80	5,86	25	77,30	81,89	
G2M	% Faixa-teste 2	OD	78,72	76,66	5,82	25	76,45	81,01	0,776
G1M		OE	79,19	80	5,76	25	76,94	81,45	
G1M	% Faixa-teste 3	OD	79,86	80	5,50	25	77,71	82,02	0,523
G2M		OE	78,86	78,33	5,48	25	76,71	81,01	
G2M	% Faixa-teste 4	OD	79,73	80	5,73	25	77,49	81,98	0,839
G1M		OE	80,06	80	5,84	25	77,77	82,35	

Na Tabela 3, os p-valores indicaram que não houve diferença estatisticamente significativa em nenhum dos itens, ou seja, para o gênero masculino, não existiu diferença significativa entre as orelhas dos dois grupos (Figuras 6 e 7).

Considerando os valores dos limiares, nota-se que, o grupo G1M teve respostas iguais ao G2M para as faixas-teste 3 e 4 e o grupo G2M teve melhores

respostas que o grupo G1M nas faixas-teste 1 e 4. No entanto, o grupo G1M apresentou porcentagens de acertos maiores que o grupo G2M. Com relação às orelhas, os melhores limiares foram obtidos para a orelha direita na faixa-teste 4 e para a orelha esquerda na faixa-teste 1. Quanto às porcentagens, a orelha direita apresentou-se melhor nas faixas-teste 1 e 3, enquanto a esquerda foi melhor nas faixas-teste 2 e 4.

Figura 6 – Comparação das orelhas com relação às médias de limiares de detecção de *gaps* no gênero masculino (em ms)

Figura 7 – Comparação das orelhas com relação às porcentagens de acertos no gênero masculino (em %)

5.2.3 - Comparação entre as orelhas dentro de cada grupo

Tabela 4 – Comparação entre orelhas do grupo feminino G1F (Média de limiares em ms e média de acertos em %)

Grupo	Faixa-teste	Orelha	Média	Mediana	Desvio Padrão	Tamanho	Limite Inferior	Limite Superior	p-valor
G1F	Faixa-teste 1	OD	3,68	4	0,69	25	3,41	3,95	0,188
G1F	Faixa-teste 2	OE	3,96	4	0,79	25	3,65	4,27	
G1F	Faixa-teste 3	OD	3,92	4	0,49	25	3,73	4,11	1,000
G1F	Faixa-teste 4	OE	3,92	4	0,57	25	3,70	4,14	
G1F	% Faixa-teste 1	OD	80,53	81,66	5,79	25	78,26	82,80	0,634
G1F	% Faixa-teste 2	OE	79,73	80	6,00	25	77,38	82,08	
G1F	% Faixa-teste 3	OD	80,93	81,66	3,70	25	79,48	82,38	0,383
G1F	% Faixa-teste 4	OE	79,73	80	5,73	25	77,49	81,97	

Na Tabela 4, que se refere ao grupo G1F (grupo feminino com início do teste pela orelha direita), não se observou diferença estatisticamente significativa para nenhuma das comparações, ou seja, as orelhas direita e esquerda deste grupo apresentaram respostas semelhantes, tanto para a comparação de limiares absolutos quanto para a comparação de porcentagens de acertos.

Verificando-se somente os valores numéricos, sem considerar a análise estatística, observa-se que, em geral, a orelha direita apresentou melhores resultados que a orelha esquerda (limiares e porcentagens), no grupo GIF.

As Figuras 8 e 9 representam estas comparações.

Figura 8 – Comparação das orelhas direita e esquerda com relação às médias de limiares de detecção de *gaps* no grupo G1F (em ms)

Figura 9 – Comparação das orelhas direita e esquerda do grupo G1F com relação às porcentagens de acertos (em %)

Tabela 5 – Comparação entre orelhas do grupo feminino G2F (Média de limiares em ms e média de acertos em %)

Grupo	Faixa-teste	Orelha	Média	Mediana	Desvio Padrão	Tamanho	Limite Inferior	Limite Superior	p-valor
G2F	Faixa-teste 2	OD	4,2	4	0,71	25	3,92	4,48	0,417
G2F	Faixa-teste 1	OE	4,04	4	0,68	25	3,78	4,30	
G2F	Faixa-teste 4	OD	4,28	4	0,68	25	4,01	4,55	1,000
G2F	Faixa-teste 3	OE	4,28	4	0,61	25	4,04	4,52	
G2F	% Faixa-teste 2	OD	76,33	75	5,87	25	74,03	78,63	0,494
G2F	% Faixa-teste 1	OE	77,46	76,66	5,74	25	75,21	79,71	
G2F	% Faixa-teste 4	OD	76,39	76,66	6,02	25	74,04	78,76	0,562
G2F	% Faixa-teste 3	OE	75,46	76,66	5,26	25	73,40	77,53	

Com relação ao grupo G2F (grupo feminino com início do teste pela orelha esquerda), também não foi observada nenhuma diferença significativa entre as orelhas direita e esquerda, indicando que tanto os limiares de *gap* quanto as porcentagens de acertos foram semelhantes para ambas as orelhas (Tabela 5).

No caso deste grupo, as melhores respostas foram para a orelha esquerda somente nas faixas-teste 1 e 2 (limiares e porcentagens). Nas faixas-teste 3 e 4, os limiares foram iguais para ambas as orelhas e as porcentagens foram maiores para a orelha direita.

Estes resultados foram apresentados nas Figuras 10 e 11.

Figura 10 – Comparação das orelhas direita e esquerda com relação às médias de limiares de detecção de *gaps* no grupo G2F (em ms)

Figura 11 – Comparação das orelhas direita e esquerda do grupo G2F com relação às porcentagens de acertos (em %)

As orelhas direita e esquerda do grupo G1M foram comparadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Comparação entre orelhas do grupo masculino G1M (Média de limiares em ms e média de acertos em %)

Grupo	Faixa-teste	Orelha	Média	Mediana	Desvio Padrão	Tamanho	Limite Inferior	Limite Superior	p-valor
G1M	Faixa-teste 1	OD	3,96	4	0,73	25	3,67	4,25	0,714
G1M	Faixa-teste 2	OE	4	4	0,71	25	3,72	4,28	
G1M	Faixa-teste 3	OD	3,92	4	0,70	25	3,64	4,20	0,746
G1M	Faixa-teste 4	OE	3,96	4	0,61	25	3,72	4,20	
G1M	% Faixa-teste 1	OD	79,73	80	6,75	25	77,09	82,38	0,580
G1M	% Faixa-teste 2	OE	79,19	80	5,76	25	76,94	81,45	
G1M	% Faixa-teste 3	OD	79,86	80	5,50	25	77,71	82,02	0,815
G1M	% Faixa-teste 4	OE	80,06	80	5,84	25	77,77	82,35	

Não houve diferença estatisticamente significativa para nenhuma das comparações, indicando respostas semelhantes entre as orelhas direita e esquerda do grupo G1M (grupo masculino com início do teste pela orelha direita). Se desconsiderarmos a análise estatística, nota-se que a orelha direita apresentou, no geral, melhores respostas que a orelha esquerda.

Estes resultados podem ser melhor visualizados nas Figuras 12 e 13.

Figura 12 – Comparação das orelhas direita e esquerda com relação às médias de limiares de detecção de *gaps* no grupo G1M (em ms)

Figura 13 – Comparação das orelhas direita e esquerda do grupo G1M com relação às percentagens de acertos (em %)

Os resultados das orelhas direita e esquerda do grupo G2M foram comparados na Tabela 7.

Tabela 7 – Comparação entre orelhas do grupo masculino G2M (Média de limiares em ms e média de acertos em %)

Grupo	Faixa-teste	Orelha	Média	Mediana	Desvio Padrão	Tamanho	Limite Inferior	Limite Superior	p-valor
G2M	Faixa-teste 2	OD	4	4	0,71	25	3,72	4,28	0,057#
G2M	Faixa-teste 1	OE	3,8	4	0,65	25	3,55	4,05	
G2M	Faixa-teste 4	OD	3,92	4	0,64	25	3,67	4,17	1,000
G2M	Faixa-teste 3	OE	3,92	4	0,70	25	3,64	4,20	
G2M	% Faixa-teste 2	OD	78,72	76,66	5,82	25	76,45	81,01	0,367
G2M	% Faixa-teste 1	OE	79,59	80	5,86	25	77,30	81,89	
G2M	% Faixa-teste 4	OD	79,73	80	5,73	25	77,49	81,98	0,085
G2M	% Faixa-teste 3	OE	78,86	78,33	5,48	25	76,71	81,01	

Para esta comparação, não houve diferença estatisticamente significativa em nenhum dos itens descritos. Pode-se verificar, somente, uma tendência à diferença estatística na comparação entre as faixas-teste 1 e 2 (limiares), na qual a orelha esquerda do grupo G2M (grupo masculino com início do teste pela orelha esquerda) apresentou melhores respostas que a orelha direita.

Este fato também foi observado na comparação entre as porcentagens das faixas-teste 1 e 2, porém sem diferenças significantes. As Figuras 14 e 15 ilustram estes resultados.

Figura 14 – Comparação das orelhas direita e esquerda com relação às médias de limiares de detecção de *gaps* no grupo G2M (em ms)

Figura 15 – Comparação das orelhas direita e esquerda do grupo G2M com relação às porcentagens de acertos (em %)

5.3 - Comparação entre os gêneros

5.3.1 - Orelha esquerda – comparação entre os gêneros

Para esta comparação, também foram utilizadas as médias de limiares de *gap* e as porcentagens médias de acertos.

Tabela 8 – Comparação entre os gêneros na orelha esquerda (Média de limiares em ms e média de acertos em %)

Grupo	Faixa-teste	Gênero	Média	Mediana	Desvio Padrão	Tamanho	Limite Inferior	Limite Superior	p-valor
G2M	Faixa-teste 1	Masc.	3,80	4	0,65	25	3,55	4,05	0,205
G2F		Femin.	4,04	4	0,68	25	3,78	4,30	
G1M	Faixa-teste 2	Masc.	4,00	4	0,71	25	3,72	4,28	0,851
G1F		Femin.	3,96	4	0,79	25	3,65	4,27	
G2M	Faixa-teste 3	Masc.	3,92	4	0,70	25	3,64	4,20	0,060#
G2F		Femin.	4,28	4	0,61	25	4,04	4,52	
G1M	Faixa-teste 4	Masc.	3,96	4	0,61	25	3,72	4,20	0,812
G1F		Femin.	3,92	4	0,57	25	3,70	4,14	
G2M	% Faixa-teste 1	Masc.	79,60	80	5,86	25	77,30	81,89	0,199
G2F		Femin.	77,46	76,66	5,74	25	75,21	79,71	
G1M	% Faixa-teste 2	Masc.	79,20	80	5,76	25	76,94	81,45	0,750
G1F		Femin.	79,73	80	6,00	25	77,38	82,08	
G2M	% Faixa-teste 3	Masc.	78,86	78,33	5,48	25	76,71	81,01	0,030*
G2F		Femin.	75,46	76,66	5,26	25	73,40	77,53	
G1M	% Faixa-teste 4	Masc.	80,06	80	5,84	25	77,77	82,35	0,839
G1F		Femin.	79,73	80	5,73	25	77,49	81,97	

A única comparação entre os gêneros para a orelha esquerda que mostrou significância estatística foi a porcentagem de acertos da faixa-teste 3, na qual a quantidade de respostas corretas foi maior para gênero masculino do grupo G2M (p -valor = 0,030). Também para a faixa-teste 3, houve uma tendência estatística de limiar de *gap* melhor para o grupo G2M (Tabela 8).

No entanto, em um panorama geral, desconsiderando a análise estatística, observa-se que existiu um balanceamento entre os gêneros, no que se refere às melhores respostas para a orelha esquerda, tanto com relação aos limiares quanto com relação às porcentagens de acertos. Nas faixas-teste 1 e 3, o gênero masculino mostrou melhores limiares e melhores porcentagens, enquanto nas faixas-teste 2 e 4, o gênero feminino obteve melhores limiares e na faixa-teste 2, melhores porcentagens de acertos.

Estes resultados estão dispostos nas Figuras 16 e 17 .

Figura 16 – Comparação entre gêneros com relação às médias de limiares de detecção de *gaps* para a orelha esquerda (em ms)

Figura 17 – Comparação entre gêneros com relação às porcentagens de acertos para a orelha esquerda (em %)

5.3.2 - Orelha direita – comparação entre os gêneros

Tabela 9 – Comparação entre os gêneros na orelha direita (Média de limiares em ms e média de acertos em %)

Grupo	Faixa-teste	Gênero	Média	Mediana	Desvio Padrão	Tamanho	Limite Inferior	Limite Superior	p-valor
G1M	Faixa-teste 1	Masc.	3,96	4	0,73	25	3,67	4,25	0,170
G1F		Femin.	3,68	4	0,69	25	3,41	3,95	
G2M	Faixa-teste 2	Masc.	4,00	4	0,71	25	3,72	4,28	0,322
G2F		Femin.	4,20	4	0,71	25	3,92	4,48	
G1M	Faixa-teste 3	Masc.	3,92	4	0,70	25	3,64	4,20	1,000
G1F		Femin.	3,92	4	0,49	25	3,73	4,11	
G2M	Faixa-teste 4	Masc.	3,92	4	0,64	25	3,67	4,17	0,060#
G2F		Femin.	4,28	4	0,68	25	4,01	4,55	
G1M	% Faixa-teste 1	Masc.	79,73	80	6,75	25	77,09	82,38	0,655
G1F		Femin.	80,53	81,66	5,79	25	78,26	82,80	
G2M	% Faixa-teste 2	Masc.	78,73	76,66	5,82	25	76,45	81,01	0,153
G2F		Femin.	76,33	75	5,87	25	74,03	78,63	
G1M	% Faixa-teste 3	Masc.	79,86	80	5,50	25	77,71	82,02	0,425
G1F		Femin.	80,93	81,66	3,70	25	79,48	82,38	
G2M	% Faixa-teste 4	Masc.	79,73	80	5,73	25	77,49	81,98	0,051#
G2F		Femin.	76,40	76,66	6,02	25	74,04	78,76	

Esta comparação entre os gêneros para a orelha direita não mostrou diferença estatisticamente significativa para nenhum dos itens. No entanto, houve uma tendência estatística de melhores respostas para o gênero masculino do grupo G2M (média de limiares com p-valor de 0,60 e porcentagem de acertos com p-valor de 0,051) na faixa-teste 4 (Tabela 9).

O mesmo balanceamento de respostas melhores entre gêneros, observado para a orelha esquerda, pôde ser verificado para a orelha direita. O grupo masculino apresentou melhores limiares e porcentagens de acertos somente para as faixas-teste 2 e 4. Já o grupo feminino obteve melhores limiares na faixa-teste 1 e maiores porcentagens de acertos nas faixas-teste 1 e 3.

Nas Figuras 18 e 19, pode-se observar a comparação entre os gêneros para a orelha direita.

Figura 18 – Comparação entre gêneros com relação às médias de limiares de detecção de *gaps* para a orelha direita (em ms)

Figura 19 – Comparação entre gêneros com relação às porcentagens de acertos para a orelha direita (em %)

5.4 - Comparação entre as faixas-teste

Cabe ressaltar que as faixas-teste 1 e 3 foram realizadas na mesma orelha e as faixas-teste 2 e 4 na orelha oposta, dentro de cada um dos grupos.

5.4.1 - Comparação entre as faixas-teste 1 – 3 e 2 – 4 no gênero feminino

Tabela 10 – Comparação entre as faixas-teste para o gênero feminino (Média de limiares em ms e média de acertos em %)

Gênero	Absoluto				Porcentagem			
	Faixa-teste 1	Faixa-teste 3	Faixa-teste 2	Faixa-teste 4	Faixa-teste 1	Faixa-teste 3	Faixa-teste 2	Faixa-teste 4
Média	3,86	4,10	4,08	4,10	79,00	78,20	78,03	78,06
Mediana	4	4	4	4	78,33	78,33	76,66	79,165
Desvio Padrão	0,70	0,58	0,75	0,65	5,91	5,28	6,12	6,06
Tamanho	50	50	50	50	50	50	50	50
Limite Inferior	3,67	3,94	3,87	3,92	77,36	76,73	76,33	76,39
Limite Superior	4,05	4,26	4,29	4,28	80,63	79,66	79,73	79,74
p-valor	0,065#		0,887		0,477		0,978	

A Tabela 10 detalha os resultados da comparação entre as faixas-teste no gênero feminino.

A comparação entre as faixas-teste 1 – 3 e 2 – 4 no grupo feminino não apresentou diferença estatisticamente significativa em nenhum dos itens. Somente na

comparação entre as faixas-teste 1 e 3, houve uma tendência de melhores respostas para a faixa-teste 1 (p -valor = 0,065), no que se refere às médias dos limiares de *gap*.

No entanto, observa-se também que a faixa-teste 2 apresentou limiares levemente melhores que a faixa-teste 4 (sem diferença estatística). Quanto às porcentagens, os maiores acertos foram para as faixas-teste 1 e 4, porém a faixa-teste 4 apresentou porcentagens quase iguais à faixa-teste 3 (p -valor de 0,978).

As Figuras 20 e 21 ilustram estes dados.

Figura 20 – Comparação entre as faixas-teste no gênero feminino (Média de limiares em ms)

Figura 21 – Comparação entre as faixas-teste no gênero feminino (Média de acertos em %)

5.4.2 - Comparação entre as faixas-teste 1 – 3 e 2 – 4 no gênero masculino

Tabela 11 – Comparação entre as faixas-teste para o gênero masculino (Média de limiares em ms e média de acertos em %)

Gênero masculino	Absoluto				Porcentagem			
	Faixa-teste 1	Faixa-teste 3	Faixa-teste 2	Faixa-teste 4	Faixa-teste 1	Faixa-teste 3	Faixa-teste 2	Faixa-teste 4
Média	3,88	3,92	4,00	3,94	79,66	79,36	78,96	79,90
Mediana	4	4	4	4	80	78,33	78,33	80
Desvio Padrão	0,69	0,70	0,70	0,62	6,25	5,46	5,73	5,73
Tamanho	50	50	50	50	50	50	50	50
Limite Inferior	3,69	3,73	3,81	3,77	77,93	77,85	77,37	78,31
Limite Superior	4,07	4,11	4,19	4,11	81,40	80,88	80,55	81,48
p-valor	0,773		0,651		0,798		0,417	

Para esta comparação, também não existiu diferença significativa nem para as faixas-teste 1 e 3, nem para a comparação entre as faixas-teste 2 e 4, no grupo masculino (Tabela 11).

