

## Comparação entre limiars de audibilidade e eletrofisiológico por estímulo tone burst

## A comparison between hearing and tone burst electrophysiological thresholds

Fernanda Rodrigues Pinto<sup>1</sup>, Carla Gentile Matas<sup>2</sup>

Palavras-chave: eletrofisiologia, limiar auditivo, potenciais evocados auditivos, potenciais evocados auditivos de tronco encefálico.  
Keywords: evoked potentials, auditory, evoked potentials, auditory.

### Resumo / Summary

**E**studos referem compatibilidade entre limiars eletrofisiológicos obtidos com o estímulo acústico tone burst no Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) e limiars para tons puros. **Objetivos:** Verificar a ocorrência das ondas I, III, V e seus respectivos tempos de latência para o tone burst em 500, 1000, 2000 e 4000 Hz a 80 dB NA, e comparar os limiars eletrofisiológicos para o tone burst com limiars de audibilidade e psicoacústico. **Casuística e Métodos:** Avaliação audiológica, psicoacústica e eletrofisiológica da audição de 40 indivíduos audiológicamente normais de 18 a 40 anos, de ambos os sexos. **Resultados:** Visualizou-se apenas a onda V a 80 dB NA, sendo que sua latência diminuiu com o aumento da frequência em ambos os sexos. Em 1000, 2000 e 4000 Hz o sexo masculino apresentou maiores valores de latência da onda V a 80 dB NA e valores de limiars eletrofisiológicos mais elevados que o feminino em todas as frequências. Em 500, 1000 e 2000 Hz, os limiars eletrofisiológico, de audibilidade e psicoacústico encontraram-se estatisticamente diferentes entre si. **Conclusão:** Apesar da aplicabilidade clínica dos PEATE com tone burst, são necessárias mais pesquisas a fim de padronizar as técnicas de realização do exame e resultados.

**S**tudies have reported compatibility between hearing and electrophysiological thresholds in the auditory brainstem response (ABR) with tone burst stimuli. **Aims:** to verify waves I, III, V and their latency times for tone bursts at 500, 1000, 2000 and 4000 Hz and at 80 dB HL, and to compare tone burst electrophysiological thresholds with those obtained from audiological and psychoacoustic evaluations. **Methods:** audiological, psychoacoustic and electrophysiological evaluations of 40 male and female normal hearing individuals aged between 18 and 40 years were undertaken. **Results:** only wave V was visualized at 80 dB HL and its latency values decreased with increased frequencies in both genders. At 1000, 2000 and 4000 Hz male subjects presented higher electrophysiological thresholds values than females at all frequencies. At 500, 1000 and 2000 Hz, electrophysiological, hearing, and psychoacoustic thresholds were statistically different in both genders. **Conclusion:** although ABR with tone burst stimulus is clinically applicable, further research is needed to standardize test techniques and results.

<sup>1</sup> Fonoaudióloga, Bolsista de Capacitação Técnica pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP.

<sup>2</sup> Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> do Curso de Fonoaudiologia do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Curso de Fonoaudiologia do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - FMUSP.

Endereço para correspondência: Rua Padre Corino Sani 225 São Paulo SP 02441-160 Lauzane.

Trabalho realizado no Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Potenciais Evocados Auditivos do Curso de Fonoaudiologia do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - FMUSP - São Paulo (SP), Brasil, com financiamento FAPESP, processo nº 04/14300-7.

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da RBORL em 30 de junho de 2006. cod. 2555.

Artigo aceito em 17 de novembro de 2006.

---

## INTRODUÇÃO

---

Durante as diversas funções exercidas pelo sistema nervoso central, são geradas atividades bioelétricas que podem ser captadas por eletrodos conectados ao couro cabeludo. Estes são potenciais de pequena amplitude (100 milivolts) que, ao serem amplificados, podem ser registrados e mensurados por técnicas apropriadas como a eletroencefalografia<sup>1</sup>.

Os Potenciais Evocados Auditivos podem ser classificados em precoces, médios e tardios<sup>2</sup>. O Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) é um potencial precoce que ocorre de 0 a 10 milissegundos (ms) após a apresentação do estímulo acústico, sendo que a presença ou não deste permite avaliar a integridade da via auditiva no tronco encefálico<sup>3</sup>. As respostas são geradas mediante a apresentação de estímulo acústico por meio de um par de fones supra-aurais modelo TDH 39 e, a fim de captar da atividade elétrica proveniente das estruturas que compõem a via auditiva desde o nervo auditivo até o mesencéfalo, são utilizados eletrodos de superfície conectados ao couro cabeludo e mastóides ou lóbulos das orelhas.

Estas respostas consistem numa série de sete ondas geradas por uma ou mais estruturas ao longo da via auditiva com os seguintes sítios geradores: onda I: porção distal ao tronco encefálico do nervo auditivo; onda II: porção proximal ao tronco encefálico do nervo auditivo; onda III: núcleo coclear; onda IV: complexo olivar superior; onda V: lemnisco lateral; onda VI: colículo inferior; onda VII: corpo geniculado medial.<sup>4</sup>

O PEATE é utilizado rotineiramente na prática clínica, devido a sua reprodutibilidade e propriedades de localização. O principal objetivo é complementar os procedimentos audiológicos de rotina, auxiliando no diagnóstico de problemas auditivos difíceis de serem avaliados de forma confiável.

