Libia Camargo Ribeiro Leite

**O efeito da estimulação *top-down* e *bottom-up* no
potencial evocado auditivo de tronco encefálico com
estímulo complexo**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Medicina da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre
em Ciências

Programa de Ciências da Reabilitação
Orientador: Prof^a. Dr^a. Eliane Schochat

São Paulo

2016

Libia Camargo Ribeiro Leite

**O efeito da estimulação *top-down* e *bottom-up* no
potencial evocado auditivo de tronco encefálico com
estímulo complexo**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Medicina da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre
em Ciências

Programa de Ciências da Reabilitação
Orientador: Prof^a. Dr^a. Eliane Schochat

São Paulo

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

©reprodução autorizada pelo autor

Leite, Libia Camargo Ribeiro

O efeito da estimulação *top-down* e *bottom-up* no potencial evocado auditivo de tronco encefálico com estímulo complexo / Libia Camargo Ribeiro Leite. -- São Paulo, 2016.

Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Ciências da Reabilitação.

Orientador: Eliane Schochat.

Descritores: 1.Potenciais evocados auditivos 2.Percepção da fala 3.Transtornos da percepção auditiva 4.Transtornos do desenvolvimento da linguagem 5.Plasticidade neuronal 6.Estimulação acústica

USP/FM/DBD-103/16

Dedico este trabalho à base de tudo o que sou:

*A Deus todo poderoso “Porque Dele,
por meio Dele e para Ele são todas as coisas,
à Ele pois a glória eternamente” (Rm 11.36);*

*À minha família! Aos meus pais Maira
e João Edson, a minha irmã Maria Eugénia,
meu irmão Silvíano e ao meu Gui. Obrigada
por fazerem de mim quem eu sou, por cada
dia me apoiando e incentivando.*

A vocês dedico este trabalho e todo meu amor!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por dirigir os meus passos e me mostrar os Seus caminhos, por estar sempre ao meu lado cuidando de mim a todo instante.

Aos meu pais por todo amor que têm por mim, por nunca me deixarem desistir e sempre me incentivarem a seguir os meus sonhos.

À minha irmã por estar comigo em todas as situações, me apoiando e tornando todo mais colorido e divertido.

Ao Guilherme, meu amor, por todo carinho e cuidado, por tamanha paciência e disposição em sempre me ajudar não importa a hora ou motivo, por estar ao meu lado a cada segundo, por sua imensa capacidade de me ouvir e me acalmar e me fazer saber que vai dar tudo certo! Eu amo você!

À Hortênsia, por me aguentar por tantos anos! Obrigada por sua amizade e companhia diária, por tornar os dias mais alegres e leves.

À minha orientadora Profa. Dra. Eliane Schochat, por todo carinho e generosidade com que transmite seu imenso conhecimento em audiologia. Por seu coração gigante e simples que nos ensina a cada dia lições de humildade e vida

Às meninas do LIF: Camila, Ivone, Renata Filippini e Cristina Murphy, que mesmo de longe estão sempre presentes, pelo apoio e disponibilidade em sempre esclarecerem minhas dúvidas.

De uma forma muito especial e com muito carinho eu agradeço à Carol, obrigada por toda paciência, pela disponibilidade em sempre esclarecer minhas

dúvidas e por me acompanhar de tão perto, obrigada por seu incentivo e por sua imensurável colaboração neste trabalho! Muito obrigada!

À Taise, Nina e de uma forma muito especial à Mayra, por todo incentivo e motivação, pela amizade e almoços ao longo desses anos que tornaram os dias de USP mais divertidos.

Agradeço à Caroline, Profa. Haydeé e Cristina Murphy pela participação no exame de qualificação e por toda contribuição para o aprimoramento deste estudo.

À fonoaudióloga Joyce Pinheiro por sua disposição em ajudar, dedicação e paciência comigo.

À minha amiga e sogra Walmira, por toda ajuda e amizade. Você e sua família são muito especiais para mim.

Às crianças que participaram deste estudo e seus responsáveis, pela confiança depositada. Sem vocês a concretização deste estudo não seria possível.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo suporte financeiro e a concessão da bolsa.

À todos vocês, muito obrigada!

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

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

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão 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. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Quadros

Lista de Anexos

Lista de Abreviações, Símbolos e Siglas

Resumo

1- INTRODUÇÃO	01
2- OBJETIVOS	07
3- REVISÃO DE LITERATURA	09
4- MÉTODOS	38
5- RESULTADOS	61
6- DISCUSSÃO	79
7- CONCLUSÃO	101
8- REFERÊNCIAS	104
9- ANEXOS	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Similaridades entre o traçado do estímulo de fala /da/ e a resposta neural do tronco encefálico obtida pelo PEATEc 13
Figura 2	Comparação das ondas no domínio da latência pré e pós estimulação 77
Figura 3	Resultado das médias pré e pós estimulação dos grupos B-U e T-D no domínio da frequência 78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estatística descritiva para idade (meses) nos dois grupos 62
Tabela 2	Distribuição dos gêneros nos dois grupos 63
Tabela 3	Estatística descritiva para porcentagem de acertos nos testes GIN e PF nos dois grupos 64
Tabela 4	Estatística descritiva de porcentagem de acerto pré e pós estimulação no teste de atenção auditiva 65
Tabela 5	Estatística descritiva de porcentagem de acerto pré e pós estimulação no teste Span de dígitos 65
Tabela 6	Estatística descritiva de porcentagem de acerto pré e pós estimulação no teste Leitura de Pseudopalavras..... 66
Tabela 7	Estatística descritiva de porcentagem de acerto pré e pós estimulação no teste Metalinguagem..... 66
Tabela 8	Estatística descritiva para os valores do Escore nos dois grupos 69
Tabela 9	Estatística descritiva para os valores das variáveis do Domínio <i>Onset</i> 70

Tabela 10	Estatística descritiva para os valores das variáveis do Domínio Espectro-Temporal.....	71
Tabela 11	Estatística descritiva para os valores das variáveis do Domínio Fronteiras do Envelope.....	72
Tabela 12	Estatística descritiva para os valores das variáveis do Domínio <i>Pitch</i>	72
Tabela 13	Estatística descritiva para os valores das variáveis do Domínio Harmônicos.....	73
Tabela 14	Número e porcentagem de crianças que melhoraram após a estimulação de cada grupo.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Classificação da gravidade do PCC-R	44
Quadro 2	Valores normativos do PEATE para clique de acordo com a orelha restada, segundo o manual do equipamento Navigator Pro.....	46
Quadro 3	Análise do Padrão da Resposta do PEATEc.....	47
Quadro 4	Valores da onda normativa referente a sílaba sintetizada /da/ oferecida pelo equipamento Navigator Pró	48
Quadro 5	Valores normativos para o Teste Padrão de Frequência.....	49
Quadro 6	Padrão de referência para o teste de Metafonologia.....	53
Quadro 7	Análise comparativa entre os grupos B-U e T-D para os testes comportamentais.....	68
Quadro 8	Análise comparativa entre os grupos B-U e T-D para os valores do PEATEc.....	75/76

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1	Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.....	119
Anexo 2	Termo de consentimento livre e esclarecido.....	120
Anexo 3	Anamnese utilizada para coleta do histórico clínico.....	124
Anexo 4	Protocolo de audiometria; PEATE e PEATEc.....	126
Anexo 5	Protocolo do teste Padrão de frequência.....	127
Anexo 6	Protocolo do teste Gaps in Noise.....	128
Anexo 7	Protocolo para os testes de Atenção auditiva, Span de dígitos e Leitura de pseudopalavras.....	129
Anexo 8	Protocolo do teste Metafologia.....	130
Anexo 9	Tela do Jogo do Macaco.....	131
Anexo 10	Tela do Jogo do Papagaio.....	132

Anexo 11	Tela do Jogo Siga o Piano – <i>Software</i> Escuta Ativa.....	133
Anexo 12	Tela do Jogo Qual som ouviu? – <i>Software</i> Escuta Ativa.....	134
Anexo 13	Tela do Jogo Quantos sons? – <i>Software</i> Escuta Ativa.....	135
Anexo 14	Tela do Jogo Simon Game.....	136