Como no gênero feminino, a faixa-teste 1 apresentou melhores limiares e porcentagens que a faixa-teste 3. Já a comparação 2 – 4 revelou limiares e porcentagens melhores para a faixa-teste 4. As Figuras 22 e 23 demonstram melhor estas comparações.

Figura 22 – Comparação entre as faixas-teste no gênero masculino (Média de limiares em ms)

Figura 23 – Comparação entre as faixas-teste no gênero masculino (Média de acertos em %)

5.5 - Análise dos limiares de *gap* e das porcentagens de acertos – Intervalo de confiança

Esta análise não levou em consideração os gêneros e nem as orelhas testadas. Foram utilizados, neste momento, os resultados dos 100 sujeitos em cada faixa-teste, ou seja, os dados referem-se às médias de limiares e porcentagens de acertos das orelhas direita e esquerda juntas, bem como dos gêneros masculino e feminino sem divisão.

Com base na Tabela 12, pode-se notar que as médias dos limiares de *gap* ficaram em torno de 4 ms (média das quatro faixas-teste igual a 3,98 ms). Observa-se, também, que o *gap* mínimo percebido foi 2 ms e o máximo foi 5 ms.

Mais uma vez, as medianas foram similares às médias, indicando que a distribuição segue um padrão normal, tanto para os valores absolutos quanto para os valores percentuais.

Tabela 12 – Análise geral dos limiares de *gap* (em ms) e das porcentagens de acertos em cada faixa-teste

Geral	Faixa- teste 1	Faixa- teste 2	Faixa- teste 3	Faixa- teste 4	% Faixa- teste 1	% Faixa- teste 2	% Faixa- teste 3	% Faixa- teste 4
Média	3,87	4,04	4,01	4,02	79,33	78,50	78,78	78,98
Mediana	4	4	4	4	80	78,33	78,33	80
Desvio Padrão	0,69	0,72	0,64	0,64	6,06	5,92	5,38	5,94
Mínimo	3	2	2	3	68,33	68,33	66,66	68,33
Máximo	5	5	5	5	93,33	93,33	91,66	91,66
Tamanho	100	100	100	100	100	100	100	100
Limite Inferior	3,73	3,90	3,88	3,90	78,14	77,34	77,73	77,82
Limite Superior	4,01	4,18	4,14	4,14	80,52	79,66	79,83	80,14

Figura 24 – Intervalo de confiança para as médias dos limiares de *gap* (em ms) para cada faixa-teste

Figura 25 - Intervalo de confiança para as porcentagens de acertos para cada faixa-teste

Com base nos resultados da Tabela 12 e das Figuras 24 e 25, pôde-se verificar que a variabilidade nas médias de limiares de *gap* (3,87 ms; 4,04 ms; 4,01 ms; 4,02 ms), bem como nas porcentagens de acertos (79,33%; 78,50%; 78,78%; 78,98%) é pequena entre as faixas-teste. Esta variabilidade foi um pouco maior para os valores absolutos (média de limiares) do que para valores em percentual mas, em ambas as situações, a variabilidade é baixa e, de certa forma, razoavelmente constante. Além disso, nota-se uma simetria para os limites mínimos e máximos, tanto para a Figura 24 quanto para a Figura 25.

Pôde-se observar também que, tanto os limiares quanto as porcentagens de acertos foram levemente melhores na faixa-teste 1, enquanto nas faixas-teste 2, 3 e 4 as respostas quase se apresentam como um *plateau*.

5.6 – Desempenho por intervalo de *gap*

Esta análise baseou-se na quantidade de acertos por intervalo de *gap* em todas as faixas-teste, como já comentado no item 4.3 (Critérios de Análise do GIN). Estes dados, para todos os sujeitos, encontram-se no Anexo G.

As Tabelas a seguir (13, 14 e 15), bem como as Figuras 26, 27 e 28 representam o desempenho por intervalo de *gap* dos sujeitos, de acordo com as porcentagens de acertos em cada faixa-teste, para cada intervalo de *gap* específico.

5.6.1 - Gênero feminino

Tabela 13 – Porcentagem de acertos para cada intervalo de *gap* em cada faixa-teste no gênero feminino (em %)

	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms
1 ^a Faixa-teste	3	29	69	95	94	100	100	100	100	100
2 ^a Faixa-teste	4	23	59	99	98	99	100	100	100	100
3 ^a Faixa-teste	3	13	71	94	99	100	100	100	100	100
4 ^a Faixa-teste	4	13	73	93	99	100	100	100	100	100

Figura 26 - Porcentagem de acertos para cada intervalo de *gap* em cada faixa-teste no gênero feminino (em %)

5.6.2 - Gênero masculino

Tabela 14 – Porcentagem de acertos para cada intervalo de *gap* em cada faixa-teste no gênero masculino (em %)

	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms
1 ^a Faixa- teste	5	32	69	97	94	100	100	100	100	100
2 ^a Faixa- teste	3	25	62	100	100	100	100	100	100	100
3 ^a Faixa- teste	4	19	75	96	99	100	100	100	100	100
4 ^a Faixa- teste	4	22	76	98	99	100	100	100	100	100

Figura 27 - Porcentagem de acertos para cada intervalo de *gap* em cada faixa-teste no gênero masculino (em %)

5.6.3 - Geral

Tabela 15 – Porcentagem de acertos para cada intervalo de *gap* em cada faixa-teste no geral (gênero masculino e feminino - em %)

	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms
1ª Faixa-teste	4	31	69	96	94	100	100	100	100	100
2ª Faixa-teste	4	24	61	99	99	100	100	100	100	100
3ª Faixa-teste	4	16	73	95	99	100	100	100	100	100
4ª Faixa-teste	4	18	74	95	99	100	100	100	100	100

Figura 28 - Porcentagem de acertos para cada intervalo de *gap* em cada faixa-teste no geral (gênero masculino e feminino - em %)

De acordo com as Tabelas 13, 14 e 15 e com as Figuras 26, 27 e 28, pôde-se notar que os desempenhos por intervalo de *gap* dos itens 5.6.1, 5.6.2 e 5.6.3 são muito semelhantes, revelando uma concordância entre os gêneros e entre as faixas-teste, dentro de cada intervalo de *gap*.

Para todas as faixas-teste, para ambos os gêneros e no desempenho geral, a porcentagem de acertos para o intervalo de *gap* de 2 ms foi sempre igual ou menor do que 5%. Para 3 ms, esta porcentagem já fica em torno de 10 a 30%. Em 4 ms, os acertos aumentam consideravelmente, chegando ao redor de 60 a 70%. Para intervalos de *gap* iguais ou maiores do que 5 ms, a porcentagem de acertos alcança 90% ou mais.

Na Tabela 16 e na Figura 29, não foram considerados os acertos em cada faixa-teste específica; foram representadas as porcentagens de acertos para todos os sujeitos, nas duas orelhas, de acordo com cada intervalo de *gap*. O desempenho por intervalo de *gap* observado neste caso segue o padrão descrito acima.

Figura 29 – Desempenho por intervalo de *gap* no geral (em %)

Tabela 16 – Média das porcentagens de acertos para cada intervalo de *gap*

Intervalo	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms
Média	4	22	69	96	97	100	100	100	100	100

5.6.4 - Por orelha

Tabela 17 – Porcentagem de acertos para cada intervalo de *gap* em cada orelha
(gênero masculino e feminino - em %)

	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms
OD	3,83	22,66	69	96,33	98,66	100
OE	3,58	21,5	69,58	96,5	98,83	100

Figura 30 – Desempenho por intervalo de *gap* em cada orelha (em %)

Na Tabela 17 e na Figura 30 somente foram considerados os acertos em cada orelha para todos os sujeitos, para os intervalos de *gap* de 2 a 8 ms. Pode-se notar que as porcentagens de acertos para estes intervalos de *gap* são semelhantes nas duas orelhas, não havendo prevalência de mais acertos em uma ou em outra orelha.

Obviamente, as porcentagens de acertos para ambas as orelhas também seguem o padrão descrito no item 5.6.3.

5.6.5 - Cálculo do desempenho por intervalo de *gap*

Dada a fórmula abaixo (He et al, 1999; Florentine et al, 1999), o desempenho por intervalo de *gap* típico para a detecção de *gaps* em ruído de banda larga pôde ser calculado.

$$P = \frac{\alpha + (1 - \alpha)}{1 + \exp^{-k(X - m)}}$$

Onde:

P – probabilidade de acertos em um dado intervalo de *gap*

α - taxa de falso-alarme (no caso, foi considerada zero, já que quase não existiram respostas deste tipo)

k – fator que define a curva da função (para este tipo de ruído, foi considerado 1,5 a 2,0, dependendo da dificuldade do *gap* – He et al, 1999)

X – variável independente (limiar do *gap* avaliado, em ms)

m – ponto da função que alcança 50% de acertos

Assim, foram calculadas as probabilidades de acertos para intervalos de *gap* de 2 a 8 ms:

2 ms	k = 1,5	5 ms	k = 2
$P = \frac{1}{1 + 20} = 4,76\%$		$P = \frac{1}{1 + 0,135} = 88,10\%$	
3 ms	k = 1,5	6 ms	k = 2
$P = \frac{1}{1 + 4,48} = 17,92\%$		$P = \frac{1}{1 + 0,018} = 98,23\%$	
4 ms	k = 2	8 ms	k = 2
$P = \frac{1}{1 + 1} = 50\%$		$P = \frac{1}{1 + 0,000335} = 99,98\%$	

Com base nestes cálculos, foi construída a curva de desempenho por intervalo de *gap* esperada para este teste, comparando-a com a curva de desempenho obtida pelos sujeitos avaliados (Figura 31).

Figura 31 – Desempenho por intervalo de *gap* calculado e real (em %)

Nota-se que as curvas seguem o mesmo padrão, se sobrepondo principalmente nos intervalos de *gap* de 2, 3, 6 e 8 ms. No meio da curva (em 4 e 5 ms) existe uma diferença, sendo que a curva de desempenho real alcançou mais acertos do que a curva de desempenho calculada.

No entanto, esta diferença pode ter uma influência do valor de m , que no caso foi considerado como 4 ms, mas poderia ser mais baixo, já que o ponto em que a função atinge 50% de acertos está entre 3 e 4 ms (na curva real). Porém, este intervalo de *gap* não existe no teste em questão e, portanto, não foi utilizado no cálculo empregado.

6 – DISCUSSÃO

O capítulo “Discussão” foi dividido em itens para facilitar o encerramento dos assuntos específicos tratados no trabalho. Inicialmente, foram feitas algumas considerações acerca do tema, no geral. Em seguida, os resultados, propriamente ditos, foram discutidos, também em tópicos. O item “Considerações finais” encerra este capítulo, com comentários pertinentes ao GIN, bem como com propostas para futuras pesquisas sobre resolução temporal.

6.1 – Considerações iniciais

A importância da estrutura temporal do som para o processamento auditivo é evidente, no que se refere à percepção da fala (Robin e Royer, 1987; Musiek et al, 2002), já que quase todos os sons variam ao longo do tempo (Moore, 1996).

Muitas características temporais do som são a base para a percepção da fala (Wright et al, 1997a; Buonomano e Karmarkar, 2002). Dentre elas, têm-se:

- a) a discriminação entre as consoantes surdas e sonoras, principalmente, as plosivas, que é delineada pelas diferenças entre os VOTs. Ex: /ba/ *versus* /pa/;
- b) a discriminação entre palavras semelhantes, que diferem apenas no seu arranjo sequencial das sílabas. Ex: sa-co *versus* co-ça;

- c) a percepção da duração de cada sílaba, bem como do intervalo de silêncio entre elas, que influencia diretamente o conteúdo da mensagem. Ex: “Não feche a porta!” *versus* “Não, feche a porta!” ou “em tão pouco tempo...” *versus* “então, pouco tempo...”;
- d) a percepção das pausas e da velocidade de fala, que fornecem pistas prosódicas relevantes para determinar o conteúdo semântico.

Embora todos estes processos sejam importantes, o enfoque está na escala temporal de poucos milissegundos, que é fundamental para a percepção de fala, principalmente, para a discriminação de consoantes surdas-sonoras e para percepção de intervalos de silêncio, bem como de sons transitórios muito breves (Phillips e Farmer, 1990).

Os VOTs mais curtos (até 30 ms) são percebidos como consoantes sonoras, enquanto os VOTs mais longos (de 30 a 60 ms) são percebidos como consoantes surdas (Lubert, 1981). As figuras 32 e 33 exemplificam estes diferentes VOTs.

Figura 32 – Espectrograma dos fonemas /f/ (quadro superior) e /v/ (quadro inferior). Note a diferença do início da sonorização entre os dois fonemas (o fonema /v/ tem início mais rápido).

Figura 33 – Espectrograma dos fonemas /p/ (quadro superior) e /b/ (quadro inferior). Note a diferença do início da sonorização entre os dois fonemas (o fonema /b/ tem início mais rápido).

O processamento auditivo destes eventos transitórios, ou seja, a habilidade auditiva requerida para segregar ou resolver estes eventos acústicos muito breves, caracteriza a resolução temporal (Giraudi-Perry et al, 1982; Irwin et al, 1985; Shinn, 2003).

A resolução temporal pode ser avaliada por um teste denominado detecção de *gap*, o qual resulta em um limiar de poucos milissegundos, que pode ser comparado com intervalos de silêncio presentes na fala normal (Phillips et al, 1997; Phillips et al, 1998; Schneider et al, 1998; Strouse et al, 1998).

Tallal et al (1993) ressaltaram a importância do processamento temporal para o desenvolvimento da fala e da leitura, e comentaram que crianças com alterações de fala poderiam ter dificuldades específicas no processamento auditivo rápido, as quais levariam à uma ruptura do sistema fonológico que, por sua vez, prejudicaria o aprendizado da fala e da leitura.

Desta forma, recursos que avaliem a resolução temporal são indispensáveis dentro da bateria de testes para a avaliação do processamento auditivo.

Assim, Musiek desenvolveu o teste GIN (*Gap in Noise*), um novo procedimento de detecção de *gap*, designado para medir a habilidade de resolução temporal nas populações clínicas (Musiek et al, 2004).

Para que possa ser utilizado na prática clínica, é necessário que critérios de normalidade para este teste sejam estabelecidos em ouvintes normais. Sendo assim, o estabelecimento de critérios de normalidade do teste GIN em adultos com audição normal foi o objetivo deste estudo.

A seguir, os resultados obtidos foram discutidos em itens, como forma de facilitar o entendimento de cada achado, segundo os tópicos do capítulo Resultados.

6.2 - Idade dos sujeitos

Para evitar qualquer influência de gênero, a amostra estudada foi dividida igualmente em grupos masculino e feminino.

Com o objetivo de parear os grupos masculino e feminino, analisou-se a faixa-etária de ambos e os resultados indicaram semelhança de idade entre os gêneros masculino (média 24,72 anos) e feminino (23,77 anos), já que não houve diferença significativa entre os grupos (Tabela 1).

Cabe ressaltar que a idade mínima dos sujeitos foi 18 anos e a idade máxima, aproximadamente, 31 anos, descartando assim, possíveis influências maturacionais da via auditiva (Bellis, 1996), bem como efeitos da presbiacusia (Musiek e Lamb, 1999).

6.3 - Comparação entre as orelhas

Esta comparação buscou verificar se existiu vantagem de uma orelha sobre a outra dentro de cada gênero e dentro de cada grupo.

Com relação ao gênero feminino dos dois grupos (G1F e G2F), os limiares mais baixos (melhores), com diferença estatisticamente significativa, foram obtidos para a orelha direita (faixa-teste 3) e para a orelha esquerda (faixa-teste 4) do grupo G1F. Além disso, a orelha direita de G1F na faixa-teste 1 apresentou uma tendência de melhores respostas (Tabela 2 e Figura 4).

O grupo G1F também apresentou mais acertos (estatisticamente significativa) para a orelha esquerda (faixa-teste 2) e para a orelha direita (faixa-teste 3), bem como tendência estatística de mais acertos para a orelha direita (faixa-teste 1) e para a orelha esquerda (faixa-teste 4) (Tabela 2 e Figura 5).

Se forem consideradas somente as orelhas, não avaliando as diferenças obtidas entre os grupos G1F e G2F, pode-se dizer que o gênero feminino não mostrou vantagem de uma orelha sobre a outra, já que ora os limiares e porcentagens foram melhores para a orelha direita, ora para a orelha esquerda.

Estes resultados não concordam com outros estudos da literatura, que apontam uma vantagem da orelha direita (hemisfério esquerdo) em tarefas de resolução temporal (Brown e Nicholls, 1997; Sulakhe et al, 2003). No entanto,

concordam com os trabalhos de Efron et al (1985) e Baker et al (2000), que não reportaram assimetria perceptual entre as orelhas para procedimentos de detecção de *gap*. Além disso, Baran e Musiek (1999) ressaltaram que testes monóticos são úteis para detectar alterações na via auditiva, mas não para localizar, uma vez que há a participação das vias ipsi e contralaterais, resultando em desempenho semelhante das orelhas direita e esquerda, nestes testes.

A única diferença aparente entre o gênero feminino dos grupo G1F e G2F foi a orelha de início do teste. O grupo G1F iniciou os testes pela orelha direita, enquanto o grupo G2F iniciou pela orelha esquerda. A explicação para a melhor *performance* do grupo G1F sobre o G2F poderia pautar-se na orelha de início do teste, ou seja, o grupo feminino que iniciou o teste pela orelha direita se saiu melhor que o grupo feminino que iniciou o teste pela orelha esquerda. Contudo, resultados semelhantes não foram descritos nos trabalhos pesquisados e esta hipótese seria uma especulação que merece investigações mais detalhadas.