Vários tipos de estímulos acústicos podem ser utilizados a fim de desencadear as respostas elétricas do tronco encefálico. Atualmente, o mais empregado é o clique, por apresentar um espectro amplo de frequências permitindo, dessa maneira, estimular uma quantidade maior de fibras, porém não permite uma seletividade de frequências, enfatizando apenas as mais altas por volta de 3000 a 6000 Hz<sup>1</sup>. Para obtermos respostas específicas por frequências, podem ser empregados estímulos acústicos como o tone burst e tone pip<sup>3</sup>.

O estímulo acústico tone burst permite obter respostas de faixas de frequência relativamente estreitas, principalmente as frequências mais baixas<sup>5</sup>.

Para alguns autores<sup>6</sup>, a utilização do estímulo tone burst no PEATE mostra-se uma técnica precisa e de utilidade clínica para estimar a sensibilidade auditiva nas frequências de 500 a 4000 Hz em crianças e adultos, pois os limiares eletrofisiológicos obtidos com este estímulo

são compatíveis com os limiares para tons puros, apesar de se apresentarem maiores para a frequência de 500 Hz em relação à frequência de 4000 Hz.

Por outro lado, diversos trabalhos<sup>7-10</sup> ressaltam que a qualidade nas respostas do PEATE com estímulo tone burst é pobre, principalmente na frequência de 500 Hz, apresentando ondas complexas, difíceis de serem visualizadas e com grande variabilidade de respostas. Nestes estudos<sup>7,9</sup> foram encontrados poucos indivíduos com limiares eletrofisiológicos abaixo de 70 dB NA, tornando, portanto, a utilidade clínica deste estímulo questionável.

A qualidade das respostas obtidas com o estímulo tone burst em 1000 Hz parece ser um pouco melhor do que a obtida na frequência de 500 Hz, porém ainda é necessário o uso de fator de correção de 30 a 40 dB NS nos limiares obtidos<sup>10</sup>, demonstrando desta forma que o tone burst parece não ser um bom estímulo para ser utilizado na rotina clínica, levando-se em consideração a compatibilidade entre limiar para tons puros e limiar eletrofisiológico.

Existem diversos estudos na literatura utilizando o estímulo clique para a obtenção do PEATE. Porém, há poucos estudos em relação à padronização das respostas obtidas com o estímulo tone burst.

Portanto, os objetivos do presente estudo foram verificar a ocorrência das ondas I, III, V e seus respectivos tempos de latência para o estímulo acústico tone burst em 500, 1000, 2000 e 4000 Hz a 80 dB NA em indivíduos audiológicamente normais, de 18 a 40 anos de idade, bem como comparar os limiares eletrofisiológicos para o estímulo acústico tone burst com os obtidos nas avaliações audiológica e psicoacústica.

---

## CASUÍSTICA E MÉTODOS

---

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projeto de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), em sessão de 27/01/05, sob o Protocolo de Pesquisa nº 1089/04.

Foram realizadas avaliações audiológica, eletrofisiológica e psicoacústica em 40 indivíduos adultos audiológicamente normais, sendo 20 do sexo feminino e 20 do sexo masculino, com idades variando entre 18 e 40 anos.

Os participantes assinaram um termo de consentimento, no qual estavam descritos todos os procedimentos a serem realizados. Após a realização da anamnese foi dado início à avaliação audiológica, composta pelos seguintes procedimentos: inspeção do meato acústico externo com o otoscópio da marca Heine, audiometria tonal e vocal, e medidas de imitância acústica, com os audiômetros modelos GSI 61 e GSI 68, e imitânciômetro modelo GSI 33, da marca Grason-Statler. Foram considerados limiares de audibilidade normais os valores obtidos entre

0 e 25 decibéis nível de audição (dB NA) nas frequências de 250 a 8000 Hz.

Na avaliação eletrofisiológica foi realizado o PEATE com estímulo tone burst nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. O equipamento utilizado foi o Modelo Traveler Express da Marca Biologic, calibrado de acordo com a norma ANSI S3.7-1996.

A limpeza de pele foi feita com pasta abrasiva e os eletrodos fixados à pele do indivíduo por meio de pasta eletrolítica e fita adesiva nas posições do vértex e mastóides direita e esquerda.

Verificou-se os valores de impedância dos eletrodos que deveriam situar-se abaixo de 5 quilo ohms (Kohms). O estímulo acústico foi apresentado por meio de um par de fones supra-aurais modelo TDH 39.