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

μV	Microvolt
$\mu\text{V/ms}$	Microvolt por milissegundo
AF	Alarme Falso
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ASHA	<i>American Speech-Language-Hearing Association</i>
BioMAP	Biological Marker of the Auditory Processing
B-U	grupo <i>Bottom-up</i>
CI	colículo inferior
dB	decibel
dB Na	decibel Nível de Audição
dB nNA	decibel Nível de Audição normal
DP	desvio padrão
et al.	e outros
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FFR	<i>frequency-following response</i>
FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
GIN	Gaps in Noise
Hz	hetrz
k Ω	quilo ohms
kHz	quilohertz

max	máximo
min	mínimo
ms	milissegundos
PCC	porcentagem de consoantes corretas
PCC-R	porcentagem de consoantes corretas – revisada
PCF	prova de consciência fonológica
PEF	programa de estimulação fonoaudiológica
PF	padrão de frequência
PEA	potencial evocado auditivo
PEALL	potencial evocado auditivo de longa latência
PEATML	potencial evocado auditivo de média latência
PEATE	potencial evocado auditivo de tronco encefálico
PEATEc	potencial evocado auditivo de tronco encefálico com estímulo complexo
QI	quociente de inteligência
SNA	sistema nervoso auditivo
TA	treinamento auditivo
T-D	grupo <i>Top-down</i>
TE	tronco encefálico
TR	tempo de reação

RESUMO

Leite LCR. *O efeito da estimulação top-down w bottom-up no potencial evocado auditivo de tronco encefálico com estímulo complexo* [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2016.

Introdução: Crianças com transtorno fonológico (TF) apresentam dificuldade na percepção de fala, em processar estímulos acústicos quando apresentados de forma rápida e em sequência. A percepção dos sons complexos da fala, dependem da integridade no processo de codificação analisado pelo Sistema Nervoso Auditivo. Por meio do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com estímulo complexo (PEATEc) é possível investigar a representação neural dos sons em níveis corticais e obter informações diretas sobre como a estrutura do som da sílaba falada é codificada no sistema auditivo. Porém, acredita-se que esse potencial sofre interferências tanto de processos *bottom-up* quanto *top-down*, o que não se sabe é quanto e como cada um desses processos modifica as respostas do PEATEc. Uma das formas de investigar a real influência dos aspectos *top-down* e *bottom-up* nos resultados do PEATEc é estimulando separadamente esses dois processos por meio do treinamento auditivo e da terapia fonoaudiológica. **Objetivo:** Verificar o impacto da estimulação sensorial (processamento *bottom-up*) e cognitiva (processamento *top-down*), separadamente, nos diferentes domínios da resposta eletrofisiológica do PEATEc. **Método:** Participaram deste estudo 11 crianças diagnosticadas com TF, com idades entre 7 e 10:11, submetidas a avaliação comportamental e eletrofisiológica e então divididas nos grupos *Bottom-up* (B-U) (N=6) e *Top-down* T-D (N=5). A estimulação *bottom-up* foi voltada ao treinamento das habilidades sensoriais, através de softwares de computador. A estimulação *top-down* foi realizada por meio de tarefas para estimular as habilidades cognitivas por meio do Programa de Estimulação Fonoaudiológica (PEF). Ambas as estimulações foram aplicadas uma vez por semana, num

período de aproximadamente 45 minutos por 12 semanas. **Resultados:** O grupo B-U apresentou melhoras em relação aos domínios *onset* e harmônicos e no valor da pontuação do escore após ser submetido à estimulação *bottom-up*. Por sua vez, após serem submetidos à estimulação *top-down*, o grupo T-D apresentou melhoras em relação aos domínios *onset*, espectro-temporal, fronteiras do envelope e harmônicos e para os valores da pontuação do escore. **Conclusão:** Diante dos resultados obtidos neste estudo, foi possível observar que a estimulação sensorial (processamento *bottom-up*) e a estimulação cognitiva (processamento *top-down*) mostraram impactar de forma diferente a resposta eletrofisiológica do PEATEc.

Descritores: Potenciais Evocados Auditivos, Percepção da Fala, Transtornos da Percepção Auditiva, Transtornos do Desenvolvimento da Linguagem, Plasticidade Neuronal, Estimulação Acústica

Abstract

Leite LCR. *The effect of top-down and bottom-up stimulation on auditory brainstem response to complex sounds* [dissertation]. São Paulo. "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2016.

Introduction: Children with speech sound disorder present difficulties in speech perception specially regarding the processing of acoustic stimuli when they occur rapidly and sequentially. The perception of complex sounds of speech depends on the integrity of the codification process analyzed by the auditory system. Through the Auditory Brainstem Response to complex sounds (cABR) it is possible to investigate the neural representation of sounds in cortical levels to obtain direct information about how the sound structure of the stressed syllable is codified in the auditory system. However, it is believed that bottom-up and top-down processes interfere in the cABR, though the level of intensity and the way through which they can change the response of the cABR is still unknown. One of the methods for investigating the actual influences of the bottom-up and top-down processes in cABR responses is by stimulating separately those two processes by means of auditory training and speech therapy. **Objective:** Verify the impact of both sensory stimulation (bottom-up processing) and cognitive stimulation (top-down processing) separately, in the different domains of the cABR electrophysiological response. **Method:** The participants of the study were 11 children of 7 to 10:11 year-old diagnosed with speech sound disorder, who underwent behavioral and electrophysiological assessment and were divided in the following groups: Bottom-up (B-U) (N=6) and Top-down (T-D) (N=5). The bottom-up stimulation focused on sensorial skills by using computer softwares. Top-down stimulation was prosecuted by using tasks to stimulate cognitive skills through the Speech Stimulation Program. Both stimuli were applied once a week for 45 minutes, in a period of 12 weeks. **Results:** The B-U group showed improvement in relation to onset and harmonic

domains, and in relation to the score punctuation values after being subjected to bottom-up stimulation. On the other hand, the T-D group, after being subjected to top-down stimulation, showed improvement in relation to the onset, time domain spectrum, envelope boundaries and harmonics, and to the score punctuation values. **Conclusions:** According to the results of this study, it was possible to conclude that sensorial stimulation (bottom-up processing) and cognitive stimulation (top-down processing) showed different impacts on the cABR electrophysiological response.

Descriptor: evoked potentials, auditory; speech perception; auditory perceptual disorders; language development disorders; neuronal plasticity; acoustic stimulation.

Introdução

1. INTRODUÇÃO

O ser humano está inserido em um contexto de diferentes situações de escuta em seu dia-a-dia e precisa estar apto para discriminar, reconhecer e compreender estes estímulos sonoros a sua volta; como por exemplo o sinal de fala, uma estrutura espectro-temporal complexa e dinâmica composta por elementos harmonicamente ricos cujas características acústicas mudam continuamente através do tempo (Skoe e Kraus, 2010a; Banai et al., 2007).

A habilidade de percepção dos sons de fala está relacionada à capacidade de perceber e processar mudanças de milissegundos (ms) nas características espectrais ao longo da via auditiva, este processo é essencial para o desenvolvimento da linguagem. Uma vez que o processamento encontra-se alterado, uma instabilidade na representação dos fonemas também ocorre no cérebro, o que pode levar a dificuldade na percepção do discurso e limitar a habilidade para aquisição de elementos fonológicos, sintáticos e semânticos da linguagem (Tallal, 2000; Benasich and Tallal, 2002).

A percepção de sons complexos depende da integridade no processo de codificação analisado pelo Sistema Nervoso Auditivo (SNA). O Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com estímulo complexo (PEATEc) investiga a representação neural destes sons em níveis corticais e é capaz de gerar informações diretas sobre como a estrutura do som da sílaba falada é

codificada no sistema auditivo (Kraus e Nicol, 2005; Russo et al.,2004 Johnson et al.,2005; Chandrasekaran et al.,2014).

Para que a estrutura do som da fala seja precisamente codificada é necessária uma resposta neural sincronizada e coordenada de amplas populações de neurônios que se estendem da cóclea até o córtex auditivo (Kraus e Nicol, 2003; Nicol e Kraus, 2004). É exatamente deste sincronismo neural e da decodificação automática das características temporais do som que dependem as respostas do PEATEc. Assim, este potencial constitui-se numa importante ferramenta no estudo das bases neurais subjacentes à percepção da fala, bem como na investigação da decodificação neural, da sincronia e do processamento das características da fala (Kraus e Nicol, 2003).

Aproximadamente 7,5% das crianças entre três e onze anos apresentam algum distúrbio de desenvolvimento fonológico, caracterizado pela presença de substituições, omissões e distorções na fala, que podem permanecer até a vida adulta se não tratado (Shrinberg e Kwiatkowski, 1994).