O grupo masculino, dividido em G1M e G2M, não mostrou diferenças significantes para nenhuma das análises. Entretanto, se considerarmos somente as diferenças numéricas, verificamos que os limiares mais baixos foram obtidos para a orelha esquerda (faixa-teste 1) e para a orelha direita (faixa-teste 4) do grupo G2M, enquanto para as faixas-teste 2 e 3, os limiares foram iguais para as duas orelhas (G1M=G2M) (Tabela 3 e Figura 6). Já para as porcentagens de acertos, as melhores respostas foram para a orelha direita (faixas-teste 1 e 3) e para a orelha esquerda (faixas-teste 2 e 4) para o grupo G1M, em todos os casos (Tabela 3 e Figura 7).

Novamente, se forem desconsiderados os grupos e o enfoque ficar somente sobre as orelhas, nota-se que o gênero masculino também não apresentou vantagem de orelha, uma vez que houve um balanceamento de melhores resultados entre as orelhas direita e esquerda. A ausência de vantagem da orelha direita sobre a esquerda no grupo masculino, assim como ocorreu no feminino, mais uma vez discorda dos estudos de Brown e Nicholls (1997) e de Sulakhe et al (2003), porém concorda com Efron et al (1985) e Baker et al (2000).

De acordo com os resultados dos limiares, não houve um predomínio de melhor *performance* de um grupo sobre outro. Contudo, as porcentagens de acertos revelaram um desempenho levemente melhor para o grupo G1M, embora sem diferença estatística.

Se avaliarmos somente os valores percentuais de acertos, o grupo que se saiu melhor foi o G1M, isto é, o grupo que iniciou o teste pela orelha direita, semelhante ao que ocorreu com o gênero feminino.

Em resumo, tanto para o gênero masculino quanto para o feminino, não houve vantagem de uma orelha sobre a outra. Além disso, a melhor *performance* de um grupo sobre outro em algumas comparações (grupos G1F e G1M, que iniciaram o teste pela orelha direita) não pôde ser explicada com base em estudos pregressos, sendo necessárias investigações futuras sobre este aspecto.

Uma outra comparação entre orelhas direita e esquerda foi feita dentro de cada um dos grupos. Nenhum dos quatro grupos (G1F, G2F, G1M e G2M) mostrou diferenças estatisticamente significantes para as comparações entre orelha direita e esquerda, sugerindo que os limiares de *gap* e as porcentagens de acertos foram semelhantes para ambas as orelhas. Contudo, uma análise descritiva dos resultados foi realizada, para traçar um panorama geral de cada grupo.

O grupo G1F obteve melhores limiares para a orelha direita na faixa-teste 1, comparada com a orelha esquerda (faixa-teste 2), e limiares iguais entre orelha direita e esquerda, nas faixas-teste 3 e 4. Quanto às porcentagens de acertos, a orelha direita mostrou resultados melhores que a orelha esquerda nas faixas-teste 1 e 3, comparadas com as faixas-teste 2 e 4. Neste caso, pode-se considerar que, embora sem diferença significativa, o grupo G1F apresentou respostas levemente melhores para a orelha direita (Tabela 4, Figuras 8 e 9).

Já o grupo G2F teve respostas melhores tanto para a orelha direita quanto para a orelha esquerda. Os limiares da orelha esquerda foram mais baixos que da orelha direita na faixa-teste 1, comparada com a faixa-teste 2, e iguais entre as orelhas direita e esquerda nas faixas-teste 3 e 4. Com relação às porcentagens de acertos, a orelha esquerda também foi melhor que a direita na faixa-teste 1, mas a orelha direita foi melhor do que a esquerda na faixa-teste 4, comparada com a faixa-teste 3 (Tabela 5, Figuras 10 e 11).

Assim, o grupo G2F não revelou vantagem de uma orelha sobre a outra. Porém, como ocorreu com o grupo G1F, os melhores limiares foram obtidos na primeira orelha testada que, no caso de G2F, foi a orelha esquerda.

O grupo G1M, semelhante ao grupo G1F, apresentou melhores limiares para a orelha direita nas faixas-teste 1 e 3 (comparadas com 2 e 4) e melhores porcentagens também para a faixa-teste 1, com relação à faixa-teste 2. Porém, a orelha esquerda teve melhores porcentagens de acertos que a direita, comparando-se as faixas-teste 4 com a 3, mas a diferença para esta análise foi muito pequena, uma vez que o p-valor não foi significativo (0,815). Para este grupo G1M, podemos considerar que existiu uma leve vantagem da orelha direita sobre a esquerda (Tabela 6 e Figuras 12 e 13).

Por fim, o grupo G2M mostrou resultados muito semelhantes ao grupo G2F. Houve uma divisão entre as melhores respostas para as orelhas direita e esquerda, com limiares mais baixos para a orelha esquerda do que para a direita (faixa-teste 1 *versus* 2) e limiares iguais entre direita e esquerda nas faixas-teste 3 e 4. As porcentagens de acertos também foram melhores para a orelha esquerda na faixa-teste 1, comparada com a 2, mas a orelha direita foi melhor do que a esquerda na faixa-teste 4, comparada com a 3. Somente neste grupo houve uma diferença que tendeu a ser estatisticamente significativa para a comparação de limiares entre as faixas-teste 1 e 2, com melhores respostas para a orelha esquerda (Tabela 7).

Como para o grupo G2F, o grupo G2M não apresentou vantagem de orelha. Entretanto, os melhores limiares e as maiores porcentagens de acertos foram verificados na primeira orelha testada, a orelha esquerda (Figuras 14 e 15).

Analisando os resultados da comparação entre as orelhas dentro de cada grupo, conclui-se que os dados são muito semelhantes para os grupos G1F e G1M e para os grupos G2F e G2M. No geral, as melhores *performances* foram obtidas para as orelhas de início dos testes, ou seja, para a orelha direita nos grupos G1F e G1M e para a orelha esquerda nos grupos G2F e G2M, embora nenhuma das análises tenha revelado diferenças estatisticamente significantes.

Achados semelhantes não foram encontrados na literatura. Pelo contrário, costuma-se esperar que a *performance* melhore na segunda orelha testada, como ocorre em alguns outros procedimentos audiológicos (por exemplo, na avaliação de fala com ruído – Schochat e Pereira, 1997), ou que a orelha melhor seja a direita, pela vantagem do hemisfério esquerdo para tarefas auditivas temporais, como já comentado (Brown e Nicholls, 1997; Sulakhe et al, 2003).

Embora as diferenças descritas entre as orelhas sejam pequenas e sem significância estatística, o padrão obtido, tanto para o gênero masculino quanto para o feminino, merece atenção, no que diz respeito às melhores respostas referentes à primeira orelha testada.

Deve-se ressaltar, também, que o teste GIN completo (incluindo a faixa-treino) dura cerca de 32 minutos, sendo que cada faixa-teste dura, em média, de 6 a 8 minutos. A pequena diminuição do desempenho nas faixas-teste subsequentes em relação à faixa-teste 1 pode ser causada, em parte, pelo cansaço. Este aspecto será discutido com mais detalhes no item 6.5 da Discussão.

6.4 - Comparação entre os gêneros

Cada uma das orelhas foi comparada entre os gêneros masculino e feminino.

Para a orelha esquerda, somente para a faixa-teste 3, houve diferença estatisticamente significativa, com o grupo masculino apresentando maior porcentagem de acertos que o feminino. Também para a faixa-teste 3, o grupo masculino mostrou uma tendência estatística de melhores limiares que o grupo feminino (Tabela 8). Já para a orelha direita, na comparação entre os gêneros, não houve diferença estatisticamente significativa em nenhuma das comparações, embora os limiares e as porcentagens de acertos do grupo masculino tendessem a uma melhor resposta na faixa-teste 4 (Tabela 9).

Contudo, em uma análise geral da comparação entre os gêneros, para a orelha esquerda, observou-se que houve um equilíbrio entre as melhores respostas para o grupo masculino ou para o feminino. No que se refere aos limiares, o grupo masculino se saiu melhor nas faixas-teste 1 e 3 e o grupo feminino foi melhor nas faixas-teste 2 e 4. Quanto às porcentagens de acertos, as *performances* se

assemelharam às obtidas para os gêneros masculino e feminino nos limiares de *gap* (Figuras 16 e 17). A orelha direita também apresentou equilíbrio entre a *performance* dos grupos masculino e feminino. O feminino desempenhou-se melhor quanto aos limiares de *gap* na faixa-teste 1 e nas porcentagens de acertos das faixas-teste 1 e 3. O masculino mostrou-se melhor para os limiares das faixas-teste 2 e 4 e para as porcentagens de acertos das faixas-teste 2 e 4 (Figuras 18 e 19).

Avaliando-se os resultados obtidos na comparação entre os gêneros, para as orelhas esquerda e direita, pode-se concluir que, no geral, não existe diferença entre os gêneros para tarefas de detecção de *gap*, conforme já reportado por Lotze et al (1999).

Contudo, não devemos ignorar as respostas melhores (com diferença estatisticamente significativa ou com tendência a diferença significativa) que o grupo masculino apresentou em algumas das faixas-teste, tanto para a orelha direita quanto para a orelha esquerda. Este fato poderia sugerir que o desempenho do gênero masculino é levemente superior ao feminino em processos que exijam habilidade auditiva de resolução temporal.

A maioria dos trabalhos sobre o assunto não analisa os limiares de detecção de *gap*, separadamente, para cada gênero (ex.: Snell e Hu, 1999; Hall e Grose, 1997; Phillips et al, 1997; Rupp et al, 2002; He et al, 1999; entre outros) e, assim, possíveis diferenças entre os grupos não apareceriam.

Kelso et al (2000), no entanto, verificaram uma pequena superioridade do gênero masculino sobre o feminino em um teste de detecção de *gap* (de acordo com o tempo de resposta). Conforme a dificuldade da tarefa aumentava (tempo do *gap* diminuía), o tempo de reação do gênero feminino foi afetado, mas isto não aconteceu com o masculino. O efeito do tempo do *gap*, na *performance* do grupo feminino, sugeriu que a escala de ótimo desempenho seria menor e que pequenas variações na dificuldade causariam mudanças significativas no tempo requerido para tomada de decisão. Em contraste, a ausência de um efeito da duração do *gap* no tempo de reação do gênero masculino sugeriu que a escala de ótimo desempenho seria maior neste grupo. Entretanto, *gaps* de 6, 8 e 10 ms mostraram assimetria entre as orelhas (com melhores respostas para a orelha direita) semelhante para os dois gêneros, enquanto para *gaps* de 4 ms, a vantagem da orelha direita foi significativa somente para o grupo masculino e, para *gaps* de 2 ms, a vantagem foi significativa somente para o grupo feminino.

Os autores acima referidos não explicaram o por quê destes resultados e, uma vez que no presente estudo não houve diferenças consistentes entre os gêneros, estes dados devem ser analisados com cautela.

No entanto, Kelso et al (2000) referiram que a exposição pré-natal à testosterona pode ter um impacto significativo na estrutura e função encefálica, especialmente em relação à lateralização. A exposição a altos níveis de testosterona retarda o desenvolvimento do hemisfério esquerdo e acelera o desenvolvimento do hemisfério direito e este fato poderia levar à mudança das funções do hemisfério

esquerdo de linguagem e especialização manual, para o direito. Este processo explicaria a grande prevalência de homens canhotos e de homens ggos e disléxicos.

A influência hormonal no desenvolvimento do encéfalo poderia estar relacionada com a leve vantagem do gênero masculino sobre o feminino em tarefas de processamento temporal. Todavia, futuras pesquisas sobre esta questão são necessárias, a fim de esclarecer se existe ou não uma influência do gênero sobre esta habilidade auditiva.

6.5 - Comparação entre as faixas-teste

Esta análise foi realizada com o intuito de verificar se existiu um efeito de aprendizagem ou de cansaço entre uma faixa-teste e outra. Além disto, já que o GIN dura cerca de 32 minutos, que é um tempo relativamente longo para um teste de processamento auditivo, buscou-se avaliar se somente a utilização das duas primeiras faixas-teste na prática clínica alteraria os resultados obtidos.

Tanto no gênero masculino quanto no gênero feminino, as melhores *performances* foram verificadas na faixa-teste 1 (para limiares de *gap* e porcentagens de acertos) (Figuras 20, 21, 22 e 23). Entretanto, em ambos os gêneros, não se observou diferenças estatisticamente significantes entre as faixas-teste (Tabelas 10 e 11). Este fato indicou que não houve efeito de cansaço nem efeito de aprendizagem que influenciassem os resultados.

Desta forma, pode-se concluir que a utilização de apenas duas faixas, para a avaliação da resolução temporal, não prejudicaria os resultados obtidos e diminuiria o tempo do teste de forma significativa, isto é, pela metade (aproximadamente 16 minutos).

Embora no gênero feminino tenha havido uma tendência estatística de melhores limiares para a faixa-teste 1, em relação à faixa-teste 3, este padrão não foi observado para outras faixas-teste e nem para o gênero masculino (Tabela 10).

Além disto, tanto os limiares quanto as porcentagens de acertos foram muito similares para todas as faixas-teste, bem como para ambos os gêneros. As médias dos limiares ficaram em torno de 3,86 – 4,10 ms, enquanto as médias de porcentagens foram de 78,03 – 79,9%. As medianas também ficaram muito próximas às médias, para todas as comparações, indicando que o desempenho dos grupos apresentou um padrão de distribuição normal, ou seja, sem grandes variações (Tabelas 10 e 11).

Como o teste GIN é inédito e o presente estudo é pioneiro no estabelecimento de critérios de normalidade para este teste, no Brasil, achados semelhantes não foram encontrados na literatura e, por isto, comparações no que se refere ao desempenho por faixa-teste não puderam ser estabelecidas.

6.6 - Análise dos limiares de *gap* e das porcentagens de acertos – Intervalo de confiança

Esta análise foi feita incluindo os resultados dos 100 sujeitos e de ambas as orelhas em cada uma das faixas-teste.

Já que nas comparações anteriores entre orelhas e entre gêneros não foram verificadas diferenças contundentes em nenhum dos casos, pode-se então supor que fatores como gênero e diferença de orelhas não tiveram efeitos relevantes sobre esta análise.

O intervalo de confiança obtido com os dados dos 100 sujeitos poderá servir como parâmetro de normalidade para a futura aplicação clínica do GIN (Figuras 24 e 25).

Como já comentado nos resultados, pode-se verificar pelas Figuras 24 e 25 que a variabilidade das médias de limiares e das porcentagens de acertos é muito pequena quando comparadas as quatro faixas-teste.

Novamente, para esta análise, observou-se que as respostas na faixa-teste 1 foram levemente melhores que as respostas das faixas-teste subsequentes, nas quais nota-se quase um *plateau* entre as *performances* das três faixas-teste (Tabela 12 e Figuras 24 e 25).

O intervalo de confiança para cada uma das faixas-teste poderá ser utilizado como um guia. Assim, espera-se que adultos sem alterações na resolução temporal se enquadrem dentro deste intervalo de respostas, em cada uma das faixas-teste.

Se forem obtidas as médias de desempenho para as quatro faixas-teste, têm-se os seguintes valores: 3,98 ms (média dos limiares de detecção de *gap*) e 78,89% (média das porcentagens de acertos).

Esta média de aproximadamente 4 ms para os limiares de detecção de *gap* é semelhante a alguns trabalhos prévios (Florentine e Buus, 1984; He et al, 1999), mas difere de outros (Phillips et al, 1997; Lister et al, 2000). No entanto, esta diferença observada entre os limiares obtidos no presente trabalho e em outros descritos na literatura, provavelmente é consequência de diferentes parâmetros empregados em cada um dos procedimentos (Phillips et al, 1997; Schneider e Hamstra, 1999; Syka et al, 2002).

Inicialmente, deve-se comentar que o teste GIN constitui um paradigma “intra-canal”, já que, embora o ruído branco excite muitos canais de diferentes frequências no sistema auditivo, o *gap* ocorre simultaneamente em todos os canais (Moore, 1996) e, portanto, a operação temporal executada é a detecção de descontinuidade que atinge todos os canais perceptuais (neurais) ativados pelo som (Phillips et al, 1998).

O paradigma “intra-canal” determina limiares de *gap* melhores que marcadores de frequências diferentes (paradigma “intercanais”) (Phillips et al, 1998; Phillips e Hall, 2000; Grose et al, 2001; Heinrich et al, 2004).

Por exemplo, o estudo de Phillips et al (1997), bem como, o de Lister et al (2000) obtiveram limiares de *gap* próximos a 5ms para o paradigma “intra-canal” (com ruído de banda estreita centrado em 2 KHz nos dois marcadores) e próximos a 40 ms para o paradigma “intercanais”(marcadores formados por ruídos de banda estreita centrados em diferentes frequências).

Mesmo os melhores limiares (paradigma “intra-canal”) obtidos pelos autores citados acima não alcançam a média dos limiares do presente trabalho (paradigma “intra-canal”), que é mais baixa. Este fato pode ser explicado pelo tipo de ruído empregado.

Os ruídos de banda estreita possuem espectro altamente flutuante, enquanto o ruído de banda larga possui flutuações mais suaves (Moore, 1993; Hall e Grose, 1997), o que resultaria em limiares de *gap* melhores, como é o caso da presente pesquisa.

Além disto, os limiares de *gap* melhores obtidos com ruído de banda larga refletem o uso da informação das regiões de alta frequência do espectro, já que os limiares de *gap* para frequências mais altas são melhores que os limiares para

freqüências mais baixas (Giraudi et al, 1980; Florentine e Buus, 1984; Ison et al, 1991; Leitner et al, 1993; Moore, 1993; Syka et al, 2002).

Estes dois fatores (flutuação presente nos ruídos e uso da informação das freqüências mais altas no ruído de banda larga) explicariam o melhor limiar obtido no presente estudo, quando comparado aos estudos de Phillips et al (1997) e Lister et al (2000).