Inicialmente, a intensidade do estímulo acústico tone burst foi de 80 dB NA, na qual buscou-se identificar as ondas I, III, V e seus respectivos tempos de latência. Para pesquisa do limiar eletrofisiológico, a intensidade foi diminuída gradativamente, de 20 em 20 dB até a onda V não ser mais visualizada. Depois disso, aumentamos a intensidade de 10 em 10 dB até obtermos a menor intensidade na qual a Onda V aparecia em menor amplitude, sendo este ponto considerado o limiar eletrofisiológico. Foi apresentado um total de 1500 estímulos por estimulação. A estimulação foi feita duas vezes na mesma intensidade, a fim de verificar a ocorrência de reprodutibilidade do traçado, e conseqüentemente, presença de resposta<sup>3</sup>.

A pesquisa do limiar psicoacústico para o tone burst foi realizada durante a própria pesquisa do limiar eletrofisiológico. Esta pesquisa teve por objetivo verificar se o indivíduo estava escutando o estímulo acústico que estava sendo apresentado, mesmo na ausência de resposta no PEATE, sendo definido como limiar psicoacústico a menor intensidade na qual o indivíduo escutava o estímulo tone burst em 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.

## RESULTADOS

Para análise dos dados, foram utilizados os testes ANOVA e Igualdade de Duas Proporções. Para complementar a análise descritiva, utilizou-se a técnica de Intervalo de Confiança para a média e para a proporção.

O nível de significância adotado foi de 0,05 (5%) e os intervalos foram construídos com 95% de confiança estatística.

Não foram observadas as ondas I e III a 80 dB NA nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, em ambos os sexos.

Com relação à porcentagem de ocorrência da onda V a 80 dB NA nas orelhas direita e esquerda para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, não foram observadas diferenças proporcionais entre as orelhas em ambos os sexos. Portanto, foi realizada a comparação da ocorrência da Onda V entre os sexos para as diversas

frequências estudadas, considerando como ausência de resposta para uma determinada frequência quando em pelo menos uma das orelhas não foi obtida resposta (Tabela 1). Em nenhuma das frequências pesquisadas observou-se diferença proporcional entre os sexos para a ocorrência da onda V.

Com relação à latência da onda V, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre as orelhas direita e esquerda nas frequências avaliadas em ambos os sexos. A Tabela 2 mostra as médias de latência da Onda V a 80 dB NA tanto para o sexo feminino como para o sexo masculino, nas diversas frequências analisadas.

Averiguamos que nas frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz, foram encontradas diferenças médias estatisticamente significantes entre os sexos feminino e masculino para a latência da Onda V (p-valores 0,010; 0,012; <0,001 respectivamente). Em todas estas frequências, a média da latência da onda V para o sexo masculino foi maior do que a obtida para o sexo feminino.

Com relação aos de audibilidade, eletrofisiológico e psicoacústico nas frequências testadas, observamos que não ocorreu diferença média estatisticamente significativa entre as orelhas direita e esquerda tanto para o limiar de audibilidade como para os limiares eletrofisiológico e psicoacústico em ambos os sexos.

Portanto, foi possível agruparmos os dados obtidos em ambas as orelhas resultando em uma média final de limiares de audibilidade, eletrofisiológicos e psicoacústicos. A seguir, foi feita a comparação dos limiares de audibilidade, eletrofisiológico e psicoacústico entre os sexos nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz (Tabelas 3, 4, 5 e 6).

Na frequência de 500 Hz, a média dos limiares eletrofisiológico e psicoacústico do sexo masculino foi maior que a do sexo feminino (p-valor <0,001 e 0,037 respectivamente). Nas frequências de 1000 e 2000 Hz, os indivíduos do sexo masculino apresentaram a maior média para o limiar eletrofisiológico (p-valor <0,001 em ambas as frequências). Na frequência de 4000 Hz a média para os limiares eletrofisiológico e auditivo do sexo masculino foi maior que a do sexo feminino (p-valor <0,001 e 0,029 respectivamente).

Na última análise os limiares eletrofisiológico, psicoacústico e de audibilidade foram comparados entre si, em cada frequência avaliada, para os sexos masculino e feminino (Tabelas 7, 8, 9 e 10).

Para as frequências de 500, 1000 e 2000 Hz, os três limiares (audibilidade, eletrofisiológico e psicoacústico) foram estatisticamente diferentes entre si, em ambos os sexos (p-valor <0,001 nas três frequências analisadas). Na frequência de 4000 Hz, o limiar eletrofisiológico foi estatisticamente diferente do limiar de audibilidade e psicoacústico (p-valor <0,001), porém estes dois limiares foram estatisticamente iguais entre si, para ambos os sexos.

**Tabela 1.** Distribuição da ocorrência da onda V a 80 dB NA para os gêneros masculino e feminino, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.