O Transtorno Fonológico (TF) é a alteração de linguagem mais comum em crianças. Um estudo realizado nos Estados Unidos afirma que o TF afeta cerca de 10% da população pré-escolar (Gierut, 1998) e no Brasil, uma pesquisa realizada na cidade de São Paulo, mostrou índices semelhantes (Andrade et al., 1991).

Acredita-se que crianças com TF apresentam alterações relacionadas à habilidade de processar sons quando são apresentados de forma rápida e em sequência e anormalidades na codificação neural de informações auditivas (Tallal e Piercy 1973; Tallal 1980; Muniz et al., 2007 e Murphy e Schochat 2009), o que contribui para a alteração na percepção das características acústicas contidas nos sinais de fala.

Diferentes abordagens terapêuticas são descritas na literatura visando à reorganização do sistema fonológico de crianças que apresentam alterações de fala. Segundo a ASHA (2005) há duas diferentes intervenções: *bottom-up* (sensorial), relacionada ao processamento das características acústicas de entrada do som, e a intervenção *top-down* (cognitiva) relacionada ao reconhecimento e compreensão dos sinais de entrada de acordo com a experiência e conhecimento de linguagem (Moore 2012; Shuai e Gong 2014; Bonte 2006; Murphy et al., 2015a).

O PEATEc sofre a influência de ambos os processos *bottom-up* e *top-down*, uma vez que dependem do sinal de entrada bem como de processos cognitivos.

Segundo White-Schwoch e Kraus (2015), o PEATEc fornece várias medidas pelas quais pode-se analisar suas respostas. Dentre elas, é possível destacar a latência, a resposta de F_0 , relacionada ao *pitch*, e a estabilidade neural. A latência em que as ondas aparecem fornece informações a respeito de quão rápido o cérebro processou determinado som e mostra a diferença

entre as respostas transientes e sustentadas. Vale ressaltar que, o tempo é um detalhe crucial na distinção entre os sons da fala, como por exemplo, os fonemas /b/ e /d/, são milésimos de segundos que fazem diferença. O tempo de resposta do PEATEc atrasado está associado aos distúrbios de linguagem e escrita e ainda ao envelhecimento. Pode-se estimular esta resposta por meio de atividades de atenção direcionada e discriminações de sons com contrastes bem sutis entre duas consoantes, melhorando assim o tempo de resposta.

As respostas referentes ao *pitch* refletem a força com que a frequência fundamental F_0 da voz é codificada. Esta resposta é associada a facilidade que o indivíduo apresenta em compreender a fala e direcionar a atenção a um único orador, o que é essencial para compreender a fala em ambientes ruidosos. O treinamento por meio de atividades de escutas desafiadoras pode-se melhorar estas respostas.

A terceira resposta é em relação a estabilidade neural, uma medida geral da integridade do processamento dos sons. Esta medida está associada à forma como os processos cerebrais respondem ao som. A instabilidade pobre está associada às dificuldades de aprendizagem como dislexia. Para melhorar os resultados desta medida é importante trabalhar a atenção do ouvinte em situações de escuta do seu dia-a-dia (White-Schwoch e Kraus 2015).

Por meio destas medidas e de como melhorar cada uma delas, é possível observar que elas dependem tanto dos processos *bottom-up* (sensorial) quanto de processos *top-down* (cognitivos). Uma forma de investigar as diferentes

contribuições e a real influência dos aspectos *top-down* e *bottom-up* nesta população é trabalhar estas duas diferentes abordagens separadamente, por meio de Treinamento Auditivo das habilidades sensoriais e por meio de Terapia Fonoaudiológica, a fim de verificar o resultado nas respostas finais do PEATEc.

A partir deste estudo espera-se acrescentar novas informações importantes para otimizar as diferentes intervenções fonoaudiológicas em crianças com distúrbios de linguagem, como o TF, além de trazer informações relevantes sobre como os processos *bottom-up* (sensoriais) e *top-down* (cognitivos) interferem nas habilidades linguísticas.

Objetivos

2. OBJETIVO GERAL

O presente estudo tem como objetivo geral verificar o impacto da estimulação sensorial (processamento *bottom-up*) e cognitiva (processamento *top-down*), separadamente, nos diferentes domínios da resposta eletrofisiológica do PEATEc.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Verificar a contribuição da estimulação sensorial (*bottom-up*) e cognitiva (*top-down*) por meio de:
 - a. Testes comportamentais do processamento auditivo;
 - b. Testes de atenção e memória;
 - c. Testes metalinguísticos;
 - d. PEATEc;
- ✓ Comparar a resposta final (após estimulação) entre os grupos B-U e T-D, nas avaliações comportamentais e eletrofisiológica.

Revisão de Literatura

3. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão apresentados os estudos que foram utilizados para embasar a fundamentação teórica da presente pesquisa, os textos foram organizados priorizando o encadeamento de ideias e, sempre que possível, mantendo a ordem cronológica.

Os temas abordados serão apresentados em três tópicos:

- ✓ Potencial evocado auditivo de tronco encefálico com estímulo complexo
- ✓ Transtorno fonológico
- ✓ Treinamento auditivo

3.1 Potencial evocado auditivo de tronco encefálico com estímulo complexo

O Potencial Evocado Auditivo (PEA) é uma atividade elétrica que ocorre no sistema auditivo produzida, ou evocada a partir de um som e pode ser captada por meio de eletrodos fixados em lugares específicos como o couro cabeludo e mastoides (Hall, 1990). Os PEAs podem ser classificados de acordo com o tempo em que suas ondas aparecem em: precoces, (Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE)) potencias médios (Potencial Evocado Auditivo de Média Latência (PEAML)), e potenciais tardios (Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL)) (Picton et al.,1974).

O PEATE ocorre nos primeiros 15 ms após a estimulação acústica e gera uma série de sete ondas com diferentes locais de origem, que vão desde a cóclea até o corpo geniculado medial, sendo geralmente, analisados por meio das latências absolutas das ondas I, III e V e dos interpicos I-III, III-V e I-V (Burkard e Eggermont, 2007; Musiek et al.,1999).

Usando o estímulo clique, o PEATE tem sido muito utilizado na prática clínica, na identificação de perdas auditivas periféricas e centrais; em triagens auditivas neonatais; em crianças com risco de perda auditiva; na investigação da integridade da via auditiva no tronco encefálico (TE); no monitoramento de cirurgias com hipotermia; no prognóstico do coma e ainda no diagnóstico de morte encefálica (Ferraro e Durrant, 1999; Hall, 2007; Rosenblum et al.,1985; Markand et al.,1987; Sousa et al.,2003; Starr, 1976; Machado et al.,1991; Souza et al.,1998; Leite et al.,2013).

Além do clique, vários estímulos podem ser utilizados para obter as respostas do PEATE, como tons puros, tons mascarados, *tone burst*, *chirp* e sons de fala (Hall, 1990; Ferraro e Durrant, 1999; Elberling e Don, 2008; Russo et al.,2004).

A fala é um sinal acústico complexo, composto por elementos harmonicamente ricos, e exige muito do sistema auditivo, o qual precisa ser sensível às mudanças rápidas nas frequências e na recepção de vários estímulos em um curto espaço de tempo. Para uma precisa codificação, esta estrutura espectro-temporal complexa, exige uma resposta neural sincronizada

e coordenada de amplas populações de neurônios, que se estendem desde a cóclea até o córtex (Kraus e Nicol, 2003; Nicol e Kraus, 2004).

O PEATEc depende exatamente deste sincronismo neural e da codificação automática das características temporais do som, constituindo-se assim, numa importante ferramenta no estudo das bases neurais subjacentes à percepção da fala, bem como na investigação da decodificação neural, da sincronia e do processamento das características da fala (Kraus e Nicol, 2003).

A origem do PEATEc inclui múltiplas regiões subcorticais, incluindo o colículo inferior (CI). Esta estrutura neural é considerada metabolicamente a mais ativa no cérebro humano, pois recebe conexões essenciais diretamente do córtex auditivo e é uma estação obrigatória para o aparecimento do sinal *bottom-up*. Pelo CI passam inúmeras fibras neurais aferentes e eferentes, ou seja, esta estrutura recebe projeções tanto *bottom-up* quanto *top-down*. Além do mais, o CI é conectado ao córtex somatossensorial, outra divisão do mesencéfalo (colículo superior), bem como as redes envolvidas nos processos de atenção. Sendo assim, em termos de conectividade, o CI é influenciado por sinais de inúmeras estruturas cerebrais (Chandrasekaran et al., 2014).