Alguns autores referiram que os limiares esperados para *gaps* introduzidos em ruído branco, como é o caso deste estudo, giram em torno de 2 a 3 ms (Moore, 1996; He et al, 1999; Wiegube e Krumbholz, 1999; Syka et al, 2002).

Desta forma, se tomarmos estes valores (2 – 3 ms) como base, então a média de limiares deste trabalho (3,8 ms) estaria um pouco elevada. No entanto, existem outros parâmetros que podem ser variados nos marcadores e que determinariam resultados diversos.

A intensidade dos marcadores influencia os limiares de *gap* resultantes. Conforme a intensidade do marcador diminui, o limiar aumenta (Giraudi et al, 1980; Florentine e Buus, 1984; Robin e Royer, 1987). Para ruídos de banda larga, o limiar de *gap* aumenta em níveis de estimulação mais baixos (próximos do limiar absoluto), mas se mantém relativamente constante para intensidades acima de 30 dB NS (Moore, 1996).

Como o presente estudo utilizou uma intensidade acima de 30 dB NS (ou seja, 50 dB NS) e como a maioria dos trabalhos comentados também aplicou intensidades acima de 30 dB NS, pode-se concluir que a intensidade dos marcadores não é a causa da pequena diferença observada entre os limiares de *gap*.

A duração dos marcadores e/ou a posição dos *gaps* dentro dos marcadores é outro parâmetro que pode afetar os limiares de *gap*.

O Quadro 1, no Capítulo – Revisão da Literatura, ilustrou a grande variedade de duração dos marcadores que podem ser aplicados em testes de detecção de *gap*.

Embora não exista consenso entre os diversos estudos, sabe-se que a duração dos marcadores pode influenciar os limiares de detecção de *gap* (Rammsayer e Leutner, 1996; He et al, 1999). Este fato pode ser um dos motivos pelos quais os limiares da presente investigação diferiram de outras.

Com relação à posição do *gap*, muitos autores costumavam posicioná-lo no meio dos marcadores. Entretanto, a colocação randômica dos *gaps* dentro dos marcadores buscou aproximar os testes de *gap* de uma estrutura temporal semelhante à da fala, na qual os intervalos de silêncio ocorrem em diferentes posições na fala contínua (Phillips et al, 1997; Eggermont, 1997; He et al, 1999).

O GIN foi projetado desta maneira, colocando os diversos intervalos de silêncio de forma randômica.

Sabe-se que existe uma diferença no desempenho dos sujeitos para testes de *gap* que o posicionam em condições fixas ou em condições randômicas. He et al (1999) compararam as duas condições de teste com parâmetros de estímulos semelhantes em sujeitos jovens e idosos. Na primeira condição, o *gap* foi fixado em 5%, 50% ou 95% da duração total do estímulo de 400 ms. Na segunda condição, o *gap* foi posicionado randomicamente em cinco valores: 5%, 27,5%, 50%, 72,5% e 95% da duração total do ruído de 400 ms. Quando o *gap* estava centrado no ruído (50%), o limiar de detecção do *gap* foi independente da incerteza da sua localização para jovens e idosos (jovens: 3,46 e 3,27 ms; idosos: 3,57 e 3,23 ms). Quando o *gap* estava localizado fora da posição de centro para os dois extremos (5% e 95%), a *performance* diminuiu em ambas as condições. Na condição fixada, os jovens tiveram 4,21 ms (5%) e 3,57 ms (95%) e os idosos 5,07 ms (5%) e 4,80 ms (95%). Já na condição randômica, os limiares foram piores: 5,03 ms (5%) e 4,41 ms (95%) para os jovens e 7,40 ms (5%) e 12,35 ms (95%) para os idosos. A análise dos *gaps* nas posições 27,5% e 72,5% foram semelhantes à posição de 50% na condição randômica.

Os autores concluíram que os limiares de *gap* foram afetados pelo posicionamento randômico dos *gaps*, tanto em jovens quanto em idosos, mas que o efeito foi mais acentuado para os indivíduos idosos. Além disto, He et al (1999) comentaram que os limiares obtidos com *gaps* localizados no centro do estímulo não prediriam adequadamente o reconhecimento de fala, especialmente, para idosos, já

que a estrutura temporal de um teste deste tipo não condiz com a estrutura temporal da fala, onde a posição dos intervalos de silêncio é mais randômica.

Se considerarmos as médias de limiares obtidas pelos jovens no estudo de He et al (1999), em todas as posições de *gap*, na condição randômica, têm-se: 3,27 ms (50%); 5,03 ms (5%); 4,41 ms (95%); 3,53 ms (27,5%) e 3,58 ms (72,5%). A média destes limiares é 3,96 ms.

Esta média é muito semelhante à obtida no presente estudo, que é 3,98 ms. Uma vez que o estudo de He et al (1999) empregou o ruído de banda larga, com filtro passa-baixo em 5 KHz, podemos considerar que o estímulo teve efeito semelhante ao ruído branco utilizado na presente pesquisa.

Além disto, observando-se o Anexo D, nota-se que a posição dos *gaps* no GIN varia entre 500 ms e 5492 ms. Pode-se dividir a posição dos *gaps* em intervalos: 500 – 900 ms (8 a 15% da duração total do estímulo); 1000 – 2100 ms (16 a 35% da duração total do estímulo); 2160 – 4500 ms (36 a 75% da duração total do estímulo); e 4560 – 5492 ms (76 a 92% da duração total do estímulo). Desta forma, verifica-se que a condição randômica utilizada por He et al (1999) é similar à do GIN, embora a variação do posicionamento dos *gaps* no GIN seja muito maior.

Sendo assim, estes dados sugerem que a média dos limiares de *gap*, obtida no presente estudo, reflete principalmente a condição randômica de posicionamento dos *gaps*, assemelhando-se à média de limiares constatada por He et al (1999).

Outro parâmetro que pode afetar os limiares de detecção de *gap* é o tempo de surgimento do sinal (*rise*) e o tempo de declínio do sinal (*fall*).

O GIN apresenta como estímulo, ruído branco, interrompido abruptamente nos momentos de introdução dos *gaps*, sem que haja a necessidade de manipular o tempo de surgimento ou declínio do sinal. Este aspecto não tem efeito sobre os limiares de *gap*, uma vez que o ruído branco mantém sua magnitude do espectro, mesmo quando interrompido bruscamente (Irwin et al, 1985; Moore, 1996; Brown e Nicholls, 1997; Oxenham, 2000).

Por outro lado, outros tipos de estímulos como tons puros e ruídos de banda estreita, quando interrompidos pelo *gap*, provocam uma agitação espectral que influencia nos limiares de *gap*, se não houver manipulação do tempo de início do estímulo, tornando-o mais lento após o *gap*, ou presença de ruído mascarante (Robin e Royer, 1987; Phillips, 1988; Schneider e Hamstra, 1999).

As pistas espectrais, nestes casos, confundem-se com a detecção do *gap* (pista temporal), não fornecendo uma real avaliação da resolução temporal. Além disto, a utilização de ruído para mascarar as pistas espectrais também afeta os limiares de *gap*, que aumentam e não podem ser tomados como uma medida direta da resolução temporal (Moore, 1996).

Sendo assim, como proposto por Moore (1996), o melhor estímulo a ser utilizado para avaliação da habilidade de resolução temporal é o ruído branco, que é o mesmo empregado pelo GIN.

6.7 – Desempenho por intervalo de *gap*

Com base no número de acertos por intervalo de *gap* em todas as faixas-teste, foi construída a curva de desempenho por intervalo de *gap* dos sujeitos deste estudo.

Esta curva de desempenho por intervalo de *gap* é denominada, por alguns autores (He et al, 1999; Florentine et al, 1999), de “função psicométrica”, porém optou-se por não utilizar este termo, uma vez que o mesmo exige a avaliação de um número muito grande de indivíduos.

O objetivo de determinar uma curva de desempenho por intervalo de *gap* é assegurar uma alta precisão (ou uma baixa variabilidade) nas medidas dos limiares de detecção de *gap*. No entanto, as curvas de desempenho por intervalo de *gap* não garantem consenso entre todos os estudos, em função da variabilidade de parâmetros que podem afetar os limiares de *gap* (He et al, 1999).

Contudo, uma vez que muitos aspectos são semelhantes entre o GIN e o teste empregado por He et al (1999), inclusive a média de limiares obtida nos indivíduos jovens, utilizaremos posteriormente a curva de desempenho por intervalo de *gap* deste trabalho para efeito de comparação com o GIN.

Inicialmente, foram obtidas curvas de desempenho para cada intervalo de *gap* em cada faixa-teste para ambos os gêneros (Figuras 26 e 27) e, finalmente, uma curva de desempenho geral (Figura 28), ou seja, incluindo os 100 sujeitos.

Esta comparação nestas três condições da porcentagem de acertos em cada uma das faixas-teste revelou que as curvas foram muito semelhantes, sugerindo uma concordância entre as quatro faixas-teste e entre os dois gêneros.

Em todas as condições, a porcentagem de acertos para o *gap* de 2 ms foi sempre igual ou menor do que 5%. Para o intervalo de 3 ms, a porcentagem passou para 10 a 30%. Já em 4 ms, os acertos aumentaram consideravelmente chegando ao redor de 60 a 70%, que reflete as médias de limiares obtidas no GIN. Vale lembrar que os limiares foram determinados em cada uma das faixas-teste como sendo o menor *gap* percebido pelo sujeito, em pelo menos 50% das vezes em que foi apresentado. Desta forma, fica claro que para o *gap* de 4 ms, que foi considerado como limiar médio do GIN, graças aos resultados obtidos, o desempenho precisa, necessariamente, alcançar 50% ou mais acertos.

Por fim, para os intervalos de *gap* iguais ou maiores que 5 ms, a porcentagem de acertos alcançou sempre 90% ou mais.

Em seguida, a Figura 29 representou o desempenho geral por intervalo de *gap*, englobando os acertos das quatro faixas-teste, das duas orelhas e de ambos os

gêneros. Obviamente, o padrão da curva do desempenho geral por intervalo de *gap* segue a regra descrita acima.

No caso do desempenho por intervalo de *gap* obtido em cada orelha (Figura 30), só foram considerados os intervalos de *gap* entre 2 e 8 ms, pois a partir de 8 ms, todos os intervalos nas duas orelhas tiveram 100% de acertos.

Nota-se pela Figura 30, que as curvas da orelha direita e esquerda se sobrepõem, sugerindo resultados semelhantes nas duas orelhas, como já comentado.

Todas as curvas descritas acima foram representadas para evidenciar a concordância entre as quatro faixas-teste, entre as duas orelhas e entre os gêneros.

Sendo assim, estes dados indicam que o teste GIN apresentou pouca variabilidade entre os sujeitos avaliados. Espera-se pois que os pacientes futuramente testados com esta ferramenta de avaliação obtenham resultados consistentes com os do presente trabalho, caso não possuam alterações na resolução temporal.

Como já comentado, a curva de desempenho por intervalo de *gap* busca assegurar uma baixa variabilidade nas medidas dos limiares de detecção de *gap* (He et al, 1999).

Conforme a Figura 31, que compara o cálculo do desempenho por intervalo de *gap*, para testes de detecção de *gap* com estímulos de ruído de banda larga (He et

al, 1999; Florentine et al, 1999), com o desempenho por intervalo de *gap* obtido pelos sujeitos da presente pesquisa, observa-se que as curvas são bastante semelhantes, sugerindo que o padrão do desempenho por intervalo de *gap* dos 100 sujeitos está dentro do esperado para estudos que empregam este tipo de estímulo.

Além disto, os referidos desempenhos por intervalo de *gap* são comparáveis com os estudos de Florentine et al (1999) e de He et al (1999), fornecendo maior confiabilidade para os dados aqui descritos. No caso destes dois trabalhos, a porcentagem de acertos tipicamente aumentou de 20% para 80% em aproximadamente 2 ms de diferença na duração dos *gaps*.

Este fato também foi observado neste estudo, já que os 100 sujeitos apresentaram 22% de acertos em 3 ms e 96% de acertos em 5ms. Estes dados sugerem que não só o padrão das respostas está dentro do esperado como também que para os *gaps* de 4 e 5 ms houve uma *performance* melhor do que prevista pelo cálculo do desempenho por intervalo de *gap*.

Apesar da similaridade entre estes três estudos, cabe ressaltar que a forma de resposta do GIN difere da empregada nos dois estudos prévios. A forma de resposta usada nos trabalhos de He et al (1999) e de Florentine et al (1999) foi o procedimento “sim ou não”.

Este procedimento é comumente utilizado em estudos desta natureza (He et al, 1999; Florentine et al, 1999; Sulakhe et al, 2003), no qual o indivíduo deve responder se, para um determinado estímulo, existe ou não o *gap*.

Outro paradigma usado é a escolha forçada entre dois estímulos (2AFC: *two-alternative forced-choice*), onde o sujeito deve escolher um dos dois estímulos apresentados que contém o *gap* (Strouse et al, 1998; Phillips et al, 2000; Snell e Frisina, 2000) ou o paradigma de escolha forçada entre três estímulos (3AFC: *three-alternative forced-choice*), no qual a tarefa é escolher um entre três estímulos que contém o *gap* (Grose et al, 1993; Grose et al, 1999; Grose et al, 2001).

Com exceção do paradigma 3 AFC, os outros dois procedimentos oferecem duas opções e o sujeito tem 50% de chance de escolher a certa ou a errada. Embora todos estes autores tentem se cercar de cuidados para que nada interfira nos resultados, deve-se considerar que existe uma maior probabilidade de falsas-respostas nestes procedimentos, já que o indivíduo que está sendo submetido à avaliação pode arriscar.

Justamente por este motivo, o teste GIN visa diminuir o número de respostas erradas por meio de um novo método de respostas. Dentro de cada estímulo de 6 segundos, a combinação de possibilidades é enorme, já que podem existir um, dois, três ou nenhum *gap*. Além disto, a chance de uma resposta errada ser considerada como certa é bastante pequena, uma vez que a resposta dada pelo sujeito tem que coincidir “temporalmente” com a ocorrência do *gap*. Antes do início da avaliação, o

sujeito é informado sobre tudo isso e já espera a apresentação randômica dos *gaps*. Esta consistência das respostas pôde ser observada pela quantidade pequena de falsos-positivos verificada no teste. Dos 100 sujeitos, apenas sete mostraram falsos-positivos, sendo que seis deles apresentaram apenas um falso-positivo nas quatro faixas-teste e um apresentou dois falsos-positivos. Se considerarmos que há 240 intervalos de *gap* durante a avaliação, então podemos concluir que o número de falsos-positivos é realmente pequeno.

6.8 – Considerações finais

Após a discussão dos resultados propriamente ditos, alguns outros tópicos merecem ser abordados com relação ao GIN.

Moore (2002) referiu que a maturação da via auditiva atinge características semelhantes às dos adultos por volta de 11 a 12 anos de idade.

Alguns autores descreveram que a *performance* de crianças em testes que avaliam a resolução temporal alcança padrões de adultos por volta de 9 anos (McCroskey e Kidder, 1980); 10 anos (Grose et al, 1993) ou 12 anos (Irwin et al, 1985).

Sendo assim, espera-se que crianças, pelo menos com 12 anos ou mais, tenham um desempenho próximo do descrito no presente trabalho, para o GIN.

Contudo, fica evidente que a pesquisa destes critérios de normalidade para faixas-etárias abaixo de 18 anos é necessária, para confirmar esta hipótese.

A plasticidade da via auditiva é altamente afetada pela experiência sensorial e, por isso, a organização funcional do córtex auditivo é influenciada pelas propriedades acústicas dos fonemas nas diversas línguas (Salmelin et al, 1999). Deste modo, podemos supor que os limiares de detecção de *gap* encontrados para o GIN, na amostra brasileira aqui estudada, podem diferir dos limiares obtidos em populações de outros países, refletindo as diferenças da estrutura temporal de cada língua. Este fato também pode explicar as diferenças entre os valores registrados neste trabalho e outros trabalhos descritos na literatura, mesmo com parâmetros de estímulos similares aos do GIN, já que foram aplicados em populações que falam outras línguas.

De fato, os resultados preliminares de um estudo feito com o GIN (Musiek e Weihing¹), em norte-americanos com audição normal (n=50), mostram limiares levemente maiores para os americanos, em relação aos brasileiros aqui avaliados. O referido estudo obteve uma média de limiares de 4,9 ms para a orelha direita e de 4,84 para a orelha esquerda dos americanos. A diferença entre os resultados descritos acima e os resultados do presente estudo pode refletir uma diferença entre a estrutura temporal do inglês e do português, uma vez que o teste é exatamente o mesmo.

¹ Musiek FE, Weihing JA (University of Connecticut) - Comunicação pessoal feita por *e-mail* em junho de 2004 (cópia do *e-mail* no Anexo H).

O GIN está sendo aplicado nos Estados Unidos e na Inglaterra, porém os resultados definitivos com os critérios de normalidade para estas populações ainda não estão prontos. Discussões mais específicas com relação às diferenças e semelhanças dos resultados entre Brasil, Inglaterra e Estados Unidos só serão possíveis, posteriormente, quando estarão disponíveis estes dados.

Um dos objetivos da avaliação do processamento auditivo é a detecção de quais mecanismos (habilidades) podem estar comprometidos em um indivíduo. Se nada pudesse ser feito com esta informação, de que existe alteração em determinadas habilidades auditivas, a avaliação do processamento auditivo não teria muito sentido. Desta forma, a maior contribuição deste tipo de avaliação é justamente a determinação de quais habilidades estão comprometidas, para que possam, então, ser reestabelecidas por meio de um treinamento auditivo específico. Dentre estas habilidades, a resolução temporal também pode ser treinada, visando a melhora desta capacidade auditiva.