Onda V	500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz	
	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem
Qtde	36	36	40	40	40	40	39	40
%	90,0%	90,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,5%	100,0%
var	9,3%	9,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%
p-valor	1,000		- x -		- x -		0,314	

**Legenda:** Masc: Masculino, Fem: Feminino, Var: índice de variação.

**Tabela 2.** Comparação da latência da Onda V a 80 dB NA entre os gêneros feminino e masculino.

Latência onda V	500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz	
	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem
Mínimo	7,18	7,18	7,25	7,02	6,86	6,71	6,79	6,08
Máximo	8,97	9,75	9,36	9,28	8,27	9,28	8,5	7,49
Tamanho	36	36	40	40	40	40	39	40
Limite Inferior	7,89	7,65	7,75	7,46	7,39	7,13	7,20	6,88
Limite Superior	8,20	8,02	8,03	7,76	7,59	7,40	7,43	7,04
Média	8,05	7,84	7,89	7,61	7,49	7,26	7,31	6,96
Mediana	8,11	7,92	7,76	7,41	7,41	7,18	7,25	6,94
Desvio Padrão	0,48	0,57	0,45	0,49	0,33	0,44	0,36	0,26
p-valor	0,097		0,010*		0,012*		<0,001*	

**Legenda:** Masc: Masculino, Fem: Feminino, \*: p-valor estatisticamente significativo.

**Tabela 3.** Comparação dos limiares de audibilidade, eletrofisiológico e psicoacústico entre os gêneros masculino e feminino, na frequência de 500 Hz.

500 Hz	LA		LE		LP	
	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem
Mínimo	0	0	40	40	15	5
Máximo	15	20	80	80	40	45
Tamanho	40	40	34	36	40	40
Limite Inferior	4,77	3,59	60,41	50,31	27,76	23,40
Limite Superior	7,98	6,16	67,24	58,02	31,99	28,85
Média	6,38	4,88	63,82	54,17	29,88	26,13
Mediana	5	5	60	50	30	25
Desvio Padrão	5,19	4,16	10,15	11,80	6,84	8,81
p-valor	0,158		<0,001*		0,037*	

**Legenda:** Masc: Masculino, Fem: Feminino, LA: Limiar de audibilidade, LE: Limiar eletrofisiológico, LP: Limiar psicoacústico, \*: p-valor estatisticamente significativo.

**Tabela 4.** Comparação dos limiares de audibilidade, eletrofisiológico e psicoacústico entre os gêneros masculino e feminino, na frequência de 1000 Hz.

1000 Hz	LA		LE		LP	
	Homem	Mulher	Homem	Mulher	Homem	Mulher
Mínimo	0	0	50	30	5	5
Máximo	15	15	80	80	35	40
Tamanho	40	40	39	40	40	40
Limite Inferior	3,01	3,44	62,52	50,89	19,40	18,60
Limite Superior	5,74	5,81	68,76	57,61	23,85	23,15
Média	4,38	4,63	65,64	54,25	21,63	20,88
Mediana	5	5	60	50	25	20
Desvio Padrão	4,41	3,82	9,95	10,83	7,20	7,33
p-valor	0,787		<0,001*		0,645	

**Legenda:** Masc: Masculino, Fem: Feminino, LA: Limiar de audibilidade, LE: Limiar eletrofisiológico, LP: Limiar psicoacústico, \*: p-valor estatisticamente significante.

**Tabela 5.** Comparação dos limiares de audibilidade, eletrofisiológico e psicoacústico entre os gêneros masculino e feminino, na frequência de 2000 Hz.

2000 Hz	LA		LE		LP	
	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem
Mínimo	0	0	40	30	0	0
Máximo	20	10	70	70	30	30
Tamanho	40	40	40	40	40	40
Limite Inferior	2,68	2,74	56,02	46,53	10,21	10,87
Limite Superior	6,12	5,01	61,48	52,47	14,54	15,13
Média	4,40	3,88	58,75	49,50	12,38	13,00
Mediana	3	5	60	50	10	10
Desvio Padrão	5,55	3,67	8,83	9,59	6,98	6,87
p-valor	0,619		<0,001*		0,688	

**Legenda:** Masc: Masculino, Fem: Feminino, LA: Limiar de audibilidade, LE: Limiar eletrofisiológico, LP: Limiar psicoacústico, \*p-valor estatisticamente significante.

**Tabela 6.** Comparação dos limiares de audibilidade, eletrofisiológico e psicoacústico entre os gêneros masculino e feminino, na frequência de 4000 Hz.

4000 Hz	LA		LE		LP	
	Homem	Mulher	Homem	Mulher	Homem	Mulher
Mínimo	0	0	40	20	0	0
Máximo	25	20	80	70	25	20
Tamanho	40	40	39	40	40	40
Limite Inferior	4,13	2,00	54,92	44,54	4,66	3,80
Limite Superior	8,12	4,75	61,49	50,46	8,09	7,45
Média	6,13	3,38	58,21	47,50	6,38	5,63
Mediana	5	2,5	60	50	5	5
Desvio Padrão	6,45	4,44	10,48	9,54	5,55	5,90
p-valor	0,029*		<0,001*		0,560	

**Legenda:** Masc: Masculino, Fem: Feminino, LA: Limiar de audibilidade, LE: Limiar eletrofisiológico, LP: Limiar psicoacústico, \*: p-valor estatisticamente significante.