O CI possui uma extensa variedade de tipos de células neurais que são capazes de representar o som com alta fidelidade. A maioria dessas células mostra descargas sustentadas e descargas transientes para o início do estímulo acústico. As respostas sustentadas e transientes têm diferentes propriedades celulares, mas, juntas são capazes de representar um sinal

auditivo complexo com excepcional precisão temporal (Chandrasekaran et al., 2014).

Na Figura 1 é possível observar a similaridade entre a resposta neural e o estímulo da sílaba /da/ uma vez que as respostas do PEATEc fornecem informações diretas sobre como a estrutura do som da fala é codificada no sistema auditivo, pois reflete as características acústicas do estímulo com excepcional precisão, tanto para frequência, quanto para duração (Kraus e Nicol, 2005; Johnson et al., 2005; Chandrasekaran et al., 2014).

Figura 1. Similaridades entre o traçado do estímulo de fala /da/ e a resposta neural do tronco encefálico obtida pelo PEATEc (Rocha-Muniz et al., 2012).

O traçado resultante do PEATEc com o estímulo sintetizado /da/ é dividido, assim como a sílaba, em porção transiente e porção sustentada. A porção transiente (ocorre até 10 ms), marca o início do estímulo e reflete mudanças temporais rápidas inerentes à vibração das pregas vocais durante a emissão da consoante. Esta resposta é constituída por um pico positivo (onda V), análoga a onda do PEATE-clique, e um pico negativo (onda A). As medidas do complexo V-A fornecem informações sobre o sincronismo das respostas neurais (Johnson et al.,2007 e Chandrasekaran et al.,2014). As ondas C e O também são consideradas respostas transientes, a onda C marca a passagem para o período da resposta sustentada, e a onda O refere-se ao fim da estimulação sonora (Skoe e Kraus, 2010a).

A porção sustentada é composta pela *Frequency-following Response* (FFR), correspondente a estrutura harmônica da vogal, fornece informações sobre a integridade geral da resposta em relação ao estímulo; esta resposta ocorre entre 18 e 40 ms e é composta pelas ondas D, E e F, com picos ocorrendo em uma taxa equivalente à da frequência fundamental (F_0) da fonte sonora, e os picos que surgem entre esses picos principais ocorrem a uma taxa equivalente a do primeiro formante (F_1) (Russo et al.,2004; Skoe e Kraus, 2010a).

O traçado final obtido no PEATEc é analisado por meio dos valores de latência e amplitude das ondas V, A, C, D, E, F e O e também dos valores de latência, amplitude de área e *slope* do complexo VA e o valor obtido no Score,

medida fornecido pelo próprio equipamento BioMAP, baseada nas latências das ondas V, A, *slope*, frequência do primeiro formante e altas frequências. (Skoie e Kraus, 2010a).

O valor do *slope* do complexo VA reflete a sincronização temporal dos geradores da resposta e as medidas da área refletem a quantidade de atividade que contribuiu para a geração da onda (Russo et al.,2005).

Além das medidas de latência, por meio da transformação de Fourier, é possível analisar as respostas do PEATEc em sua porção sustentada no domínio da frequência, capaz de medir a precisão e magnitude da resposta neural em uma faixa de frequência ou em uma frequência específica (Skoie e Kraus, 2010a) sendo capaz ainda de extrair da resposta características relacionadas ao *pitch*, ou seja, permite identificar um falante ou entonações emocionais presentes na voz, e ao timbre do estímulo, distinguindo os contrastes dos sons da fala, pois fornecem informações fonéticas (Kraus et al.,2009).

A análise das respostas do PEATEc mostra-se importante tanto no domínio do tempo, quando no domínio da frequência, uma vez que há evidências que o tronco encefálico codifica o sinal de fala de diferentes maneiras, comprovando que estes componentes são funcionalmente dissociados um dos outros. Assim, pesquisas enfatizam a importância dos estudos dos mecanismos neurais (estrutura do formante, periodicidade, transição de frequência, *onset* acústico e envelope da fala) envolvidos na

codificação de características acústicas da fala, pois estes são responsáveis pela percepção normal da fala (Rocha-Muniz, 2011).

Um dos primeiros pesquisadores a utilizar o estímulo complexo para registrar o PEATE foi Greenberg em 1980, após um trabalho de Younger e Sanchs (1979) realizado com gatos, mostrando que formantes da fala são preservados na descarga padrão do nervo auditivo. Greenberg observou que as informações específicas da fala (vogais e consoantes) foram fielmente codificadas no PEATE. Galbraith et al., (1995) demonstraram que o PEATEc com palavras pode ser ouvido como uma fala inteligível quando convertido, por meio de equipamentos especializados, de um sinal neural para um sinal auditivo e percebeu ainda, que por acontecer em poucos milissegundos após o início do estímulo, o PEATEc reflete uma resposta neural original e não um microfonismo coclear (Chandrasekaran e Kraus, 2010).

Desde então, diversos estudos têm sido realizados a fim de entender como a fala é processada no tronco encefálico, com diferentes estímulos e em diversas populações. O estímulo mais utilizado para o registro do PEATEc é a sílaba sintetizada /da/ (Cunningham et al.,2001; Russo et al.,2004, 2005; Skoe e Kraus, 2010), porém pode-se ainda obter as repostas do PEATEc utilizando de sílabas em Mandarim com diferentes contornos de *pitch*, como por exemplo tons lexicais (Krishnnan et al.,2005; Song et al.,2008; Krishnan et al.,2009).

As pesquisas com o PEATEc têm sido ainda realizadas para caracterizar os resultados obtidos em crianças com alterações de aprendizagem e/ou

linguagem, dificuldade de leitura (King et al.,2002; Wible et al.,2004, 2005; Song et al.,2006; Banai et al.,2009), crianças com transtorno do espectro autista (Russo et al.,2010), com transtorno do processamento auditivo (Filippini et al.,2012; Rocha-Muniz et al.,2012) e com transtorno fonológico (Gonçalves et al.,2011); ainda, para avaliar a influência do ruído e outras situações de escuta adversas nos resultados do PEATEc (Wible et al.,2005; Song et al.,2008, 2011); na avaliação da plasticidade neural em nível de tronco encefálico após treinamento auditivo (TA) de curta duração (Hayes et al.,2003; Song et al.,2008; Chandrasekaran et al.,2011; Anderson et al.,2013), e na avaliação da influência do treinamento musical nas habilidade auditivas (Wong et al.,2007; Musacchia et al.,2007; Parbery-Clark et al.,2009; Skoe e Kraus, 2013).

3.2 Transtorno Fonológico

O desenvolvimento do sistema fonológico é um processo contínuo que ocorre gradativamente até os 7 anos de idade. Embora seja esperado certa sequência e velocidade peculiar no desenvolvimento fonológico, cada criança desenvolve sua linguagem de forma particular e com variações muito individuais (Bowen, 1998). Com o passar do tempo, a criança aumenta seu inventário fonético e adquire as regras fonológicas próprias do seu sistema linguístico, aprendendo a utilizar corretamente os fonemas que consegue produzir.

No decorrer deste processo de aquisição da linguagem e habilidades perceptivas a criança realiza vários processos de simplificação das regras fonológicas, envolvendo um grupo ou uma sequência de sons denominado processos fonológicos. É esperado que a criança, conforme se desenvolve, elimine estes processos que não fazem parte da linguagem adulta. Se, porém, for possível identificar processos fonológicos na ausência de comprometimentos orgânicos e psicomotores graves, além da idade esperada, esta criança é diagnosticada com Transtorno Fonológico (Wertzner, 2010)

O TF é a alteração de fala e linguagem mais comum na população infantil (Shriberg e Kwiatkowski, 1994; Gierut, 1998; Bishop, 2010), aproximadamente de 2 a 3% das crianças entre 6 e 7 anos apresentam alterações com intensidade moderada a grave e, em graus mais leves, sua ocorrência é ainda maior.