Este fato tem suporte nos estudos sobre plasticidade compensatória resultante de lesões / disfunções do sistema auditivo (Buonomano e Merzenich, 1998; Musiek et al, 2002; Zhang et al, 2002), bem como nos estudos sobre treinamento auditivo (plasticidade decorrente do aprendizado), que resulta em mudanças comportamentais e eletrofisiológicas, refletindo uma aprendizagem auditiva que melhora as habilidades auditivas treinadas, incluindo a resolução temporal (Wright et al, 1997a; Temple et al, 2000; Musiek et al, 2002; Karmarkar e Buonomano, 2003).

Por isso, fica evidente que, se uma alteração foi detectada em testes que avaliam a resolução temporal, um treinamento auditivo desta habilidade deve ser realizado, buscando a adequação desta capacidade auditiva, que poderá ser observada tanto na avaliação formal quanto no desempenho de linguagem, como demonstrado por Temple et al (2000).

Alguns estudos mostraram que os limiares de detecção de *gap* em indivíduos com perdas auditivas neurossensoriais estariam afetados dependendo do nível de intensidade do estímulo (Giraudi-Perry et al, 1982; Florentine e Buus, 1984; Nelson e Thomas, 1997).

Por este motivo, deve-se ter um cuidado especial na aplicação de testes de *gap* em sujeitos com perdas auditivas. Acredita-se que a resolução temporal para indivíduos com perda auditiva esteja mais reduzida do que o normal em níveis de intensidade confortáveis, embora se aproxime dos limites normais em intensidades mais elevadas (Nelson e Thomas, 1997).

Obviamente, todos estes fatores dependem do grau e da configuração da perda auditiva neurossensorial. Giraudi-Perry et al (1982) comentaram que os limiares de *gap* não se apresentaram alterados para perdas auditivas até 40 dB. Para perdas maiores que 40 dB, houve um aumento dos limiares de *gap*, que diminuíram com o aumento da intensidade do estímulo.

A configuração da perda auditiva também pode influenciar nos resultados, já que perdas auditivas maiores nas frequências mais altas determinam limiares de *gap* piores do que perdas auditivas nas frequências mais baixas, em consequência da importância das frequências altas para os limiares de detecção de *gap*, como já comentado (Florentine e Buus, 1984; Moore, 1996).

O teste de padrão de duração parece não ser afetado largamente por perdas auditivas cocleares leves e moderadas, pois a pista de duração é mais resistente a disfunções cocleares que as pistas de frequência ou intensidade (Musiek et al, 1990).

Os testes de detecção de *gap* também lidam com pistas temporais e, uma vez que existem evidências de que o córtex auditivo tem um papel fundamental na resolução temporal (Phillips, 1988; Phillips e Hall, 1990; Phillips e Sark, 1991; Phillips, 1993a; Eggermont, 1997; Heil, 2001; Rupp et al, 2002; Hall et al, 2003; DeWeese et al, 2003), parece lógico supor que, assim como os testes de padrão de duração, os testes de *gap* sejam mais resistentes a alterações periféricas leves e moderadas.

Apesar destas considerações, pesquisas sobre o assunto devem ser feitas, com a aplicação do GIN em diversas perdas auditivas neurosensoriais, para verificar se existe ou não a alteração dos limiares de detecção de *gap*, nesta população.

A influência da idade nos limiares de *gap* obtidos pelo GIN também deve ser pesquisada, pois a amostra aqui estudada é de jovens adultos.

Embora existam evidências de que a resolução temporal está diminuída em idosos, quando comparada com indivíduos mais jovens, mesmo sem a presença de perdas auditivas (Robin e Royer, 1989; Schneider et al, 1998; Strouse et al, 1998; Schneider e Hamstra, 1999; He et al, 1999; Finlayson, 2002), critérios de normalidade do GIN, para a faixa-etária acima de 31 anos, devem ser estabelecidos, uma vez que, neste trabalho, esta faixa-etária não foi abordada.

Os dados relacionados ao presente estudo não forneceram informações adicionais sobre os mecanismos fisiológicos da resolução temporal, pois não foram utilizados pacientes com lesões corticais.

No entanto, de acordo com os modelos já existentes, muitos deles construídos utilizando experimentos com animais, sabe-se que os neurônios do córtex auditivo são sensíveis a estímulos transitórios, que são a base da resolução temporal (Phillips, 1988).

O grau de precisão no tempo de resposta destes neurônios dá suporte à resolução temporal nos limites da *performance* comportamental e à representação da estrutura temporal de componentes foneticamente importantes dos sinais de fala (Phillips e Hall, 1990; Phillips, 1993b).

A presença de neurônios *on* (octopus), *off*, *on-off* e primários no córtex auditivo (Abel e Goldstein Jr., 1972) permite que as diferenças temporais do som,

como presença e ausência de componentes muito breves, sejam sinalizadas no sistema nervoso auditivo, e assim, a resolução temporal ocorra (Robin e Royer, 1987 e 1989).

A assimetria do giro de Heschl entre os hemisférios direito e esquerdo já foi descrita há algum tempo. Sabe-se que o giro esquerdo é maior que o direito e, desta forma, o córtex auditivo primário esquerdo também é maior que o direito (Rubens, 1977; Musiek e Reeves, 1990; Penhume et al, 1996).

Muitos autores sugeriram o papel preferencial do hemisfério esquerdo na análise dos aspectos temporais do estímulo acústico (Penhume et al, 1996; Zatorre e Belin, 2001).

O presente estudo não constatou vantagem de nenhuma orelha (ou nenhum hemisfério) na tarefa de detecção de *gap*. Entretanto, algumas considerações devem ser feitas.

Os trabalhos de Brown e Nicholls (1997) e de Sulakhe et al (2003) reportaram vantagem da orelha direita sobre a esquerda, enquanto os trabalhos de Efron et al (1985) e de Baker et al (2000) não encontraram assimetria entre as orelhas.

Brown e Nicholls (1997) e Sulakhe et al (2003) utilizaram como forma de análise o tempo de reação à presença do *gap*. Além disso, o primeiro estudo avaliou a taxa de falso-alarme e o segundo, a porcentagem de acertos. O tempo de reação não

foi testado no presente estudo e nem nos estudos de Efron et al (1985) e de Baker et al (2000) e este fato pode explicar, em parte, a diferença entre os achados. Se o hemisfério esquerdo possui maior substrato neural (Musiek e Reeves, 1990), então pode-se esperar que a resolução temporal seja mais rápida na orelha direita, como verificado pelos autores citados.

A forma de resposta utilizada nos referidos estudos foi o procedimento “sim ou não”, enquanto Efron et al (1985) e Baker et al (2000) usaram o procedimento 2AFC, além de parâmetros de análise diferentes, a função psicométrica (desempenho por intervalo de *gap*), que também foi empregada no presente estudo.

Talvez, os limiares de *gap* e a porcentagem de acertos mascarem a vantagem da orelha direita sobre a esquerda e esta característica fique mais evidente na análise do tempo de reação.

Em resumo, os diferentes parâmetros aplicados em todas estas investigações, incluindo a atual, podem explicar os achados diversos sobre a assimetria perceptual entre orelhas direita e esquerda para a resolução temporal. Porém, isto não significa que não haja vantagem do hemisfério esquerdo para tarefas deste tipo, mas sim que alguns procedimentos são insuficientes para avaliar esta diferença. Além disso, deve-se considerar que, em situações de avaliação monótica, as vias ipsi e contralaterais são ativadas e, portanto, não deve existir vantagem de nenhuma orelha.

É importante comentar também que outras áreas corticais, além do córtex auditivo primário, podem participar do processamento auditivo de estímulos rápidos e, sem investigações mais detalhadas sobre o assunto, conclusões mais definitivas não podem ser feitas (Temple et al, 2000; Buonomano e Karmarkar, 2002).

É amplamente aceito que lesões corticais, principalmente envolvendo o córtex auditivo, afetem a resolução temporal (Efron et al, 1985; Phillips e Farmer, 1990; Ison et al, 1991; Phillips, 1993a; Kelly et al, 1996; Ison e Bowen, 2000; Syka et al, 2002).

Principalmente o trabalho de Efron et al (1985), que avaliou a detecção do *gap* em pacientes que sofreram lobotomia temporal anterior, evidencia déficits na resolução temporal induzida por esta lesão nestes indivíduos. A alteração foi observada do lado contralateral à lesão, enfatizando a importância das conexões contralaterais, que são funcionalmente mais potentes que as ipsilaterais, para o córtex auditivo.

Sendo assim, como para outros testes monoaurais, os testes de detecção de *gap* são sensíveis a lesões corticais, afetando a orelha contralateral à lesão (Musiek e Lamb, 1999), com a vantagem de não serem afetados por uma exigência de resposta verbal à tarefa, que poderia produzir prejuízos em ambas as orelhas, mesmo com lesões corticais somente em um lado do cérebro, como ocorre com outros testes não-verbais, como padrões de frequência e duração.

Como já comentado anteriormente, embora não haja um consenso geral, muitos autores demonstraram a relação entre alteração da resolução temporal e distúrbios de fala e escrita, bem como problemas de aprendizagem (Tallal e Piercy, 1973; Tallal e Piercy, 1975; McCroskey e Kidder, 1980; Tallal et al, 1993; Wright et al, 1997b; Temple et al, 2000).

O GIN é uma ferramenta que avalia a resolução temporal e, até o momento, um teste como este não era disponível na bateria clínica de avaliação do processamento auditivo, no Brasil.

Desta forma, com a autorização do autor do teste (Frank Musiek), os critérios de normalidade foram estabelecidos e o uso clínico do GIN poderá auxiliar na detecção de alterações da resolução temporal, que podem delinear ou contribuir para distúrbios de fala, escrita e aprendizagem, assim como, no gerenciamento de terapias que envolvam o treinamento auditivo desta habilidade.

No entanto, deve-se frisar que o presente trabalho é apenas o “primeiro passo”. Outros estudos utilizando o GIN devem ser feitos, buscando definir critérios de normalidade para outras faixas-etárias e para amostras com diferentes patologias, seguindo o exemplo do que está acontecendo nos Estados Unidos e na Inglaterra.

7 – CONCLUSÕES

O teste GIN avalia a resolução temporal utilizando estímulos de ruído branco. Após a aplicação do teste, os limiares de detecção de *gap* são estabelecidos e podem ser analisados, fornecendo indícios de normalidade ou alterações nesta habilidade de processamento auditivo temporal.

O teste GIN (Musiek et al, 2004) foi aplicado em 100 sujeitos com audição normal e as seguintes conclusões foram obtidas:

- a) A média geral dos limiares de *gap* foi de 3,98 ms, enquanto a média das porcentagens de acertos foi de 78,89%.
- b) Foi definido um intervalo de confiança (limites inferiores e superiores) para as médias de limiares de detecção de *gap* e de porcentagens de acertos, em cada uma das faixas-teste, que poderá ser utilizado como parâmetro de normalidade. Em relação às médias dos limiares de detecção de *gap*, têm-se: faixa-teste 1: 3,73 – 4,01 ms; faixa-teste 2: 3,9 – 4,18 ms; faixa-teste 3: 3,88 – 4,14 ms; faixa-teste 4: 3,9 – 4,14 ms. Quanto às porcentagens médias de acertos, têm-se: faixa-teste 1: 78,14 – 80,52%; faixa-teste 2: 77,34 – 79,66%; faixa-teste 3: 77,73 – 79,83%; faixa-teste 4: 77,82 – 80,14%.
- c) A curva do desempenho por intervalo de *gap* obtida também poderá servir como parâmetro, com relação às porcentagens de acertos esperadas para cada

intervalo de *gap*: para *gaps* de 2 ms - igual ou menor do que 5%; para 3 ms - de 10 a 30%; para intervalos de 4 ms - de 60 a 70%; para intervalos de *gap* iguais ou maiores do que 5 ms - 90% ou mais.

- d) Não existiram diferenças evidentes entre as orelhas direita e esquerda e nem entre os gêneros para os limiares de *gap* e para as porcentagens de acertos.
- e) A *performance* nas faixas-teste 1, 2, 3 e 4 não diferiu significativamente entre os participantes (sem efeito de aprendizagem e de cansaço entre as faixas-teste). Este fato sugeriu que, se somente forem realizadas as faixas-teste 1 e 2, para reduzir o tempo do teste, não haverá prejuízo dos resultados. O teste em questão mostrou-se consistente, no que se refere aos dados obtidos nos 100 sujeitos, além de apresentar pequena variabilidade de respostas em todos os indivíduos avaliados.
- f) Sendo assim, o GIN revelou-se como uma ferramenta de avaliação confiável e adequada para ser utilizada na prática clínica.

8 – ANEXOS

ANEXO A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA

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: **LIMIARES DE DETECÇÃO DO GAP EM ADULTOS COM AUDIÇÃO NORMAL**

PESQUISADOR: **ALESSANDRA GIANNELLA SAMELLI**

CARGO/FUNÇÃO: **FONOAUDIÓLOGA**

INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº- **7614-2**

AValiação DO RISCO DA PESQUISA: **SEM RISCO**

III – INFORMAÇÕES AO PACIENTE

Esse trabalho visa estudar o menor tempo em que um indivíduo consegue perceber um curto período de silêncio entre dois sons dados. Este estudo tem o objetivo de auxiliar na investigação do processamento auditivo, ou seja, estudar o que a pessoa faz com o som que ela ouve e como ela compreende este som. Participarão, desta pesquisa, somente pacientes com audição normal.

Para verificar se o indivíduo ouve bem, serão realizados alguns exames de audição (audiometria e imitanciométrica) e um teste no qual a pessoa deverá dizer quando percebe um período de silêncio entre dois sons. Além disso, serão feitas algumas perguntas relacionadas à saúde em geral.

Não existe nenhum risco para a saúde ou desconforto envolvidos na aplicação dos testes que serão utilizados.

Após a avaliação, os resultados obtidos serão apresentados ao paciente. Estes resultados indicam como está funcionando a audição do indivíduo e, caso necessário, encaminhamentos pertinentes serão realizados. O paciente pode, a qualquer momento, ter acesso às informações sobre os procedimentos, riscos e benefícios desta pesquisa, sempre que tiver possíveis dúvidas.

Os dados do estudo são confidenciais, sigilosos e só serão utilizados na pesquisa mediante autorização do paciente, que poderá retirá-la a qualquer momento sem, contudo, perder o direito de ser atendido pelo Setor de Audiologia Clínica do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

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

Alessandra G. Samelli:

Telefone: 6464-1797 (Clínica de Fonoaudiologia da Universidade Guarulhos)

V- 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 200 .

Assinatura do sujeito da pesquisa

Assinatura do pesquisador e carimbo

ANEXO B

Anamnese Audiológica

Identificação:

Nome:.....DN:

Idade:..... Profissão.....

Data de avaliação:.....

Histórico:

- Queixa auditiva? () sim () não Qual?
- Otalgia? () sim () não / () OD () OE. Frequência:.....Última ocorrência?.....
- Otorréia () sim () não / () OD () OE. Frequência:.....Última ocorrência?.....
- Tontura () sim () não / Em que situação?.....
- Zumbido () sim () não / () OD () OE () AO () cabeça. Frequência:...
- Cirurgias:.....
- Doenças:
- Antecedentes familiares: () sim () não - grau de parentesco:.....
- Exposição a ruído ocupacional? () sim () não. Qual?
- Exposição a ruído em atividades de lazer? () sim () não. Qual?

Observações:.....

.....

.....

.....

ANEXO C

Nome: _____ D.A.: ____/____/____
 DN: ____/____/____

Teste Dicótico de Dígitos

Etapa de Integração Binaural

D	E
5__4__8__7__	
4__8__9__7__	
5__9__8__4__	
7__4__5__9__	
9__8__7__5__	
5__7__9__5__	
5__8__9__4__	
4__5__8__9__	
4__9__7__8__	
9__5__4__8__	
4__7__8__5__	
8__5__4__7__	
8__9__7__4__	
7__9__5__8__	
9__7__4__5__	
7__8__5__4__	
7__5__9__8__	
8__7__4__9__	
9__4__5__7__	
8__4__7__9__	

Passou:

OD: () < 5% de erros / orelha (menos de 4 erros por orelha)

OE: () < 5% de erros / orelha (menos de 4 erros por orelha)

ANEXO D

Nome: _____ D.A.: ____/____/____
 DN: ____/____/____

Folha de registro – GIN (*Gap in noise*) – Musiek, 2003

Orientação ao paciente: “Você vai ouvir um ruído e, dentro deste ruído, existirão *gaps* onde o ruído estará ausente. Os *gaps* irão variar em comprimento e você deverá ouvir com atenção, pois alguns deles serão extremamente pequenos. Ocasionalmente, não existirão *gaps*. Você deverá indicar toda vez que ouvir um *gap* (apertando o botão de resposta)”.