**Tabela 7.** Comparação entre os limiares de audibilidade, eletrofisiológico e psicoacústico em 500 Hz.

500 Hz	Homem			Mulher		
	LA	LE	LP	LA	LE	LP
Mínimo	0	40	15	0	40	5
Máximo	15	80	40	20	80	45
Tamanho	40	34	40	40	36	40
Limite Inferior	4,77	60,41	27,76	3,59	50,31	23,40
Limite Superior	7,98	67,24	31,99	6,16	58,02	28,85
Média	6,38	63,82	29,88	4,88	54,17	26,13
Mediana	5	60	30	5	50	25
Desvio Padrão	5,19	10,15	6,84	4,16	11,80	8,81
p-valor	<0,001*			<0,001*		

500 Hz	LA	LE	
Homem	LE	<0,001*	
	LP	<0,001*	<0,001*
Mulher	LE	<0,001*	
	LP	<0,001*	<0,001*

**p-valores**

**Legenda:** LA: Limiar de audibilidade, LE: Limiar eletrofisiológico, LP: Limiar psicoacústico, \*: p-valor estatisticamente significativo.

**Tabela 8.** Comparação entre os limiares de audibilidade, eletrofisiológico e psicoacústico em 1000 Hz.

1000 Hz	Homem			Mulher		
	LA	LE	LP	LA	LE	LP
Mínimo	0	50	5	0	30	5
Máximo	15	80	35	15	80	40
Tamanho	40	39	40	40	40	40
Limite Inferior	3,01	62,52	19,40	3,44	50,89	18,60
Limite Superior	5,74	68,76	23,85	5,81	57,61	23,15
Média	4,38	65,64	21,63	4,63	54,25	20,88
Mediana	5	60	25	5	50	20
Desvio Padrão	4,41	9,95	7,20	3,82	10,83	7,33
p-valor	<0,001*			<0,001*		

1000 Hz	LA	LE	
Homem	LE	<0,001*	
	LP	<0,001*	<0,001*
Mulher	LE	<0,001*	
	LP	<0,001*	<0,001*

**p-valores**

**Legenda:** LA: Limiar de audibilidade, LE: Limiar eletrofisiológico, LP: Limiar psicoacústico, \*: p-valor estatisticamente significativo.

**Tabela 9.** Comparação entre os limiares de audibilidade, eletrofisiológico e psicoacústico em 2000 Hz.

2000 Hz	Homem			Mulher		
	LA	LE	LP	LA	LE	LP
Mínimo	0	40	0	0	30	0
Máximo	20	70	30	10	70	30
Tamanho	40	40	40	40	40	40
Limite Inferior	2,68	56,02	10,21	2,74	46,53	10,87
Limite Superior	6,12	61,48	14,54	5,01	52,47	15,13
Média	4,40	58,75	12,38	3,88	49,50	13,00
Mediana	3	60	10	5	50	10
Desvio Padrão	5,55	8,83	6,98	3,67	9,59	6,87
p-valor	<0,001*			<0,001*		

2000 Hz	LA	LE	
Homem	LE	<0,001*	
	LP	<0,001*	<0,001*
Mulher	LE	<0,001*	
	LP	<0,001*	<0,001*

**p-valores**

**Legenda:** LA: Limiar de audibilidade, LE: Limiar eletrofisiológico, LP: Limiar psicoacústico, \*: p-valor estatisticamente significativo.

**Tabela 10.** Comparação entre os limiares de audibilidade, eletrofisiológico e psicoacústico em 4000 Hz.

4000 Hz	Homem			Mulher		
	LA	LE	LP	LA	LE	LP
Mínimo	0	40	0	0	20	0
Máximo	25	80	25	20	70	20
Tamanho	40	39	40	40	40	40
Limite Inferior	4,13	54,92	4,66	2,00	44,54	3,80
Limite Superior	8,12	61,49	8,09	4,75	50,46	7,45
Média	6,13	58,21	6,38	3,38	47,50	5,63
Mediana	5	60	5	2,5	50	5
Desvio Padrão	6,45	10,48	5,55	4,44	9,54	5,90
p-valor	<0,001*			<0,001*		

4000 Hz	LA	LE	
Homem	LE	<0,001*	
	LP	0,989	<0,001*
Mulher	LE	<0,001*	
	LP	0,322	<0,001*

**p-valores**

**Legenda:** LA: Limiar de audibilidade, LE: Limiar eletrofisiológico, LP: Limiar psicoacústico, \*: p-valor estatisticamente significativo.

## DISCUSSÃO

No presente estudo, não foram verificadas as ondas I e III a 80 dB NA, o que está de acordo com Ribeiro (2002)<sup>11</sup>, que em estudo com recém-nascidos termo e pré-termo, também não verificou a presença das ondas I e III e os interpicos I-III, III-V e I-V, mesmo em intensidades fortes.

Não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes entre as orelhas direita e esquerda em nenhuma das análises realizadas.

Na Tabela 1 observa-se a ocorrência da onda V a 80 dB NA, não sendo verificadas diferenças estatisticamente significantes entre os sexos.