Wertzner (2010) definiu o TF como “uma dificuldade de fala, caracterizada pelo uso inadequado dos sons de acordo com a idade e com variações regionais, que podem envolver erros na produção e percepção ou organização dos sons”. Crianças com TF apresentam uma fala com muito mais substituições e/ou omissões quando comparadas as crianças da mesma faixa etária. Essas alterações interferem na capacidade de serem entendidas por outras pessoas, e isto afeta, não somente no desenvolvimento da linguagem, mas ainda no desempenho escolar, social e profissional.

A causa do TF é desconhecida, sua gravidade e graus de inteligibilidade de fala são variados. Os critérios de inclusão para TF, segundo Grunwell (1990) são: apresentar idade acima de 4 anos, audição normal, inexistência de anormalidades anatômicas e /ou fisiológicas no mecanismo da fala; ausência de disfunções neurológicas relevantes; capacidades intelectuais adequadas para o desenvolvimento da linguagem falada; compreensão da linguagem apropriada para a idade e linguagem expressiva; vocabulário e expressão do enunciado adequado para a idade.

Devido a sua heterogeneidade diversos modelos buscam classificar o TF nos aspectos psicolinguísticos ou na fonologia da língua. Um dos índices mais utilizados em estudos com crianças com TF é o modelo de Porcentagem de Consoantes Corretas (PCC) proposto por Shriberg e Kwiatkowski, (1982), posteriormente aprimorado em uma versão revisada (Shriberg et al.,1997). Este índice quantitativo de Porcentagem de Consoantes Corretas – Revisada (PCC-R), verifica a porcentagem de consoantes corretas numa amostra de fala em relação ao número total de consoantes daquela amostra, considerando como erro omissões e substituições. Os autores classificaram o índice de valores do PCC-R em quatro graus de gravidade sendo: leve, quando os valores são acima de 85% de consoantes corretas; levemente moderado de 65% a 85%, moderadamente severo de 50% a 65% e grau severo com valores a baixo de 50% de consoantes corretas.

Crianças com TF apresentam dificuldades na integração dos aspectos linguísticos, motores e auditivos, necessários para uma produção de fala efetiva; esses processos são essenciais para que a fonologia da língua seja adquirida adequadamente para tornar a fala inteligível e a comunicação eficiente (Wertzner e Pagan-Neves, 2014).

Segundo Mendes e Barzaghi (2011) a percepção auditiva e a produção da fala apresentam uma incontestável relação entre si, pois, a experiência com a percepção determina características da produção e a experiência e a vivência com a produção da fala podem, por sua vez, modificar a percepção. Estes são dois processos complexos que envolvem diferentes habilidades em diferentes níveis sensório-motor, fonético-fonológico, lexical, semântico e cognitivo.

De uma maneira geral a produção dos sons da fala envolve informações auditivas, somatosensoriais e motoras, que são representadas nos lobos temporal, parietal e frontal no córtex cerebral, respectivamente. Essas regiões e suas interconexões com estruturas subcorticais como o cerebelo, gânglio basal e tronco encefálico, constituem um sistema de controle neural responsável pela produção da fala (Guenther 2006).

Segundo Guenther (2006) para que haja a produção de fala a mensagem verbal precisa ser organizada ao nível central para que a execução neuromotora ocorra. Em seguida as atividades do sistema nervoso central devem ser combinadas às do sistema periférico de modo à regular e executar

os programas motores de fala, responsáveis pela ativação dos músculos envolvidos na respiração, fonação, ressonância e articulação.

Os processos envolvidos na produção da fala estão diretamente interligados. O processamento cognitivo-linguístico envolve o conhecimento e armazenamento das regras fonológicas da língua e está relacionado à organização do código linguístico dando sentido semântico, sintático e fonológico. O processamento motor da fala envolve o planejamento da ação motora de fala e a execução do gesto articulatório necessário para a produção do som-alvo. E por fim, o processamento perceptivo-auditivo envolve a percepção de diferentes características acústicas dos sons da fala, que torna um fonema, por mais parecido que seja, diferente um do outro (Wertzner e Pagan-Neves, 2014)

Além das dificuldades citadas acima, as crianças com TF apresentam déficits relacionados à memória fonológica e a atenção sustentada (Tkach et al., 2011 e Murphy et al., 2014). Murphy et al., (2014) realizou um estudo com 55 crianças, sendo 18 com TF e 35 com desenvolvimento típico, com o objetivo de verificar a performance destas crianças em testes de atenção auditiva e visual. Os autores observaram que as crianças com TF apresentaram resultados piores que crianças com desenvolvimento típico e concluíram que esta dificuldade está relacionada à dificuldade de percepção auditiva e ainda provavelmente a déficits na memória de trabalho.

O TF também apresenta características relacionadas à dificuldade na percepção de fala, em processar estímulos sonoros quando apresentados de forma rápida e em sequência (Tallal e Piercy 1973; Tallal 1980; Share et al.,2002; Muniz et al.,2007 e Murphy e Schochat 2009).

Tallal e Piercy (1973) afirmam que a dificuldade em processar elementos acústicos de curta duração, como as consoantes, que apresentam uma rápida transição de formantes, e a dificuldade que estas crianças apresentam em perceber e distinguir corretamente os sons dentro do espectro de fala pode ser a base para as alterações de linguagem que apresentam, pois essas crianças não são capazes de perceber e distinguir corretamente os sons e assim, conseqüentemente, o desenvolvimento da representação fonológica de cada som para produzi-los corretamente (Murphy 2015a). Porém, esta afirmação ainda é muito questionada pelos pesquisadores, uma vez que estes dois processos, *bottom-up* e *top-down*, estão diretamente interligados e sofrem mutualmente suas influências.

Diferentes abordagens terapêuticas são descritas na literatura, visando à reorganização do sistema fonológico de crianças que apresentam alterações de fala. Para escolher a abordagem mais adequada deve-se levar em consideração a capacidade articulatória, identificação e percepção fonêmica, contrastes fonológicos, a produção do som, consciência fonológica e as habilidades de linguagem e comunicação efetiva (Crosbie et al.,2005; Kamhi 2006).

Crosbie et al., (2005) realizaram um estudo comparando duas diferentes intervenções: terapia fonológica e *Core Vocabulary* em dezoito crianças com TF severo. Os resultados obtidos mostram que todas as crianças aumentaram sua precisão articulatória durante a intervenção. A intervenção *Core Vocabulary* resultou em maiores mudanças em crianças com alterações de fala inconsistentes enquanto a terapia de contraste fonológico se mostrou melhor para crianças com alterações de fala consistentes.

Com o objetivo de verificar e comparar a evolução do sistema fonológico em crianças com TF, Gubiani e Keske-Soares (2014) realizaram um estudo com seis crianças com idades entre 5 e 7 anos. Os sujeitos foram divididos em três grupos de estimulações, sendo o grupo tratado submetido a estimulações das habilidades práxicas de face e língua e com exercícios de habilidades práxicas de língua; o grupo controle foi submetido apenas a terapia fonoaudiológica. Os resultados obtidos neste estudo mostraram que todos os grupos apresentaram melhoras no inventário fonético, porém os grupos de estimulação de habilidades práxicas de face e língua apresentaram maior evolução.

Uma das abordagens mais utilizadas é o modelo de ciclos proposto por Hodson e Paden (1983). Rudolph e Wendt (2014), aplicaram o modelo de ciclos em três crianças, com idades entre três e quatro anos, com TF moderadamente grave. Os resultados obtidos após a intervenção mostraram que a combinação de seleção de sons alvos com o modelo de ciclos resultou na generalização,

estatisticamente confiável, para sons que não haviam sido estimulados durante o tratamento. Assim, os autores concluíram que a abordagem de ciclos é um método eficiente para o tratamento do TF em crianças em fase escolar.

3.3 Treinamento Auditivo

O sistema nervoso auditivo central possui grande plasticidade, ou seja, ele tem a capacidade de se reorganizar ao nível cortical por meio de experiências e estimulações (Chermak e Musiek, 2007).

A plasticidade neural vem sendo estudada há tempos e esse fenômeno está presente quando se refere ao sistema auditivo. Quando exposto a um ambiente auditivamente enriquecedor ou a uma estimulação auditiva focada, como treinamentos auditivos em cabine ou por *softwares*, o cérebro é capaz de se reorganizar e desenvolver mudanças associadas à percepção auditiva (Irvine, 2007; Chermak e Musiek, 2002)

De acordo com Musiek e Berger, (1998) a plasticidade é uma alteração nas células nervosas que ocorrem como consequência de influências ambientais imediatas acompanhadas de mudanças comportamentais. Esta reorganização, influenciada por experiências e estimulações, subjazem os processos de memória e aprendizagem.