Orelha testada: OD e OE (5 em cada)

1) Prática: Faixa 2 – Monoaural – 50 dBNS

Prática	Posição do <i>gap</i> (ms)	Duração do <i>gap</i> (ms)
1	1865.1	15
	2838.1	5
	3454.4	20
2	643.7	8
	1871.2	8
	4353.1	5
3	2961.4	5
4	2314.6	15
5	1205.5	5
	4387.9	10
	5436.2	10
6	1049.6	20
	2925.7	8
	4197.4	8
7	972.1	10
	3729.8	10
8		
9	1099.6	20
	3698.4	15
	4781.5	15
10		
	4250.0	20

Obs: 1) Marcar com um risco a duração do *gap* não percebido;
 2) Falsos positivos devem ser anotados: (marcados com ●)

Orelha testada: () OD () OE

2) Faixa-teste 1: Faixa 3 – Monoaural – 50 dBNS

Teste 1	Posição do gap (ms)	Duração do gap (ms)
1	1337.3	15
	3870.3	2
	5277.3	5
2	1303.2	15
3	2862.4	6
	4491.8	10
4	1145.4	6
	3449.6	20
	4319.3	6
5	4466.0	4
6	1389.5	12
7	2799.7	3
	3421.8	4
8	1757.1	10
	2875.5	10
9	2863.4	5
10		
11	2727.5	6
	4205.0	12
	5011.1	12
12	4014.1	6
13	2304.8	15
14	1597.2	5
15	2032.1	3
	4564.7	6
16	1000.8	2
	2613.4	3
	4190.7	20
17		
18	1268.9	5
	1977.2	4

Teste 1	Posição do gap (ms)	Duração do gap (ms)
19	1193.7	10
20	726.3	2
21	4595.4	5
22	4024.6	8
	5174.2	20
23	500.5	12
	4837.5	10
24	2196.3	8
25	2006.8	20
	3349.4	2
26	1520.3	3
	5491.9	2
27	1955.9	5
	3194.0	15
28	1056.3	2
	3190.6	20
	4358.1	8
29	1338.3	3
	3802.5	4
30	884.3	3
	2150.3	15
	3386.4	20
31	4199.3	4
32	3047.4	4
	5322.9	10
33	1812.0	15
	2793.5	8
34	1564.4	8
	2255.5	8
35	1118.5	12
	2613.0	12

Escore para Faixa-teste 1:

Limiar	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms	Total
Acertos	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/60
%											

0/6 = 0%, 1/6 = 16,66%, 2/6 = 33,33%, 3/6 = 50%, 4/6 = 66,66%, 5/6 = 83,33%, 6/6 = 100%

Orelha testada: () OD () OE

3) Faixa-teste 2: Faixa 4 – Monoaural – 50 dBNS

Teste 2	Posição do gap (ms)	Duração do gap (ms)
1	2230.0	2
	3571.3	10
2		
3	4380.2	15
4	1985.9	3
	3014.2	6
	3745.9	2
5	2433.6	12
	5033.8	20
6	1308.9	12
	1865.4	4
	2681.0	12
7	1019.9	10
	4179.4	15
	5469.4	8
8	1275.5	10
	2944.7	2
	4918.3	10
9	872.4	10
	1460.8	15
	4869.5	15
10	3558.8	2
11	753.1	4
	1298.7	3
12	2202.5	2
13	1546.5	15
	2924.6	4
	5014.3	4
14	718.7	10
	2498.6	4
	4546.5	20
15	820.5	6
	1675.9	15

Teste 2	Posição do gap (ms)	Duração do gap (ms)
16		
17	3726.3	3
18	1509.1	2
	4759.5	3
19	1125.4	5
20	684.5	3
	2673.1	12
	3425.0	3
21	4238.4	8
22	3216.0	20
23	774.2	5
	3276.4	12
	4923.4	4
24	520.9	5
	2799.5	5
25	1840.3	8
26	1209.1	5
	5376.2	6
27	510.1	5
	2549.9	20
	4399.3	6
28	624.9	6
	2737.8	12
	4108.1	20
29	1319.7	20
30	711.7	8
	4386.1	6
31	2698.9	8
32	1501.8	8

Escore para Faixa-teste 2:

Limiar	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms	Total
Acertos	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/60
%											

0/6 = 0%, 1/6 = 16,66%, 2/6 = 33,33%, 3/6 = 50%, 4/6 = 66,66%, 5/6 = 83,33%, 6/6 = 100%

Orelha testada: () OD () OE

4) Faixa-teste 3: Faixa 5 – Monoaural – 50 dBNS

Teste 3	Posição do gap (ms)	Duração do gap (ms)
1	2286.0	12
	2977.7	3
2	2734.7	2
	3507.1	2
	5430.8	20
3	1331.5	2
	2908.4	8
4	2566.2	8
	3980.9	10
5		
6	2175.9	2
	3572.4	15
	4150.7	12
7	2459.5	2
	3345.3	6
	4519.8	5
8	1334.6	5
	2504.9	4
	4335.3	3
9	1389.8	10
	3897.2	10
	4452.3	5
10	3063.0	15
	3721.2	2
	4909.0	6
11	2198.0	12
	4239.5	8
12	2254.7	6
	4182.6	8
13		
14	2885.1	8
	4670.7	10
	5325.6	3

Teste 3	Posição do gap (ms)	Duração do gap (ms)
15	1251.9	8
	4383.5	3
16	2585.0	6
17	3537.5	10
18	1259.4	6
	3244.9	12
	4461.3	4
19	4856.2	3
20	887.9	3
	2506.5	20
	3902.6	5
21	1151.2	20
22	790.6	12
	2921.0	6
	5211.6	12
23	1172.8	4
	2096.6	4
	4065.4	4
24	3206.3	5
25	2059.0	4
	2610.7	10
	5452.2	5
26	2605.8	15
	3880.1	15
	4766.5	15
27	1158.3	20
	1943.3	15
28	3378.2	20
29	4782.3	20

Score para Faixa-teste 3:

Limiar	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms	Total
Acertos	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/60
%											

0/6 = 0%, 1/6 = 16,66%, 2/6 = 33,33%, 3/6 = 50%, 4/6 = 66,66%, 5/6 = 83,33%, 6/6 = 100%

Orelha testada: () OD () OE

5) Faixa-teste 4: Faixa 6 – Monoaural – 50 dBNS

Teste 4	Posição do gap (ms)	Duração do gap (ms)
1	3063.2	20
2		
3	1465.2	10
4	5452.8	8
5	540.0	4
	2262.4	3
	2962.1	15
6	2170.5	12
7	903.9	10
	2004.7	5
8	636.0	6
9	2174.0	6
10	3488.1	12
11	2501.3	2
	4910.6	5
12	675.1	6
	4217.5	6
	4780.7	6
13	1800.5	8
	3678.8	5
14	858.4	3
	4266.3	15
	5378.2	20
15	2110.0	12
	3758.0	8
	5138.3	10
16	2083.2	10
	3432.0	10
17	2142.4	20
	4960.4	3
18		

Teste 4	Posição do gap (ms)	Duração do gap (ms)
19	2198.7	2
	4498.9	5
20	1310.6	12
	2055.7	8
	2838.8	8
21	978.0	6
	3555.7	12
22	3782.7	8
23	2438.0	15
	4042.0	2
	4619.8	15
24	1241.9	15
	2063.8	2
25	1627.0	12
26	1079.5	15
27	2919.3	5
28	4229.2	2
29	1614.1	2
	2201.8	10
	5023.9	3
30	2300.2	3
31	608.3	3
	5024.4	20
32	4349.0	4
33	3021.0	4
34	3128.7	4
	3898.5	4
	5455.0	4
35	3959.8	20
	5358.4	5
36	657.7	20

Escore para Faixa-teste 4:

Limiar	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms	Total
Acertos	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/60
%											

0/6 = 0%, 1/6 = 16,66%, 2/6 = 33,33%, 3/6 = 50%, 4/6 = 66,66%, 5/6 = 83,33%, 6/6 = 100%

ANEXO E

1) Idade em meses dos sujeitos do grupo G1M (gênero masculino)

Sujeitos (G1M)	Idade (meses)
1	275
2	266
3	224
4	291
5	285
6	243
7	360
8	286
9	286
10	272
11	232
12	221
13	351
14	342
15	346
16	243
17	261
18	254
19	288
20	325
21	378
22	303
23	309
24	326
25	262
Soma	7229
Média	289,16

2) Idade em meses dos sujeitos do grupo G2M (gênero masculino)

Sujeitos (G2M)	Idade (meses)
1	344
2	332
3	359
4	345
5	261
6	257
7	278
8	275
9	365
10	347
11	238
12	245
13	295
14	307
15	245
16	286
17	317
18	377
19	306
20	216
21	332
22	308
23	308
24	342
25	318
Soma	7603
Média	304,12

3) Idade em meses dos sujeitos do grupo G1F (gênero feminino)

Sujeitos (G1F)	Idade (meses)
1	248
2	266
3	262
4	288
5	296
6	292
7	267
8	281
9	275
10	277
11	283
12	374
13	291
14	324
15	305
16	382
17	311
18	301
19	303
20	225
21	291
22	232
23	308
24	269
25	258
Soma	7209
Média	288,36

4) Idade em meses dos sujeitos do grupo G2F (gênero feminino)

Sujeitos (G2F)	Idade (meses)
1	286
2	273
3	277
4	379
5	242
6	232
7	301
8	248
9	300
10	291
11	269
12	362
13	331
14	281
15	218
16	287
17	262
18	281
19	323
20	235
21	325
22	241
23	330
24	261
25	221
Soma	7056
Média	282,24

ANEXO F

1) Grupo G1M – Início do teste pela orelha direita:

Orelha testada	OD	OD	OE	OE	OD	OD	OE	OE
Sujeito	Limiar (em ms) Faixa-teste 1	% de acertos Faixa-teste 1	Limiar (em ms) Faixa-teste 2	% de acertos Faixa-teste 2	Limiar (em ms) Faixa-teste 3	% de acertos Faixa-teste 3	Limiar (em ms) Faixa-teste 4	% de acertos Faixa-teste 4
1	3	90	3	85	3	85	3	86,66
2	4	81,66	3	81,66	3	85	3	85
3	5	71,66	4	81,66	4	83,33	3	91,66
4	3	90	4	76,66	4	80	4	71,66
5	3	81,66	3	88,33	3	86,66	4	83,33
6	3	93,33	3	88,33	2	91,66	4	85
7	5	75	5	75	4	75	4	76,66
8	3	83,33	4	80	3	86,66	4	81,66
9	4	76,66	5	71,66	5	73,33	5	71,66
10	3	88,33	3	90	4	85	3	88,33
11	4	80	3	85	4	81,66	4	85
12	4	80	4	83,33	4	83,33	3	85
13	5	70	5	70	5	68,33	5	70
14	4	78,33	4	76,66	4	80	4	75
15	5	71,66	5	75	5	73,33	5	73,33
16	4	81,66	4	80	4	78,33	4	83,33
17	4	78,33	4	81,66	4	78,33	4	76,66
18	4	78,33	4	80	4	78,33	4	83,33
19	4	75	4	73,33	4	75	4	78,33
20	5	68,33	5	70	5	73,33	5	70
21	5	68,33	5	70	4	75	4	80
22	4	83,33	4	81,66	4	76,66	4	80
23	4	80	4	76,66	4	76,66	4	80
24	3	85	4	80	4	85	4	80
25	4	83,33	4	78,33	4	81,66	4	80
Soma	99	1993,26	100	1979,93	98	1996,59	99	2001,6
Média	3,96	79,74	4	79,2	3,92	79,86	3,96	80

2) Grupo G2M – Início do teste pela orelha esquerda:

Orelha testada	OE	OE	OD	OD	OE	OE	OD	OD
Sujeito	Limiar (em ms) Faixa-teste 1	% de acertos Faixa-teste 1	Limiar (em ms) Faixa-teste 2	% de acertos Faixa-teste 2	Limiar (em ms) Faixa-teste 3	% de acertos Faixa-teste 3	Limiar (em ms) Faixa-teste 4	% de acertos Faixa-teste 4
1	3	85	4	81,66	4	83,33	3	85
2	4	76,66	4	76,66	4	78,33	4	78,33
3	4	68,33	4	78,33	4	76,66	4	75
4	4	80	4	76,66	4	80	4	78,33
5	3	83,33	4	81,66	4	78,33	4	76,66
6	3	93,33	3	91,66	3	88,33	3	91,66
7	4	80	4	75	4	75	4	76,66
8	4	80	4	81,66	4	76,66	4	78,33
9	4	80	5	71,66	5	68,33	5	71,66
10	5	70	5	73,33	5	71,66	5	71,66
11	4	76,66	4	76,66	4	76,66	4	80
12	3	81,66	3	93,33	3	88,33	3	90
13	3	85	3	85	4	81,66	4	83,33
14	5	71,66	5	73,33	5	71,66	5	68,33
15	4	76,66	4	75	4	76,66	4	80
16	3	86,66	3	85	2	90	3	86,66
17	3	80	4	78,33	4	81,66	4	83,33
18	4	75	5	71,66	4	73,33	4	76,66
19	4	78,33	4	76,66	4	78,33	4	80
20	4	80	3	83,33	3	85	3	85
21	5	71,66	5	73,33	5	73,33	5	75
22	4	78,33	5	71,66	4	75	4	75
23	4	80	4	75	4	81,66	4	80
24	4	81,66	4	80	4	81,66	4	80
25	3	90	3	81,66	3	80	3	86,66
Soma	95	1989,93	100	1968,23	98	1971,57	98	1993,26
Média	3,8	79,6	4	78,73	3,92	78,86	3,92	79,73

3) Grupo G1F – Início do teste pela orelha direita:

Orelha testada	OD	OD	OE	OE	OD	OD	OE	OE
Sujeito	Limiar (em ms) Faixa-teste 1	% de acertos Faixa-teste 1	Limiar (em ms) Faixa-teste 2	% de acertos Faixa-teste 2	Limiar (em ms) Faixa-teste 3	% de acertos Faixa-teste 3	Limiar (em ms) Faixa-teste 4	% de acertos Faixa-teste 4
1	4	78,33	4	78,33	4	80	4	78,33
2	4	78,33	5	76,66	4	76,66	5	73,33
3	3	83,33	4	81,66	4	80	4	81,66
4	4	80	4	83,33	4	81,66	3	88,33
5	5	71,66	4	80	4	83,33	4	73,33
6	3	90	3	85	3	85	3	85
7	4	83,33	4	80	3	83,33	3	86,66
8	3	91,66	3	86,66	4	83,33	4	81,66
9	3	81,66	4	75	4	81,66	4	75
10	3	81,66	5	68,33	4	81,66	4	68,33
11	3	88,33	2	93,33	3	90	3	90
12	3	81,66	3	83,33	4	81,66	4	80
13	4	75	4	80	4	76,66	4	78,33
14	4	75	5	68,33	4	75	4	73,33
15	3	81,66	4	81,66	4	81,66	4	80
16	4	80	4	80	4	80	4	81,66
17	4	78,33	3	86,66	4	80	4	86,66
18	5	71,66	5	71,66	5	78,33	5	73,33
19	4	81,66	4	85	4	81,66	4	83,33
20	4	75	4	73,33	4	76,66	4	80
21	3	90	4	80	4	85	4	81,66
22	3	83,33	4	81,66	4	80	4	80
23	4	76,66	5	73,33	4	80	4	75
24	5	70	5	75	5	73,33	5	71,66
25	3	85	3	85	3	86,66	3	86,66
Soma	92	2013,25	99	1993,26	98	2023,25	98	1993,25
Média	3,68	80,53	3,96	79,73	3,92	80,93	3,92	79,73

4) Grupo G2F – Início do teste pela orelha esquerda:

Orelha testada	OE	OE	OD	OD	OE	OE	OD	OD
Sujeito	Limiar (em ms) Faixa-teste 1	% de acertos Faixa-teste 1	Limiar (em ms) Faixa-teste 2	% de acertos Faixa-teste 2	Limiar (em ms) Faixa-teste 3	% de acertos Faixa-teste 3	Limiar (em ms) Faixa-teste 4	% de acertos Faixa-teste 4
1	4	78,33	4	76,66	4	78,33	4	80
2	3	81,66	3	90	3	85	3	88,33
3	4	73,33	5	71,66	5	73,33	5	73,33
4	4	76,66	4	76,66	4	75	4	81,66
5	5	73,33	5	71,66	4	76,66	5	71,66
6	4	75	5	73,33	4	78,33	4	80
7	4	75	5	70	5	68,33	5	70
8	5	68,33	5	70	5	71,66	5	73,33
9	4	75	4	76,66	4	78,33	4	80
10	3	88,33	3	88,33	3	85	3	85
11	3	86,66	4	78,33	4	78,33	4	76,66
12	3	85	3	85	4	80	4	83,33
13	5	68,33	5	70	5	68,33	5	68,33
14	4	81,66	4	75	5	70	5	68,33
15	4	76,66	4	73,33	5	71,66	5	71,66
16	5	71,66	5	73,33	5	66,66	5	68,33
17	4	80	4	73,33	4	73,33	4	76,66
18	4	76,66	4	76,66	4	76,66	4	80
19	4	76,66	4	76,66	4	78,33	4	80
20	5	68,33	5	70	5	68,33	5	68,33
21	4	78,33	4	80	4	73,33	4	75
22	4	80	4	75	4	76,66	4	78,33
23	5	73,33	5	70	5	71,66	5	68,33
24	4	80	4	80	4	78,33	4	78,33
25	3	88,33	3	86,66	4	85	3	85
Soma	101	1936,58	105	1908,26	107	1886,58	107	1909,93
Média	4,04	77,46	4,2	76,33	4,28	75,46	4,28	76,39

ANEXO G

1) Número absoluto de acertos por intervalo de *gap* nas faixas-teste 1 e 2 para o grupo G1M:

G1M	Faixa-teste 1 - OD										Faixa-teste 2 - OE									
Suj.	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms
1	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6
2	0	2	6	6	5	6	6	6	6	6	0	2	5	6	6	6	6	6	6	6
3	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6	0	2	5	6	6	6	6	6	6	6
4	1	5	6	6	6	6	6	6	6	6	0	1	3	6	6	6	6	6	6	6
5	0	3	4	6	6	6	6	6	6	6	1	4	6	6	6	6	6	6	6	6
6	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	5	6	6	6	6	6	6	6	6
7	0	2	1	6	6	6	6	6	6	6	0	1	2	6	6	6	6	6	6	6
8	0	3	5	6	6	6	6	6	6	6	1	1	4	6	6	6	6	6	6	6
9	1	1	3	6	5	6	6	6	6	6	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6
10	1	5	5	6	6	6	6	6	6	6	2	5	5	6	6	6	6	6	6	6
11	0	2	5	6	5	6	6	6	6	6	1	3	5	6	6	6	6	6	6	6
12	0	1	5	6	6	6	6	6	6	6	0	2	6	6	6	6	6	6	6	6
13	0	0	1	5	6	6	6	6	6	6	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6
14	0	1	5	6	5	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
15	0	2	0	5	6	6	6	6	6	6	0	1	2	6	6	6	6	6	6	6
16	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6	0	1	5	6	6	6	6	6	6	6
17	1	2	3	5	6	6	6	6	6	6	0	2	5	6	6	6	6	6	6	6
18	1	2	3	6	5	6	6	6	6	6	0	2	4	6	6	6	6	6	6	6
19	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6	0	0	3	5	6	6	6	6	6	6
20	0	0	1	5	5	6	6	6	6	6	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6
21	0	0	0	6	5	6	6	6	6	6	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6
22	0	2	6	6	6	6	6	6	6	6	0	2	5	6	6	6	6	6	6	6
23	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
24	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6	0	2	4	6	6	6	6	6	6	6
25	1	2	6	6	5	6	6	6	6	6	0	2	3	6	6	6	6	6	6	6
Soma	8	51	99	146	142	150	150	150	150	150	5	41	93	149	150	150	150	150	150	150