No presente estudo a ocorrência da onda V nas frequências de 1000 e 2000 Hz foi de 100% em ambos os sexos. Já em 500 Hz houve 90% de respostas para ambos os sexos e, em 4000 Hz, 97,5% de respostas para o sexo masculino e 100% para o sexo feminino. Embora, conforme relatado por Davis e Hirsh (1976)<sup>7</sup>; Laukli et al. (1988)<sup>9</sup>; Conijn et al. (1993)<sup>12</sup>; Ribeiro (2002)<sup>11</sup>; Stueve e O'Rourke (2003)<sup>13</sup>; Moreira et al. (2005)<sup>14</sup>, a onda V com estímulo tone burst seja um potencial de difícil visualização mesmo em intensidades elevadas, no presente estudo houve uma maior dificuldade na identificação da onda V na frequência de 500 Hz do que nas demais frequências, o que para Sininger e Abdala (1996)<sup>15</sup>, pode ser justificado pela menor sincronia neural nas frequências mais baixas.

Com relação aos valores de latência da onda V a 80 dB NA descritos na Tabela 2, pode-se observar uma diferença estatisticamente significativa entre os sexos nas frequências acima de 1000 Hz, sendo que a média dos valores foi menor para o sexo feminino. Consultando a literatura especializada, Munhoz et al. (2003)<sup>16</sup> afirmaram que as latências das ondas I, III e V no PEATE com estímulo clique tendem a ser mais precoce no sexo feminino. Para estes autores, a latência da onda V costuma ser em média 0,2ms mais precoce em mulheres. Estes achados podem ser justificados pelas respostas cocleares mais rápidas no sexo feminino, as quais influenciariam na precocidade observada no tronco encefálico (Don et al., 1994)<sup>17</sup>.

Pode-se observar ainda que, em ambos os sexos, o valor da latência da onda V diminuiu com o aumento da frequência. Este dado esteve de acordo com os estudos de Neely et al. (1988)<sup>18</sup> e Nagao e Matas (2001)<sup>19</sup>, os quais afirmaram que as frequências baixas, por ocuparem o ápice da cóclea, percorrem uma distância maior que as altas, ocorrendo conseqüentemente um surgimento tardio das ondas do potencial evocado auditivo para sons de frequências baixas. Portanto, justificaram uma maior latência da onda V nas frequências baixas em relação às médias e altas. Em estudo com recém-nascidos, Ribeiro<sup>11</sup> também encontrou valores de latência da onda V maiores para frequências mais baixas.

No presente estudo pode-se observar, em ambos os sexos, que os limiares eletrofisiológicos diminuem com o aumento da frequência (de 1000 para 2000 Hz, de 2000 para 4000 Hz), estando estes resultados de acordo com os trabalhos de Beattie et al. (1996)<sup>20</sup> e Cone-Wesson et al. (2002)<sup>6</sup>, que também verificaram uma diminuição do limiar eletrofisiológico para as frequências mais altas. Os altos valores dos limiares eletrofisiológicos para as frequências mais baixas podem ser justificados, segundo Sininger e Abdala (1996)<sup>15</sup>, pela difícil visualização do traçado e a menor sincronia neural nestas frequências.

Os dados encontrados demonstram que o sexo masculino apresentou valores de limiares eletrofisiológicos mais elevados que o sexo feminino em todas as frequências, sendo esta diferença estatisticamente significativa. Estes achados estiveram de acordo com o estudo de Sininger e Abdala (1998)<sup>21</sup> que, em pesquisa com recém-nascidos e adultos audiologicamente normais, encontraram melhor limiar eletrofisiológico para o sexo feminino. As autoras justificaram este achado pelo menor comprimento da cóclea feminina e pela mais rápida deterioração auditiva no sexo masculino.

Os limiares eletrofisiológicos, de audibilidade e psicoacústicos foram comparados entre si nas quatro frequências avaliadas (Tabelas 7, 8, 9 e 10). Foram encontradas diferenças estatisticamente significantes em 500, 1000 e 2000 Hz, entre os três limiares pesquisados em ambos os sexos. Na frequência de 4000 Hz, os limiares de audibilidade e psicoacústico não foram diferentes entre si, porém ambos diferiram do limiar eletrofisiológico.

Comparando-se as médias dos limiares eletrofisiológico e psicoacústico nos sexos feminino e masculino verificou-se aumento da diferença entre os limiares com o aumento da frequência. No nosso estudo, estes dados justificaram-se devido a maior diminuição do limiar psicoacústico com o aumento da frequência quando comparado com a diminuição do limiar eletrofisiológico.

Comparando-se as médias dos limiares eletrofisiológico e de audibilidade nos sexos feminino e masculino, verificou-se que a diferença entre estes limiares diminuiu o aumento da frequência, pois neste estudo o limiar de audibilidade apresentou valores constantes em todas as frequências, enquanto que o limiar eletrofisiológico diminuiu. Consultando a literatura especializada, não foram encontrados estudos com as comparações realizadas neste trabalho entre os três limiares pesquisados. Portanto, os resultados foram comparados parcialmente de acordo com os achados de outros estudos.