Segundo Musiek et al. (2002), há, em geral, duas formas de reorganização. A primeira pode envolver ativação de neurônios ou conexões

neurais previamente inativos e, a segunda forma envolve o surgimento de novas conexões.

Irvine (2007) afirma que plasticidade neural também está associada à aprendizagem perceptiva, a qual consiste na melhora da capacidade de discriminação sensorial após, por exemplo o treinamento auditivo (TA).

Para Kraus e Hornickel (2013) a plasticidade do sistema auditivo reflete como o sistema nervoso se adapta a novos ambientes e aumenta as respostas corretas baseada na relevância de um som específico.

Tsodyks e Gilbert (2004) afirmam que o indivíduo pode melhorar sua habilidade perceptiva sem estar consciente de que esta habilidade está sendo treinada, porém, para que haja o aprendizado, é necessário estar atento ao estímulo, sofrendo então a influência do processo *top-down*.

Chermark e Musiek (2002) dividiram TA em duas formas: treinamento auditivo formal e informal. O treinamento auditivo formal está relacionado a situações em que o audiologista utiliza estímulos acústicos específicos e precisamente controlados quanto a sua representação e composição utilizando computadores, audiômetros ou outros equipamentos que permitem esse controle. O treinamento informal pode ser realizado em casa, escola ou aplicado durante terapia fonoaudiológica na clínica, pois esse tipo de treinamento não utiliza equipamentos de medição e controle de estímulos.

De acordo com ASHA (2005) há duas diferentes abordagens: a intervenção *bottom-up* e a intervenção *top-down*. A intervenção *bottom-up*

refere-se a uma estimulação sensorial, ou seja, englobam estratégias que melhorem a qualidade do sinal. Essas estratégias incluem o treinamento auditivo, percepção e discriminação auditiva, aumento na melhora do sinal e mudanças ambientais, a fim de melhorar o ambiente acústico.

Já a intervenção *top-down* é focada na melhora das tarefas de linguagem, o ouvinte escuta com atenção, processa a informação, e então usa processos em níveis superiores como a cognição, linguagem e funções metacognitivas para entender a mensagem auditiva.

A percepção auditiva, em geral, é composta por estes dois tipos de processamentos: *bottom-up* (sensorial) e *top-down* (cognitivo). Os modelos de percepção de fala afirmam que o processamento *bottom-up*, ou seja, o processamento acústico do sinal de entrada ocorre primeiramente, enquanto o processamento *top-down*, relacionado à experiência linguística, (por exemplo, o reconhecimento com base no conhecimento de fonemas, semântica ou sintaxe), aparece em um estágio posterior da percepção (Goldstein, 2009; Moore, 2012; Shuai e Gong, 2014).

O processamento *bottom-up* pode ser definido como processamento e extração das características dos sinais acústicos de entrada, que se refere especificamente à percepção do *pitch* e as variações de frequência e intensidade do estímulo acústico; por sua vez, o processamento *top-down*, é definido como o reconhecimento e compreensão dos sinais de entrada de acordo com a experiência e conhecimento da linguagem e está associado a

processos de memória e atenção (Bloch e Hellige, 1989; Spreen et al.,1970; Tallus et al.,2007; Hugdahl et al.,2008; Shuai e Gong, 2014).

Um número crescente de estudos tem sido realizado a fim de investigar a eficácia do treinamento auditivo e cognitivo em crianças com alterações de leitura e linguagem. Porém, ainda não está claro como estes dois processos influenciam na melhora encontrada após as estimulações, uma vez que um processo é interdependente do outro.

O TA proporciona a melhora dos processos de codificação e decodificação por meio do aprendizado auditivo, e da reorganização dos recursos cognitivos da audição, ou seja, esta aprendizagem perceptiva melhora a discriminação sensorial após o treinamento auditivo. (Bamford 1981, Irvine, 2007).

Estudos antigos afirmam que a plasticidade neural ocorre apenas ao nível cortical, ou seja, eles acreditavam que os neurônios ao nível do TE não estavam sujeitos à plasticidade uma vez que estes estão relacionados à geração de sinais elétricos rápidos, consistentes e confiáveis. Porém, Tzounopoulos e Kraus (2009) realizaram uma revisão de estudos e afirmaram que novas pesquisas têm demonstrado que o TE é um sistema dinâmico e passível de plasticidade por diversos mecanismos em seus núcleos auditivos.

Nas últimas décadas um progresso significativo tem sido feito no que se refere à plasticidade do sistema auditivo subcortical humano, levando em

conta os aspectos sensoriais e cognitivos que subjazem a plasticidade auditiva.

Russo et al., (2005) afirmaram que a plasticidade neural não está restrita ao córtex. Com objetivo de investigar a plasticidade ao nível do tronco encefálico os pesquisadores realizaram um treinamento auditivo de oito semanas, com o programa comercial Earobics, em crianças de 8-12 anos com distúrbio de aprendizagem. Essas crianças foram submetidas à avaliação dos PEAs em nível cortical (P2-N2) e do PEATEc no silêncio e com ruído, antes e depois do treinamento auditivo. Os pesquisadores não observaram mudanças nas respostas do PEATEc no silêncio. Porém, as correlações entre as respostas no silêncio e no ruído melhoraram após o treinamento auditivo. Esta resposta mostrou-se significativamente associada ao aumento da amplitude de P2-N2 do PEA cortical. Os autores concluíram que o treinamento auditivo pode melhorar a codificação de sons complexos, tornando a codificação neural mais resistente aos efeitos danosos do ruído.

Russo et al., (2010) avaliaram o impacto de um treinamento auditivo computadorizado (Fast ForWord), em 5 crianças com Transtorno do Espectro Autista, por meio de avaliações do PEATEc e do PEA cortical utilizando estímulo complexo (sílabas /da/ sintetizada) apresentados no silêncio e no ruído. Foi observada mudanças na latência nas respostas ao nível cortical em todas as crianças treinadas e em 3 delas ao nível subcortical (TE).

Skoe e Kraus (2010b) mediram as respostas do PEATEc, em jovens adultos normais, para cinco notas musicais sendo que uma nota se repetia mais frequentemente. As respostas foram monitoradas durante 1 hora e meia, e foi observado um aumento progressivo da magnitude das ondas em dependência do tempo de estimulação. Os autores concluíram que esta é uma clara demonstração da plasticidade ao nível do sistema subcortical.

Song et al., (2012) realizaram treinamento auditivo computadorizado (LACE), em jovens adultos normais, com o objetivo de investigar a melhora na escuta com ruído competitivo e os mecanismos que subjazem esta melhora, por meio do monitoramento das respostas do PEATEc no silêncio e com ruído. Observou-se uma melhora nas respostas do PEATEc com ruído relacionadas aos elementos que refletem a transição dos formantes. O estudo mostrou que os mecanismos subjacentes à percepção de fala no ruído são sensíveis a treinamentos de curto-prazo e por meio desses resultados demonstraram a plasticidade subcortical. Porém, neste estudo, ainda é questionado se a plasticidade subcortical, comprovada pelos resultados, foi impulsionada por um exercício de escuta específica ou por efeitos acumulativos de todos os exercícios, ou seja, quanto da resposta obtida foi sensorial e o quanto foi cognitiva. Em relação a este questionamento os pesquisadores afirmam que o tronco encefálico tem grande capacidade tanto para influenciar quanto para ser influenciado por processos cognitivos superiores.

Esses estudos confirmam que o tronco encefálico não é simplesmente uma estação de transmissão passiva e a plasticidade neural não está restrita ao nível cortical (Chandrasekaran et al., 2014).

De acordo com Kraus e Hornickel, (2013) o aprendizado auditivo depende de uma rede recíproca de vias aferentes e eferentes que estão diretamente conectadas e são interdependentes. O sistema auditivo reflete dinamicamente interações entre o processamento sensorial e cognitivo. A resposta do sistema auditivo para o som não depende somente da transmissão neural ascendente, mas também de outros fatores fisiológicos e cognitivos. A atenção auditiva, memória de trabalho auditiva, e a atividade do sistema límbico são os prováveis mecanismos necessários para que ocorra a plasticidade neural. Há um grande número de projeções descendentes e ascendentes, o que aumenta ainda mais a importância da integração sensório-cognitivo para a adaptação do sistema auditivo após passar por novas experiências.