2) Número absoluto de acertos por intervalo de gap nas faixas-teste 3 e 4 para o grupo G1M:

G1M	Faixa-teste 3 - OD										Faixa-teste 4 - OE									
Suj.	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms
1	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6	0	4	6	6	6	6	6	6	6	6
2	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6
3	0	2	6	6	6	6	6	6	6	6	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6
4	1	1	5	5	6	6	6	6	6	6	0	0	3	4	6	6	6	6	6	6
5	0	4	6	6	6	6	6	6	6	6	0	2	6	6	6	6	6	6	6	6
6	3	4	6	6	6	6	6	6	6	6	1	2	6	6	6	6	6	6	6	6
7	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
8	0	4	6	6	6	6	6	6	6	6	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6
9	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6
10	1	2	6	6	6	6	6	6	6	6	0	6	6	6	5	6	6	6	6	6
11	0	2	6	5	6	6	6	6	6	6	1	2	6	6	6	6	6	6	6	6
12	0	2	6	6	6	6	6	6	6	6	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6
13	0	0	0	5	6	6	6	6	6	6	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6
14	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6
15	0	1	1	6	6	6	6	6	6	6	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6
16	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6	0	2	6	6	6	6	6	6	6	6
17	0	1	4	6	6	6	6	6	6	6	0	2	3	6	5	6	6	6	6	6
18	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6	0	2	6	6	6	6	6	6	6	6
19	0	0	4	5	6	6	6	6	6	6	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6
20	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6
21	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6	1	0	5	6	6	6	6	6	6	6
22	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
23	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
24	1	2	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
25	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6	0	1	5	6	6	6	6	6	6	6
Soma	6	32	114	146	150	150	150	150	150	150	5	35	115	148	148	150	150	150	150	150

3) Número absoluto de acertos por intervalo de gap nas faixas-teste 1 e 2 para o grupo G2M:

G2M	Faixa-teste 1 - OE										Faixa-teste 2 - OD									
Suj.	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms
1	1	3	5	6	6	6	6	6	6	6	0	2	5	6	6	6	6	6	6	6
2	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
3	0	0	4	3	5	6	6	5	6	6	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6
4	1	0	6	6	5	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
5	0	5	3	6	6	6	6	6	6	6	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6
6	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6
7	0	2	5	5	6	6	6	6	6	6	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6
8	0	2	4	6	6	6	6	6	6	6	0	2	5	6	6	6	6	6	6	6
9	0	1	5	6	6	6	6	6	6	6	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6
10	0	0	1	6	5	6	6	6	6	6	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6
11	0	0	5	6	5	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
12	1	4	3	6	5	6	6	6	6	6	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6
13	0	4	5	6	6	6	6	6	6	6	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6
14	0	0	2	6	5	6	6	6	6	6	0	2	1	6	6	6	6	6	5	6
15	0	1	5	5	5	6	6	6	6	6	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6
16	1	3	6	6	6	6	6	6	6	6	1	3	5	6	6	6	6	6	6	6
17	0	3	4	6	5	6	6	6	6	6	0	1	4	6	6	6	6	6	6	6
18	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6	0	0	2	6	5	6	6	6	6	6
19	1	0	5	6	5	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
20	0	2	4	6	6	6	6	6	6	6	0	3	5	6	6	6	6	6	6	6
21	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6
22	0	0	6	6	5	6	6	6	6	6	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6
23	0	2	5	6	5	6	6	6	6	6	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6
24	0	2	5	6	6	6	6	6	6	6	0	2	4	6	6	6	6	6	6	6
25	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	4	3	6	6	6	6	6	6	6
Soma	7	46	108	145	139	150	150	149	150	150	5	34	94	150	149	150	150	150	149	150

4) Número absoluto de acertos por intervalo de gap nas faixas-teste 3 e 4 para o grupo G2M:

G2M	Faixa-teste 3 - OE										Faixa-teste 4 - OD									
Suj.	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms
1	0	2	6	6	6	6	6	6	6	6	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6
2	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6
3	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6
4	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6
5	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
6	1	4	6	6	6	6	6	6	6	6	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	0	1	4	5	5	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
8	0	0	5	5	6	6	6	6	6	6	0	2	5	6	5	6	6	6	6	6
9	0	0	1	5	5	6	6	6	6	6	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6
10	0	0	2	5	6	6	6	6	6	6	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6
11	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
12	2	3	6	6	6	6	6	6	6	6	2	4	6	6	6	6	6	6	6	6
13	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6
14	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6	0	0	1	4	6	6	6	6	6	6
15	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
16	3	3	6	6	6	6	6	6	6	6	1	3	6	6	6	6	6	6	6	6
17	0	2	5	6	6	6	6	6	6	6	1	3	4	6	6	6	6	6	6	6
18	0	0	3	5	6	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
19	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
20	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6	1	3	6	5	6	6	6	6	6	6
21	0	0	2	5	6	6	6	6	6	6	0	1	2	6	6	6	6	6	6	6
22	0	0	4	5	6	6	6	6	6	6	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6
23	0	2	5	6	6	6	6	6	6	6	0	2	5	5	6	6	6	6	6	6
24	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
25	0	3	4	6	5	6	6	6	6	6	0	4	6	6	6	6	6	6	6	6
Soma	6	25	111	143	147	150	150	150	150	150	7	32	113	146	149	150	150	150	150	150

5) Número absoluto de acertos por intervalo de gap nas faixas-teste 1 e 2 para o grupo G1F:

G1F	Faixa-teste 1 - OD										Faixa-teste 2 - OE									
Suj.	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms
1	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6
2	0	2	5	4	6	6	6	6	6	6	0	2	2	6	6	6	6	6	6	6
3	0	4	4	6	6	6	6	6	6	6	0	2	5	6	6	6	6	6	6	6
4	1	2	4	6	5	6	6	6	6	6	0	2	6	6	6	6	6	6	6	6
5	1	1	0	5	6	6	6	6	6	6	0	1	5	6	6	6	6	6	6	6
6	1	5	6	6	6	6	6	6	6	6	0	4	5	6	6	6	6	6	6	6
7	0	2	6	6	6	6	6	6	6	6	0	1	5	6	6	6	6	6	6	6
8	2	5	6	6	6	6	6	6	6	6	1	4	5	6	6	6	6	6	6	6
9	0	3	4	6	6	6	6	6	6	6	0	1	3	5	6	6	6	6	6	6
10	0	3	4	6	6	6	6	6	6	6	0	0	1	6	4	6	6	6	6	6
11	0	5	6	6	6	6	6	6	6	6	3	5	6	6	6	6	6	6	6	6
12	0	3	4	6	6	6	6	6	6	6	0	5	3	6	6	6	6	6	6	6
13	0	1	4	4	6	6	6	6	6	6	0	2	4	6	6	6	6	6	6	6
14	0	0	5	5	5	6	6	6	6	6	0	0	1	5	5	6	6	6	6	6
15	0	3	4	6	6	6	6	6	6	6	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6
16	0	1	5	6	6	6	6	6	6	6	0	1	5	6	6	6	6	6	6	6
17	0	2	4	5	6	6	6	6	6	6	1	4	5	6	6	6	6	6	6	6
18	0	0	2	5	6	6	6	6	6	6	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6
19	0	2	5	6	6	6	6	6	6	6	2	2	5	6	6	6	6	6	6	6
20	0	0	4	5	6	6	6	6	6	6	0	1	4	6	6	6	6	6	6	6
21	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
22	0	3	6	6	5	6	6	6	6	6	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6
23	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6
24	0	1	1	4	6	6	6	6	6	6	0	1	2	6	6	6	6	6	6	6
25	1	3	4	6	6	6	6	6	6	6	1	3	5	6	6	6	6	6	6	6
Soma	6	57	108	139	147	150	150	150	150	150	8	43	103	148	147	150	150	150	150	150

6) Número absoluto de acertos por intervalo de gap nas faixas-teste 3 e 4 para o grupo G1F:

G1F	Faixa-teste 3 – OD										Faixa-teste 4 - OE									
Suj.	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms
1	0	1	5	6	6	6	6	6	6	6	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6
2	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6
3	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6
4	1	1	5	6	6	6	6	6	6	6	2	3	6	6	6	6	6	6	6	6
5	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	4	5	5	6	6	6	6	6
6	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6
7	0	3	5	6	6	6	6	6	6	6	1	3	6	6	6	6	6	6	6	6
8	0	2	6	6	6	6	6	6	6	6	1	0	6	6	6	6	6	6	6	6
9	0	2	5	6	6	6	6	6	6	6	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6
10	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6	0	1	3	3	5	6	6	6	5	6
11	1	5	6	6	6	6	6	6	6	6	1	5	6	6	6	6	6	6	6	6
12	1	1	5	6	6	6	6	6	6	6	0	1	5	6	6	6	6	6	6	6
13	0	0	5	5	6	6	6	6	6	6	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6
14	0	0	4	5	6	6	6	6	6	6	0	0	4	5	5	6	6	6	6	6
15	0	2	5	6	6	6	6	6	6	6	0	1	5	6	6	6	6	6	6	6
16	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6
17	0	1	5	6	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	6	6	6	6	6	6
18	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6
19	1	1	5	6	6	6	6	6	6	6	1	2	5	6	6	6	6	6	6	6
20	0	1	3	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
21	2	1	6	6	6	6	6	6	6	6	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6
22	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
23	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6
24	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6
25	1	3	6	6	6	6	6	6	6	6	0	4	6	6	6	6	6	6	6	6
Soma	8	29	126	148	150	150	150	150	150	150	8	28	119	145	147	150	150	150	149	150

7) Número absoluto de acertos por intervalo de gap nas faixas-teste 1 e 2 para o grupo G2F:

G2F	Faixa-teste 1 - OE										Faixa-teste 2 - OD									
Suj.	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms
1	0	0	6	6	5	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
2	0	3	5	6	5	6	6	6	6	6	2	4	6	6	6	6	6	6	6	6
3	0	0	3	5	6	6	6	6	6	6	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6
4	0	0	6	5	5	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
5	0	2	2	6	4	6	6	6	6	6	0	0	2	6	6	6	6	6	5	6
6	0	1	4	5	5	6	6	6	6	6	0	2	1	6	6	5	6	6	6	6
7	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6	0	0	1	6	6	5	6	6	6	6
8	0	0	0	6	5	6	6	6	6	6	0	0	1	5	6	6	6	6	6	6
9	0	0	4	6	5	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
10	0	5	6	6	6	6	6	6	6	6	0	5	6	6	6	6	6	6	6	6
11	0	5	5	6	6	6	6	6	6	6	0	2	3	6	6	6	6	6	6	6
12	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6
13	0	0	0	6	5	6	6	6	6	6	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6
14	0	2	6	6	5	6	6	6	6	6	0	1	3	6	6	5	6	6	6	6
15	0	0	5	5	6	6	6	6	6	6	0	0	3	6	5	6	6	6	6	6
16	0	0	1	5	6	6	6	6	6	6	0	2	1	6	5	6	6	6	6	6
17	0	1	6	6	5	6	6	6	6	6	0	0	3	6	5	6	6	6	6	6
18	0	1	3	6	6	6	6	6	6	6	0	1	3	6	6	6	6	6	6	6
19	0	0	5	6	5	6	6	6	6	6	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6
20	0	0	0	6	5	6	6	6	6	6	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6
21	1	1	3	6	6	6	6	6	6	6	0	2	4	6	6	6	6	6	6	6
22	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	3	6	6	6	6	6	6	6
23	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6	0	0	1	5	6	6	6	6	6	6
24	0	1	6	6	5	6	6	6	6	6	1	0	5	6	6	6	6	6	6	6
25	1	4	6	6	6	6	6	6	6	6	0	4	6	6	6	6	6	6	6	6
Soma	2	29	99	145	136	150	150	150	150	150	3	26	75	148	147	147	150	150	149	150

8) Número absoluto de acertos por intervalo de gap nas faixas-teste 3 e 4 para o grupo G2F:

G2F	Faixa-teste 3 - OE										Faixa-teste 4 - OD									
Suj.	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms	2 ms	3 ms	4 ms	5 ms	6 ms	8 ms	10 ms	12 ms	15 ms	20 ms
1	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
2	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6	2	3	6	6	6	6	6	6	6	6
3	0	1	2	6	5	6	6	6	6	6	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6
4	0	0	4	5	6	6	6	6	6	6	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6
5	0	0	5	6	6	6	6	5	6	6	0	0	2	5	6	6	6	6	6	6
6	0	1	5	5	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
7	0	0	0	5	6	6	6	6	6	6	0	0	1	5	6	6	6	6	6	6
8	0	0	2	5	6	6	6	6	6	6	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6
9	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
10	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6
11	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6	0	0	5	5	6	6	6	6	6	6
12	0	1	6	5	6	6	6	6	6	6	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6
13	0	0	0	5	6	6	6	6	6	6	0	0	0	5	6	6	6	6	6	6
14	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6	0	0	2	3	6	6	6	6	6	6
15	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6
16	0	0	1	3	6	6	6	6	6	6	0	0	1	4	6	6	6	6	6	6
17	0	0	4	5	5	6	6	6	6	6	0	0	6	4	6	6	6	6	6	6
18	0	0	4	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
19	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6
20	0	0	0	5	6	6	6	6	6	6	0	0	0	5	6	6	6	6	6	6
21	0	0	4	4	6	6	6	6	6	6	0	0	5	4	6	6	6	6	6	6
22	0	0	6	4	6	6	6	6	6	6	0	0	6	5	6	6	6	6	6	6
23	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0	5	6	6	6	6	6	6
24	0	0	5	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	5	6	6	6	6	6	6
25	2	2	5	6	6	6	6	6	6	6	0	3	6	6	6	6	6	6	6	6
Soma	2	11	87	135	148	150	150	149	150	150	3	11	99	133	150	150	150	150	150	150

ANEXO H

Tue, 22 Jun 2004 18:03:55
From: Jeffrey A Weihing
To: alessndra samelli
Subject: Re: GIN

Hi Alessandra. Thanks for your email.

The norms that have been established on a normal hearing population (N=50) are:

Right Ear

Mean (Standard deviation) Gap detection threshold = 4.90 (.93)

Mean (Standard deviation) Percent correct = 70.32 (7.83)

Left Ear

Mean (Standard deviation) Gap detection threshold = 4.84 (1.04)

Mean (Standard deviation) Percent correct = 70.24 (8.42)

Currently I am looking at the effect of intensity level (SL) on GIN performance in two populations: normal hearing subjects and cochlear hearing loss subjects. The results for the normal population should be available soon and will be presented at the ASHA conference in the Fall.

Jeff

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abeles M, Goldstein Jr MH. Responses of single units in the primary auditory cortex of the cat to tones and to tone pairs. **Brain Research**. v. 42, n. 2, p. 337-52, 1972.

American Speech-Language Hearing Association (ASHA). **Central auditory processing: current status of research and implications for clinical practice**. Rockville, 1995. 40 p.

Baker RJ, Rosen S, Godrich A. No right ear advantage in gap detection. **Speech, Hearing and Language (UCL work in progress)**. v. 12, p. 57-69, 2000.

Baran J, Musiek FE. Behavioral Assessment of the Central Auditory System. In: Musiek FE, Rintelmann W (eds.) **Contemporary Perspectives on Hearing Assessment**. Boston: Allyn & Bacon, 1999. Capítulo 13.

Bear MF, Connors BW, Paradiso MA. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. Capítulo 11.

Bellis TJ. **Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting**. San Diego: Singular Publishing Group. p. 64-87, 1996.

Bento RF, Miniti A, Marone SAM. **Tratado de Otologia**. São Paulo: Edusp / Fundação Otorrinolaringologia, 1998. Capítulo 9.

Brown S, Nicholls MER. Hemispheric asymmetries for the temporal resolution of brief auditory stimuli. **Perception & Psychophysics**. v. 59, n. 3, p. 442-7, 1997.

Buonomano DV, Karmarkar UR. How do we tell time? **The Neuroscientist**. v. 8, n. 1, p. 42-51, 2002.

Buonomano DV, Merzenich MM. Cortical plasticity: from synapses to maps. **Annual Review of Neuroscience**. v. 21, p. 149-86, 1998.

DeWeese MR, Wehr M, Zador AM. Binary spiking in auditory cortex. **The Journal of Neuroscience**. v. 23, n. 21, p. 7940-9, 2003.

Efron R, Yund EW, Nichols D, Crandall PH. An ear asymmetry for gap detection following anterior temporal lobectomy. **Neuropsychologia**. v. 23, n. 1, p. 43-50, 1985.

Eggermont JJ. Firing rate and firing synchrony distinguish dynamic from steady state sound. **Neuroreport**. v. 8, n. 12, p. 2709-13, 1997.

Eggermont JJ. Neural responses in primary auditory cortex mimic psychophysical, across-frequency-channel, gap-detection thresholds. **Journal of Neurophysiology**. v. 84, p. 1453-63, 2000.

Ehret G. The auditory cortex. **Journal of Comparative Physiology**. v. 181, p. 547-57, 1997.

Finlayson PG. Paired-tone stimuli reveal reductions and alterations in temporal processing in inferior colliculus neurons of aged animals. **Journal of the Association for Research in Otolaryngology**. v. 3, n. 3, p. 321-31, 2002.

Florentine M, Buus S. Temporal gap detection in sensorineural and simulated hearing impairments. **Journal of Speech and Hearing Research**. v. 27, p. 449-55, 1984.

Florentine M, Buus S, Geng W. Psychometric functions for gap detection in a yes-no procedure. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 106, n. 6, p. 3512-20, 1999.