Os achados deste estudo encontram-se semelhantes aos de Davis e Hirsh (1976)<sup>7</sup>; Laukli et al. (1988)<sup>9</sup>; Fjermedal e Laukli (1989)<sup>10</sup>; Sininger e Abdala (1996)<sup>15</sup>, os quais ressaltam uma diferença considerável entre o limiar de audibilidade e o limiar eletrofisiológico, tanto em indivíduos normais como em crianças, principalmente

nas frequências abaixo de 1000 Hz, sendo esta diferença menor para a frequência de 2000 Hz<sup>9</sup>.

Nos trabalhos acima referidos<sup>7,9,10,15</sup> esta diferença encontrou-se em torno de 30 a 40 dB NS, sendo que no presente estudo observou-se uma diferença maior, em torno de 40 a 50 dB NS para o sexo feminino e de 50 a 60 dB NS para o sexo masculino. O fato de terem sido encontrados resultados incompatíveis entre os limiares de audibilidade e eletrofisiológico pode ser justificado, segundo Sininger e Abdala (1996)<sup>15</sup>, pela menor sincronia neural na região de frequências abaixo de 1000 Hz. Para estas autoras, este problema pode ser parcialmente solucionado com a calibração adequada do equipamento.

Também foram encontradas, nesta pesquisa, diferenças entre os limiares psicoacústico e de audibilidade, estando o limiar psicoacústico mais elevado. Isto pode ter ocorrido devido ao fato da sala em que foi realizado o PEATE e, conseqüentemente, obtido o limiar psicoacústico, não ser completamente isolada acusticamente, fazendo com que o ruído ambiental interferisse na obtenção dos resultados.

Além de a sala na qual os exames foram realizados não ser completamente isolada de ruídos externos, a maioria dos indivíduos avaliados encontrava-se acordado durante a realização do exame, o que pode ter levado a interferência elétrica, pois muitos se movimentavam durante o teste por impaciência, já que o mesmo demorava mais de 1 hora para ser finalizado. Acredita-se, desta forma, que estes problemas possam ter interferido na obtenção dos limiares pesquisados (eletrofisiológico e psicoacústico).

Conijn et al. (1993)<sup>12</sup>, Conijn et al. (1990)<sup>22</sup>, Stapells (2000)<sup>23</sup>, Beattie e Rochverger (2001)<sup>24</sup> apontaram algumas dificuldades na realização do PEATE com tone burst, principalmente no que tange ao tipo de filtro passa-alto utilizado, isolamentos elétrico e acústico do ambiente, calibração do equipamento, longo tempo na determinação dos limiares eletrofisiológicos e estado de sono do paciente durante a avaliação, fazendo com que os limiares eletrofisiológicos sejam encontrados em níveis mais elevados quando comparados com os limiares de audibilidade, além de prejudicar a qualidade do traçado obtido.

Os problemas técnicos encontrados e a demora na obtenção dos limiares eletrofisiológicos com tone burst fazem com que esta técnica tenha pouca aplicabilidade clínica em adultos, fato não observado nos estudos de Ribeiro (2002)<sup>11</sup>, Stapells (2000)<sup>23</sup>, Stapells et al. (1995)<sup>25</sup>, os quais realizaram os testes com crianças, observando grande fidedignidade entre limiares de audibilidade e eletrofisiológico, provavelmente devido às condições mais favoráveis de realização do exame.

## CONCLUSÕES

Frente aos resultados apresentados neste estudo foram obtidas as seguintes conclusões:

1- Não foram observadas as Ondas I e III a 80 dB NA nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, em ambos os sexos.

2- Nas frequências de 1000 Hz e 2000 Hz a ocorrência da onda V foi de 100% para ambos os sexos. Em 500 Hz houve 90,0% de respostas para ambos os sexos e, em 4000 Hz, 97,5% de respostas para o sexo masculino e 100% para o sexo feminino.

3- A latência da Onda V e o limiar eletrofisiológico diminuíram com o aumento da frequência, tanto para o sexo masculino como para o feminino.

4- O sexo masculino apresentou limiares eletrofisiológicos mais elevados que o sexo feminino em todas as frequências. Os limiares psicoacústicos do sexo masculino foram mais elevados que os do sexo feminino na frequência de 500 Hz.

5- Os limiares auditivo, eletrofisiológico e psicoacústico apresentaram diferenças estatisticamente significantes em 500, 1000 e 2000 Hz, em ambos os sexos. Na frequência de 4000 Hz, os limiares auditivo e psicoacústico não diferiram entre si, porém ambos diferiram do limiar eletrofisiológico.