Segundo Rouiller (1992), o sistema auditivo central é responsável por transferir os estímulos acústicos da cóclea até o córtex. Durante este caminho, o estímulo é decodificado em vários locais ao longo da via auditiva e, em cada núcleo as respostas se modificam no sentido aferente. Em quase todos os pontos da via auditiva, há também projeções eferentes, o que sugere que os núcleos estão interconectados e estas informações auditivas são processadas ao longo na via auditiva de uma maneira hierárquica.

Nos modelos atuais de neurociência cognitiva as estruturas corticais são citadas como cruciais para o processamento auditivo e de fala, no entanto, antes do discurso ser percebido e integrado com representações linguísticas, esses sinais acústicos devem ser representados por um código neural e entregues ao córtex auditivo com precisão temporal e espectral pela estruturas subcorticais (Hickok & Poeppel, 2007; Rauschecker & Scott, 2009), que por muitas vezes são consideradas como meras estações passivas de retransmissão dos estímulos sensoriais e, essa função restrita de “entrada” e “saída” do sinal, dada ao tronco encefálico, em relação aos estímulos acústicos, está totalmente desatualizada (Chandrasekaran et al., 2014).

Apesar de décadas de pesquisas, a neuroanatomia funcional do processamento da fala tem sido difícil de caracterizar. Sabe-se que a codificação neural da fala ocorre mais nas estruturas rostrais do tronco encefálico, como no lemnisco lateral e no colículo inferior (Johnson et al., 2005) e que a produção da fala está diretamente relacionada a percepção auditiva (Mendes e Barzaghi, 2011).

O sistema auditivo subjacente a compreensão da fala é submetido a constantes mudanças dos sons, a partir do qual extrai os significados. O contexto linguístico e as características fonético-acústicas do sinal de fala fornecem pistas *top-down* e *bottom-up* que podem ser usadas para prever informações de entrada do sinal acústico, permitindo o conhecimento rápido e

automático de até 150 palavras por minuto em adultos saudáveis (Bowen, 2006).

Crianças até a primeira década de vida são mais influenciadas pelos processos *top-down*, uma vez que este ainda se encontra em desenvolvimento e exige maior esforço, atenção e concentração. Por exemplo, no teste de Padrão de Frequência a criança deve ser capaz de discriminar e então nomear o som que ouviu. Nesta tarefa os processos *bottom-up* e *top-down* estão presentes uma vez que a criança precisa receber e reconhecer o estímulo acústico (sensorial – *bottom-up*), e então nomeá-lo (cognitivo- *top-down*). Déficits no mecanismo top-down estão frequentemente associados a uma série de dificuldades de linguagem e aprendizagem, e muitas vezes também associados ao Transtorno do Processamento Auditivo (Moore, 2012).

Segundo Chandrasekaran et al., (2014) e Strait et al., (2012) existem duas teorias sobre as influências modulares nos núcleos subcorticais: modulação local, referente a modificações iniciadas por operações dentro do circuito subcortical, ou seja, por uma reorganização nas células nervosas do próprio TE; e a modulação top-down referente a modulações iniciadas via tratos corticofugais, impulsionada pelo aperfeiçoamento no controle das funções cognitivas sobre o processamento sensorial básico.

Estas influências modulares, em relação aos sinais auditivos, parecem ocorrer em todos os níveis do sistema auditivo, podendo haver uma complexa interação entre si. Cada nível do sistema auditivo recebe um sinal de entrada

(*bottom-up*) a partir do nível inferior, bem como no nível acima (*top-down*) havendo assim, um equilíbrio entre esses dois processos (Chandrasekaran et al.,2014; Strait et al.,2012).

Apesar de estar bem estabelecido o envolvimento dos processos *bottom-up* e *top-down* no processo de aprendizagem, ainda não é possível afirmar qual a real influência que cada um destes processos exerce sobre as tarefas fonológicas e de leitura-escrita uma vez que um sofre influência direta do outro. (Westerhausen et al.,2009; Murphy et al.,2015a)

A partir da hipótese inicialmente proposta por Tallal e Piercy (1973), a qual afirma que a base das alterações de linguagem, como de crianças com TF, é a dificuldade que estas apresentam de processar estímulos acústicos quando apresentados de forma rápida e em sequência, foram realizados inúmeros estudos com o objetivo de investigar a influência dos treinamentos auditivos nas habilidades cognitivas.

Kujala et al., (2001), aplicaram o treinamento audiovisual incluindo estímulos não-verbais em crianças com dislexia. Os resultados obtidos nesta pesquisa mostraram que as crianças treinadas apresentaram melhores resultados nas tarefas de leitura do que as do grupo de não treinados, além da melhora das respostas no exame eletrofisiológico –Mismatch Negativity. Neste estudo os autores puderam observar a influência do treinamento auditivo não verbal na habilidade de leitura.

Lakshminarayanan e Tallal (2007) realizaram treinamento auditivo não verbal em estudantes com idades entre 18 e 25 anos que não apresentassem alterações de linguagem e audição normal, a fim de verificar se o aprendizado sensorial seria refletido na discriminação de sílabas. Durante o treinamento auditivo, os participantes deveriam discriminar frequências ascendentes e descendentes com características acústicas semelhantes aos sons de fala do Inglês, por um período de 5 dias. Os resultados obtidos mostraram que houve uma melhora significativa na tarefa de discriminação das sílabas, do grupo dos treinados em relação ao grupo controle, confirmando a influência do treinamento sensorial nas tarefas cognitivas.

Pesquisadores como Stevens et al., (2008) estudaram a influência dos processos *top-down* nas habilidades auditivas. Em seu estudo, pesquisaram a influência do treinamento por meio do programa de computador Fast FarWord (com estímulo linguístico) em crianças com desenvolvimento típico e com distúrbio específico de linguagem, com o objetivo de verificar se o treinamento *top-down* pode influenciar na habilidade de atenção auditiva seletiva. O estudo demonstrou que, apesar de ambos os grupos receberem a mesma estimulação, o grupo das crianças com distúrbio específico de linguagem demonstrou melhora nas habilidades de linguagem receptiva e expressiva bem como na atenção seletiva quando comparada ao grupo de crianças com desenvolvimento típico. Estes resultados indicam que os mecanismos neurais da atenção seletiva, previamente mostrado para ser deficiente em crianças com alterações de

linguagem, pode ser remediada por meio do treinamento e pode acompanhar melhoras em medidas padronizadas da linguagem.

Em seu estudo, Kraus et al., (2014) realizaram treinamento musical em crianças com o objetivo de investigar como o treinamento musical pode influenciar o processamento da fala. Os resultados obtidos mostraram que, mesmo depois de 2 anos, as crianças que foram mais comprometidas com o programa musical, apresentaram melhoras nas tarefas de leitura e fala.

Murphy et al., (2015a), frente a este questionamento, realizaram um estudo com objetivo de comparar o efeito da estimulação auditiva não-linguística e da terapia fonoaudiológica nas tarefas fonológicas em 17 crianças com transtorno fonológico. A intervenção incluiu medidas sensoriais auditivas (habilidades de processamento auditivo temporal) e medidas cognitivas (atenção, memória de curto prazo, a produção da fala e habilidades de consciência fonológica). A abordagem auditiva foi focada em treinamento auditivo não-linguístico (por exemplo, ruído de fundo e discriminação de frequências), enquanto a abordagem fonológica foi centrada na formação dos sons da fala (por exemplo, organização e consciência fonológica). As pesquisadoras observaram que, na análise intra-grupos, o grupo da estimulação auditiva apresentou ganhos significantes em ambas as medidas sensoriais e cognitivas, enquanto nenhum ganho significativo foi observado no grupo de intervenção fonológica. Também não foi observada nenhuma melhora nas habilidades fonológicas em nenhum dos grupos. A análise intra-grupos demonstrou diferenças significantes entre a

melhora apresentada após o treino para ambos os grupos, com um ganho mais acentuado para a intervenção auditiva não-linguística em ambas as medidas de atenção visual e auditiva. As autoras concluíram que ambas as análises sugerem que, embora a abordagem de intervenção auditiva não-linguística pareça ser a abordagem de intervenção mais eficaz, não foi suficiente para promover a melhora das habilidades fonológicas.

Em contrapartida, Halliday et al., (2012) e Murphy et al., (2015b), por exemplo, não observaram em suas pesquisas a interação do treinamento auditivo com a melhora das tarefas de linguagem.