Fonseca JS, Martins GA. **Curso de estatística**. 6^a ed. São Paulo: Ed. Atlas, 1996. 320 p.

Formby C, Gerber MJ, Sherlock LP. Evidence for an across-frequency, between-channel process in asymptotic temporal gap detection. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 103, n. 6, p. 3554-60, 1998.

Formby C, Sherlock LP. Temporal gap detection measured with multiple sinusoidal markers: effects of marker number, frequency, and temporal position. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 104, n. 2, Pt. 1, p. 984-98, 1998.

Giraudi D, Salvi R, Henderson D, Hamernik R. Gap detection by the chinchilla. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 68, n. 3, p. 802-6, 1980.

Giraudi-Perry DM, Salvi RJ, Henderson D. Gap detection in hearing-impaired chinchillas. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 72, n. 5, p. 1387-93, 1982.

Glasberg BR, Moore BCJ, Bacon SP. Gap detection and masking in hearing-impaired and normal-hearing subjects. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 81, n. 5, p. 1546-56, 1987.

Gordon-Salant S, Fitzgibbons PJ. Temporal factors and speech recognition performance in young and elderly listeners. **Journal of Speech and Hearing Research**. v. 36, p. 1276-85, 1993.

Green DM. Temporal auditory acuity. **Psychological Review**. v. 78, n. 1, p. 540-51, 1971.

Grose JH, Hall JW, Buus E, Hatch D. Gap detection for similar and dissimilar gap markers. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 109, n. 4, p. 1587-95, 2001.

Grose JH, Hall JW, Buss E. Modulation gap detection: effects of modulation rate, carrier separation, and mode of presentation. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 106, n. 2, p. 946-53, 1999.

Grose JH, Hall JW, Gibbs C. Temporal analysis in children. **Journal of Speech and Hearing Research**. v. 36, p. 351-6, 1993.

Hackett TA, Preuss TM, Kaas JH. Architectonic identification of the core region in auditory cortex of macaques, chimpanzees, and humans. **The Journal of Comparative Neurology**. v. 441, p. 197-222, 2001.

Hall DA, Hart HC, Johnsrude IS. Relationships between human auditory cortical structure and function. **Audiology & Neuro-Otology**. v. 8, n. 1, p. 1-18, 2003.

Hall JW, Chandler D. Timpanometria na audiologia clínica. In: Katz J. **Tratado de Audiologia Clínica**. São Paulo: Ed. Manole, 1999. Capítulo 20.

Hall JW, Grose JH, Joy S. Gap detection for pairs of noise bands: effects of stimulus level and frequency separation. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 99, n. 2, p. 1091-5, 1996.

Hall J, Grose JH. The relation between gap detection, loudness, and loudness growth in noise-masked normal-hearing listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 101, n. 2, p. 1044-9, 1997.

Harris EK, Boyd JC. **Statistical bases of reference value in laboratory medicine**. New York: Marcel Dekker, 1995.

He N, Horwitz AR, Dubno JR, Mills JH. Psychometric functions for gap detection in noise measured from young and aged subjects. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 106, n. 2, p. 966-78, 1999.

Heil P. Representation of sound onsets in the auditory system. **Audiology Neuro-Otology**. v. 6, p. 167-72, 2001.

Heinrich A, Alain C, Schneider BA. Within- and between-channel gap detection in the human auditory cortex. **Neuroreport**. v. 15, n. 13, p. 2051-6, 2004.

Hirsh IJ. Auditory perception of temporal order. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 31, n. 6, p. 759-67, 1959.

Horikawa J, Hosokawa Y, Nasu M, Taniguchi I. Optical study of spatiotemporal inhibition evoked by two-tone sequences in the guinea pig auditory cortex. **Journal of Comparative Physiology**. v. 181, p. 677-84, 1997.

Irwin RJ, Ball AKR, Kay N, Stillman JA, Rosser J. The development of auditory temporal acuity in children. **Child Development**. v. 56, n. 3, p. 614-20, 1985.

Ison JR, O'Connor K, Bowen GP, Bocirnea A. Temporal resolution of gaps in noise by the rat is lost with functional decortication. **Behavioral Neuroscience**. v. 105, n. 1, p. 33-40, 1991.

Ison JR, Bowen GP. Scopolamine reduces sensitivity to auditory gaps in the rat, suggesting a cholinergic contribution to temporal acuity. **Hearing Research**. v. 145, p. 169-76, 2000.

Izumi A. The effect of marker frequency disparity on the discrimination of gap duration in monkeys. **Perception**. v. 28, p. 437-44, 1999.

Jerger J, Musiek FE. Report of the consensus conference in the diagnosis of auditory processing disorders in school-aged children. **Journal of the American Academy of Audiology**. v. 11, n. 9, p. 467-74, 2000.

Karmarkar UR, Buonomano DV. Temporal specificity of perceptual learning in an auditory discrimination task. **Learning & Memory**. v. 10, p. 141-7, 2003.

Kass JH, Hackett TA. Subdivisions of auditory cortex and processing streams in primates. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.** v. 97, n. 22, p. 11793-9, 2000.

Keith R. Auditory fusion test – revised – it could fill the gap in your CAPD battery. **Clifton Springs Hearing Center**. v. 1, n. 2, feb. 2000. Disponível em: <http://www.cliftonhearing.com/capd/research/>. Acesso em: 22 fev. 2003.

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

Kelso WM, Nicholls MER, Warne GL, Zacharin M. Cerebral lateralization and cognitive functioning in patients with congenital adrenal hyperplasia. **Neuropsychology**. v. 14, n. 3, p. 370-8, 2000.

Kilgard MP, Merzenich MM. Distributed representation of spectral and temporal information in rat primary auditory cortex. **Hearing Research**. v. 134, p. 16-28, 1999.

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**. v. 54, n. 3, p. 395-405, 1993.

Lent R. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociências**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2001. Capítulo 8.

Linden JF, Schreiner CE. Columnar transformations in auditory cortex? A comparison to visual and somatosensory cortices. **Cerebral Cortex**. v. 13, n. 1, p. 83-9, 2003.

Lister JJ, Koehnke JD, Besing JM. Binaural gap duration discrimination in listeners with impaired hearing and normal hearing. **Ear and Hearing**. v. 21, n. 2, p. 141-50, 2000.

Lotze M, Wittmann M, Steinbüchel N von, Pöppel E, Roenneberg T. Daily rhythm of temporal resolution in the auditory system. **Cortex**. v. 35, p. 89-100, 1999.

Lubert N. Auditory perceptual impairments in children with specific language disorders: a review of the literature. **Journal of Speech and Hearing Disorders**. v. 46, n. 1, p. 3-9, 1981.

McCroskey RL, Kidder HC. Auditory fusion among learning disabled, reading disabled, and normal children. **Journal of Learning Disabilities**. v. 13, n. 2, p. 18-25, 1980.

Moore BCJ. An introduction to the psychology of hearing. 4th ed. San Diego: Academic Press, 1996. Chapters 2, 3 e 4.

Moore BCJ. Temporal analysis in normal and impaired hearing. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v. 682, p. 119-36, 1993.

Moore JK. Maturation of human auditory cortex: implications for speech perception. **The Annals of Otology, Rhinology, and Laryngology**. v. 111, p. 7-10, 2002.

Musiek FE. The frequency pattern test: a guide. **Hear J**. v. 55, n. 6, p. 58, 2002.

Musiek FE, Zaidan EP, Baran JA, Shinn JB, Jirsa RE. Assessing temporal processes in adults with LD: the GIN test. In: Convention of American Academy of Audiology. 2004 march – april, Salt Lake City. **Annals...** Salt Lake City: AAA, pp 203, 2004.

Musiek FE, Baran JA. Assessment of the human central auditory nervous system. In: Altschuler RA, et al. **Central auditory system**. New York: Raven Press Ltd., 1991.

Musiek FE, Baran JA. Central auditory assessment: thirty years of challenge and change. **Ear and Hearing**. v. 8, n. 4, Supplement, p. 22S-35S, 1987.

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

Musiek FE, Lamb L. Neuroanatomy and neurophysiology of central auditory processing. In: Katz J, Stecker NA, Henderson D. **Central auditory processing**. Saint Louis: Mosby Year Book, 1992. Chapter 2.

Musiek FE, Lamb L. Avaliação auditiva central: uma visão geral. In: Katz J. **Tratado de Audiologia Clínica**. São Paulo: Ed. Manole, 1999. Capítulo 14.

Musiek FE, Oxholm VB. Anatomy and physiology of the central auditory nervous system: a clinical perspective. In: Roeser RJ, Valente M, Hosford-Dunn H. (Org.). **Audiology: Diagnosis**. New York: Thieme Medical Publishers, 2000. p. 45-72.

Musiek FE, Reeves AG. Asymmetries of the auditory areas of the cerebrum. **Journal of the American Academy of Audiology**. v. 1, p. 240-5, 1990.

Musiek FE, Shinn J, Hare C. Plasticity, auditory training, and auditory processing disorders. **Seminars in Hearing**. v. 23, n. 4, p. 263-75, 2002.

Nelson PB, Thomas SD. Gap detection as a function of stimulus loudness for listeners with and without hearing loss. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**. v. 40, p. 1387-94, 1997.

Northern JL, Gabbard SA. Reflexo acústico. In: Katz J. **Tratado de Audiologia Clínica**. São Paulo: Ed. Manole, 1999. Capítulo 21.

Oxenham AJ. Influence of spatial and temporal coding on auditory gap detection. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 107, n. 4, p. 2215-23, 2000.

Penhune VB, Zatorre RJ, MacDonald JD, Evans AC. Interhemispheric anatomical differences in human primary auditory cortex: probabilistic mapping and volume measurement from magnetic resonance scans. **Cerebral Cortex**. v. 6, n. 5, p. 661-72, 1996.

Penner MJ. Detection of temporal gaps in noise as a measure of the decay of auditory sensation. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 61, n. 2, p. 552-7, 1977.

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

Phillips DP. (1993a) Neural representation of stimulus times in the primary auditory cortex. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v. 682, p. 104-18, 1993.

Phillips DP. (1993b) Representation of acoustic events in the primary auditory cortex. **Journal of Experimental Psychology**. v. 19, n. 1, p. 203-16, 1993.

Phillips DP. Central auditory processing: a view from auditory neuroscience. **The American Journal of Otology**. v. 16, n. 3, p. 338-52, 1995.

Phillips DP. Effect of tone-pulse rise time on rate-level functions of cat auditory cortex neurons: excitatory and inhibitory processes shaping responses to tone onset. **Journal of Neurophysiology**. v. 59, n. 5, p. 1524-39, 1988.

Phillips DP, Hall SE, Harrington IA, Taylor TL. "Central" auditory gap detection: a spatial case. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 103, n. 4, p. 2064-8, 1998.

Phillips DP, Taylor TL, Hall SE, Carr MM, Mossop JE. Detection of silent intervals between noises activating different perceptual channels: some properties of "central" auditory gap detection. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 101, n. 6, p. 3694-3705, 1997.

Phillips DP, Gordon-Salant S, Fitzgibbons PJ, Yeni-Komshian Grace. Frequency and temporal resolution in elderly listeners with good and poor word recognition. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**. v. 43, p. 217-28, 2000.

Phillips DP, Farmer ME. Acquired word deafness, and the temporal grain of sound representation in the primary auditory cortex. **Behavioural Brain Research**. v. 40, p. 85-94, 1990.

Phillips DP, Hall SE. Independence of frequency channels in auditory temporal gap detection. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 108, n. 6, p. 2957-63, 2000.

Phillips DP, Hall SE. Response timing constraints on the cortical representation of sound time structure. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 88, n. 3, p. 1403-11, 1990.

Phillips DP, Sark S. A. Separate mechanisms control spike numbers and inter-spike intervals in transient responses of cat auditory cortex neurons. **Hearing Research**. v. 53, p. 17-27, 1991.

Plomp R. Rate of decay auditory sensation. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 36, n. 2, p. 277-92, 1964.

Previc FH. A general theory concerning the prenatal origins of cerebral lateralization in humans. **Psychological Review**. v. 98, n. 3, p. 299-334, 1991.

Rammsayer TH, Leutner D. Temporal discrimination as a function of marker duration. **Perception & Psychophysics**. v. 58, n. 8, p. 1213-23, 1996.

Robin DA, Royer FL. Age-related changes in auditory temporal processing. **Psychology and Aging**. v. 4, n. 2, p. 144-9, 1989.

Robin DA, Royer FL. Auditory temporal processing: two-tone flutter fusion and a model of temporal integration. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 82, n. 4, p. 1207-17, 1987.

Rubens AB. Anatomical asymmetries of human cerebral cortex. In: Harnad S, Doty RW, Goldstein L, Jaynes J, Krauthamer G. **Lateralization in the nervous system**. New York: Academic Press, 1977. p. 503-16.

Rupp A, Gutschalk A, Hack S, Scherg M. Temporal resolution of the human primary auditory cortex in gap detection. **Neuroreport**. v. 13, n. 17, p. 2203-7, 2002.

Rupp A, Hack S, Gutschalk A, Schneider P, Picton TW, Stippich C, Scherg M. Fast temporal interactions in human auditory cortex. **Neuroreport**. v. 11, n. 17, p. 3731-6, 2000.

Salmelin R, Schnitzler A, Parkkonen L, Biermann K, Helenius P, Kiviniemi K, Kuukka K, Schmitz F, Freund HJ. Native language, gender, and functional organization of the auditory cortex. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.** v. 96, p. 10460-5, 1999.

Santos MFC dos. **Processamento auditivo central: teste dicótico de dígitos em crianças e adultos normais [tese]**. São Paulo: Escola Paulista de Medicina (Unifesp); 1998.

Schneider BA, Hamstra SJ. Gap detection thresholds as a function of tonal duration for younger and older listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 106, n. 1, p. 371-80, 1999.

Schneider B, Speranza F, Pichora-Fuller MK. Age-related changes in temporal resolution: envelope and intensity effects. **Canadian Journal of Experimental Psychology**. v. 52, n. 4, p. 184-91, 1998.

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

Schoeny ZG, Talbott RE. Testes centrais: procedimentos utilizando estímulos não-verbais. In: Katz J. **Tratado de Audiologia Clínica**. São Paulo: Ed. Manole, 1999. Capítulo 15.

Schulte-Körne G, Deimel W, Bartling J, Remschmidt H. Role of auditory temporal processing for reading and spelling disability. **Perceptual and Motor Skills**. v. 86, p. 1043-7, 1998.

Shinn JB. Temporal processing: the basics. **Hear J**. v. 56, n. 7, p. 52, 2003.

Snell KB, Frisina DR. Relationships among age-related differences in gap detection and word recognition. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 107, n. 3, p. 1615-26, 2000.

Snell KB, Hu H. The effect of temporal placement on gap detectability. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 106, n. 6, p. 3571-7, 1999.

Spiegel MR. **Estatística**. 3^a ed. São Paulo: Ed. Afiliada, 1993. 640 p. Coleção Schaum.

Strouse A, Ashmead DH, Ohde RN, Grantham DW. Temporal processing in the aging auditory system. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 104, n. 4, p. 2385-99, 1998.

Sugimoto S, Hosokawa Y, Horikawa J, Nasu M, Taniguchi I. Spatial focusing of neuronal responses induced by asynchronous two-tone stimuli in the guinea pig auditory cortex. **Cortex Cerebral**. v. 12, n. 5, p. 506-14, 2002.

Sulakhe N, Elias LJ, Lejbak L. Hemispheric asymmetries for gap detection depend on noise type. **Brain and Cognition**. v. 53, n. 2, p. 372-5, 2003.

Syka J, Rybalko N, Mazelová J, Druga R. Gap detection threshold in the rat before and after auditory cortex ablation. **Hearing Research**. v. 172, p. 151-9, 2002.

Tallal P, Miller S, Fitch RH. Neurobiological basis of speech: a case for the preeminence of temporal processing. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v. 682, p. 27-47, 1993.

Tallal P, Piercy M. Defects of non-verbal auditory perception in children with developmental aphasia. **Nature**. v. 241, p. 468-9, 1973.

Tallal P, Piercy M. Developmental aphasia: the perception of brief vowels and extended stop consonants. **Neuropsychologia**. v. 13, p. 69-74, 1975.

Temple E, Poldrack RA, Protopapas A, Nagarajan S, Salz T, Tallal P, Merzenich MM. Disruption of the neural response to rapid acoustic stimuli in dyslexia: evidence from functional MRI. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.** v. 97, n. 25, p. 13907-12, 2000.

Trainor LJC, Samuel SS, Desjardins RN, Sonnadara RR. Measuring temporal resolution in infants using mismatch negativity (Neurophysiology, basic and clinical). **Neuroreport**. v. 12, n. 11, p. 2443-8, 2001.

Wiegand L, Krumbholz K. Temporal resolution and temporal masking properties of transient stimuli: data and an auditory model. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 105, n. 5, p. 2746-56, 1999.

Wilber LA. Calibração de tons puros, fala e ruído. In: Katz J. **Tratado de Audiologia Clínica**. São Paulo: Ed. Manole, 1999. Capítulo 6.

Wright BA, Buonomano DV, Mahncke HW, Merzenich MM. (1997a) Learning and generalization of auditory temporal-interval discrimination in humans. **The Journal of Neuroscience**. v. 17, n. 10, p. 3956-63, 1997.

Wright BA, Lombardino LJ, King WM, Puranik CS, Leonard CM, Merzenich MM. (1997b) Deficits in auditory temporal and spectral resolution in language-impaired children. **Nature**. v. 387, n. 6692, p. 176-8, 1997.

Yantis PA. Avaliação dos limiares auditivos por via aérea. In: Katz J. **Tratado de Audiologia Clínica**. São Paulo: Ed. Manole, 1999. Capítulo 7.

Zatorre RJ, Belin P. Spectral and temporal processing in human auditory cortex. **Cerebral Cortex**. v. 11, n. 10, p. 946-53, 2001.

Zhang LI, Bao S, Merzenick MM. Disruption of primary auditory cortex by synchronous auditory inputs during a critical period. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.** v. 99, p. 2309-14, 2002.