6- Embora a realização do PEATE com estímulo tone burst tenha grande aplicabilidade clínica, os resultados obtidos no presente estudo demonstraram uma diferença significativa entre os limiares eletrofisiológico e de audibilidade na população adulta. Portanto, mais pesquisas na área devem ser realizadas a fim de padronizar as técnicas de realização do exame e os resultados obtidos nos PEATE com estímulo tone burst.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Matas CG, Frazza MM, Munhoz MSL. Aplicação do potencial auditivo de tronco encefálico em audiologia pediátrica. Em: Basseto MCA, Brock R, Wajnstein R. Neonatologia: um convite à atuação fonoaudiológica. São Paulo: Lovise; 1998. p. 301-10.
2. Picton TW, Hillyard SA, Kraus HI, Gallambos R. Human auditory evoked potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1974;36:179-90.
3. Matas CG. Medidas eletrofisiológicas da audição: audiometria de tronco cerebral. Em: Carvallo RMM. Fonoaudiologia informação para formação. Procedimentos em audiologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003. p. 43-57.
4. Möller AR, Jannetta P, Bennett M, Möller MB. Intracranially recorder responses from human auditory nerve: new insights into the origin of brainstem response evoked potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1981;52:18-27.
5. Ferraro JA, Durrant JD. Potenciais auditivos evocados: visão geral e princípios básicos. Em: Katz J. Tratado de audiologia clínica. São Paulo: Manole; 1999. p.315-36.
6. Cone-Wesson B, Dowell RC, Tomlin D, Rance G, Ming WJ. The auditory steady-state response: comparisons with the auditory brainstem response. *J Am Acad Audiol* 2002;13:173-87.
7. Davis H, Hirsh SK. The audiometric utility of brain stem responses to low frequency sounds. *Audiology* 1976;15:181-95.
8. Laukli E, Mair IWS. Frequency specificity of the auditory brainstem responses - A derived band study. *Scand Audiol* 1986;15:141-6.
9. Laukli E, Fjermedal O, Mair IW. Low frequency auditory brainstem response threshold. *Scand Audiol* 1988;17:171-8.

- 
10. Fjermedal O, Laukli E. Low level 0.5 and 1 kHz auditory brainstem responses. A search for the low-frequency point in the two point ABR audiogram. *Scand Audiol* 1989;18:177-83.
  11. Ribeiro FGSM. Potencial evocado auditivo de tronco encefálico por frequência específica em recém-nascidos a termo e pré-termo [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2002.
  12. Conijn EAJG, Brocaar MP, Van Zanten GA. Frequency-specific aspects of the auditory brainstem response threshold elicited by 1000 Hz filtered clicks in subjects with sloping cochlear hearing losses. *Audiology* 1993;32:1-11.
  13. Steve MP; O'Rourke C. Estimation of hearing loss in children: comparison of auditory steady-state response, auditory brainstem response, and behavioral test methods. *Am J Audiol* 2003;12:125-36.
  14. Moreira RR, Schochat E, Matas CG, Neves IF, Leite RA. Audiometria de tronco encefálico: utilização de clique e tone burst em indivíduos portadores de PAIR. *Acta AWHO* 2005;23:1-5.
  15. Sininger YS, Abdala C. Hearing threshold as measured by auditory brain stem response in human neonates. *Ear Hear* 1996;17:395-401.
  16. Munhoz MSL, Silva MLG, Caovilla HH, Frazza MM, Ganança MM, Câmera JLS. Respostas auditivas de Tronco Encefálico. Em: Munhoz MSL, Caovilla HH, Silva MLG, Ganança MM. *Audiologia clínica. Série otoneurológica*. São Paulo: Atheneu; 2003. p. 191-220.
  17. Don M, Ponton CW, Eggermont JJ, Masuda A. Auditory brainstem response (ABR) peak amplitude variability reflects individual differences in cochlear response times. *J Acoust Soc Am* 1994;96:3476-91.
  18. Neely ST, Norton SJ, Gorga MP, Jesteadt W. Latency of auditory brainstem responses and otoacoustic emissions using tone-burst stimuli. *J Acoust Soc Am* 1988;83:652-6.
  19. Nagao DM, Matas CG. Audiometria de tronco encefálico: utilização de tone burst em jovens adultos audiológicamente normais. *Acta AWHO* 2001;20: 206-10.
  20. Beattie RC, Garcia E, Johnson A. Frequency specific ABR in adults with sensorineural hearing loss. *Audiology* 1996;35:194-203.
  21. Sininger YS, Abdala C. Physiologic assessment of hearing. In: Lalwani AK, Grundfast KM. *Pediatric otology and neurotology*. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers; 1998. p.127-54.
  22. Conijn EAJG, Brocaar MP, Van Zanten GA. Frequency specificity of auditory brainstem response elicited by 1000 Hz filtered clicks. *Audiology* 1990;29:181-95.
  23. Stapells DR. Threshold estimation by the tone evoked auditory brainstem response: a literature meta-analysis. *J Speech-Lang Path Audiology* 2000;24:74-83.
  24. Beattie RC, Rochverger I. Normative behavioral thresholds for short tone bursts. *J Am Acad Audiol* 2001;12:453-61.
  25. Stapells DR, Gravel JS, Martin BA. Thresholds for auditory brainstem responses to tones in notched noise from infants and young children with normal hearing for sensorineural hearing loss. *Ear Hear* 1995;16:361-71.