Halliday et al., (2012), realizaram o treinamento auditivo em crianças de 8-10 anos de idade com desenvolvimento típico. Estas crianças foram submetidas a 12 sessões de treinamento auditivo, por meio das tarefas de discriminação de frequências, discriminação de fonemas ou discriminação visual de frequências. Todos os três grupos apresentaram uma melhora significativa após as 12 sessões apenas na tarefa referente ao treino específico de seu grupo, ou seja, o aprendizado seguido do treinamento auditivo foi específico para uma determinada tarefa ou estímulo, sugerindo que o treinamento auditivo sensorial não influencia os processos *top-down*. Assim os autores concluíram que mesmo após o treinamento auditivo sensorial não houve a transferência de conhecimento aprendido nas tarefas auditivas para as habilidades de linguagem.

Murphy et al., (2015b) realizaram um estudo com o objetivo de investigar generalização do aprendizado após o treinamento auditivo nas habilidades cognitivas como atenção e memória. O estudo foi realizado com crianças que tinham entre 7 e 12 anos de idade diagnosticadas com TF. Estas crianças foram divididas em quatro grupos sendo eles: Grupo controle treinado; grupo controle não-treinado; grupo de estudo treinado e grupo de estudo não-treinado. Os grupos treinados foram submetidos a 12 sessões de treinamento auditivo computadorizado não verbal. Após o treinamento, o grupo controle treinado demonstrou uma melhora significativa para o GIN e o grupo de estudo treinado exibiu o mesmo para a atenção sustentada, indicando generalização de aprendizagem a partir de um treinamento sensorial auditivo para uma habilidade *top-down*, em relação às outras medidas, todos os grupos apresentaram aproximadamente o mesmo nível de ganhos, indicando a presença de um efeito de teste e reteste. Os resultados também mostram que a extensão de memória não estava relacionada com o processo de generalização de aprendizagem, uma vez que o grupo de estudo treinado exibiu um ganho mais acentuado em habilidades de atenção após o treinamento sensorial.

Métodos

4. MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), em 01 de outubro de 2014 sob protocolo de pesquisa nº 338/14 (Anexo 1).

O estudo foi realizado no Centro de Docência e Pesquisa em Fonoaudiologia, Fisioterapia, e Terapia Ocupacional da FMUSP no Laboratório de Neuroaudiologia, no período junho de 2014 a janeiro de 2015, com o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), sob processo de número 2013/07490-3.

Todos os indivíduos selecionados, juntamente com seus pais ou responsáveis, foram orientados em relação aos procedimentos referentes à pesquisa, tiveram suas dúvidas esclarecidas e foram incluídos no estudo após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 2).

4.1. CASUÍSTICA

Foram convocadas 27 crianças, com idade entre seis e 12 anos de idade, as quais estavam na fila de espera para atendimento fonoaudiológico no Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Fonologia do Departamento de Fonoaudiologia, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da FMUSP. Das

crianças convocadas, 11 foram consideradas aptas à participarem da pesquisa de acordo com os critérios de inclusão. As demais foram excluídas por diferentes motivos como abandono do tratamento e grande número de faltas.

Foram considerados como critério de inclusão para todos os sujeitos participantes:

- ✓ Ter o diagnóstico de Transtorno Fonológico;
- ✓ Idades entre 6 a 12 anos, de ambos os gêneros;
- ✓ Ausência de comprometimento neurológico ou psicológico evidente;
- ✓ Desempenho linguístico dentro do esperado para a idade e para o quociente de inteligência (QI) – medido por meio do Teste das Matrizes Progressivas de Raven (Raven et al., 1986) realizado por psicólogo especializado;
- ✓ Triagem auditiva (inspeção do meato acústico externo; audiometria tonal nas frequências de 500 a 4 kHz) normal, ou seja, até 20dBNA (ANSI 69);
- ✓ Não ter sido submetido a intervenções fonoaudiológicas.

Os sujeitos incluídos no presente estudo foram pareados por idade, gênero e valor do PCC-R. Após serem avaliados foram divididos em dois diferentes grupos de estimulação:

- ✓ Grupo *Bottom-up* (B-U): composto por seis sujeitos submetidos a 12 sessões de treino auditivo (intervenção sensorial) com duração de aproximadamente 45 minutos;

- ✓ Grupo *Top-down* (T-D): composto por cinco sujeitos submetidos a 12 sessões de terapia fonoaudiológica (intervenção cognitiva) com duração de aproximadamente 45 minutos, realizadas pelo Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Fonologia do curso de graduação em Fonoaudiologia da FMUSP.

4.2. MATERIAL

Os materiais utilizados na presente pesquisa estão descritos a seguir:

1. Otoscópio da marca *Heine*, para a inspeção do Meato Acústico Externo.
2. Cabina Acústica para realização da Audiometria Tonal, aferida de acordo com a norma ANSI S31-1991.
3. Audiômetro da marca Grason-Stadler modelo GSI-61, cuja faixa de frequência é de 125 a 12000 Hz, e que, por via aérea, o tom puro varia de 10 a 110 dB NA, para as frequências de 125 e 12000 Hz; de -10 a 115 dB NA, para as frequências de 250 e 8000; e de -10 a 120dB NA, para as frequências de 500, 750, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 e 6000 Hz. Foi utilizado o fone supra-aural modelo TDH-50. A calibração do aparelho está de acordo com os padrões ANSI S3.6 (1989); ANSI S3.43 (1992); IEC 645-1(1992); IEC 645-2; ISSO 389.
4. Notebook da marca Samsung equipado com os softwares utilizados para avaliação e intervenção.

5. Softwares: “Jogo do Macaco” e “Jogo do Papagaio” (Murphy, 2008); software comercial “Escuta Ativa” (CTS Informática®) Teste de Memória para Dígitos (Span de dígitos) desenvolvido com o uso do Software E-Prime Professional utilizando o modelo inicial proposto por Baddeley e Hitch (1974); Teste de Atenção Auditiva (Murphy, 2014), e Pseudopalavras/ adaptação (Salles JF, 2011).
6. Fone supra-aural modelo HA-RX300 da marca JVC.
7. *Compact Disc* com gravação do Teste de Padrão de Frequência (Auditec,1997)
8. *Compact Disc* com gravação do teste Gap in Noise (Musiek, 2005)
9. Equipamento para realização dos testes eletrofisiológicos - modelo Navigator Pró, da Marca Bio-Logic System Corporation (Bio-logic Systems Corp., Natus Medical Inc., Mundelin, III., USA)., equipado com BioMARK (Biological Marker of the Auditory Processing), instalado em um computador, para a realização dos potenciais evocados auditivos com estímulo clique e de fala. Foram utilizados fones de inserção da marca Biologic, modelo 580- SINSER.
10. Pasta abrasiva para a limpeza da pele do indivíduo, e pasta eletrolítica para favorecer a captação dos potenciais evocados auditivos. Esparadrapo microporoso para fixação dos eletrodos na pele.

Para a realização da estimulação foram utilizados:

11. Carta padrão (9,7 x 6,7cm) contendo uma figura representada com o som alvo em posição inicial na parte inferior, o símbolo fonético do som alvo e duas figuras representando os movimentos articulatórios de boca, língua e pregas vocais envolvidos na produção do som alvo (sendo uma foto da boca em visão frontal e a outra um desenho em visão sagital).
12. Carta com figura (7,2 x 6,8 cm) com uma imagem.
13. Cartelas (17,7 x 12,7 cm) com figuras relacionadas aos sons trabalhados, utilizadas como bingo e caça-figuras.

4.3 PROCEDIMENTOS

Na primeira sessão, os responsáveis pelos participantes, receberam e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; foram instruídos quanto aos procedimentos e exames realizados durante a pesquisa, descritos a seguir:

Anamnese

Foi realizada uma entrevista com o responsável a fim de verificar a história clínica da criança e investigar os critérios de inclusão no estudo (Anexo 3).

Diagnóstico de Transtorno Fonológico

O diagnóstico de TF foi realizado por uma fonoaudióloga especialista, por meio do Teste de Linguagem Infantil ABFW – Fonologia (Wertzner, 2004; Andrade et al.,2004). As provas de fonologia são duas: nomeação de figuras

(sendo 34 palavras correspondentes a 90 consoantes) e imitação de palavras isoladas (com 39 palavras correspondentes as 107 consoantes). Para a classificação da gravidade do transtorno fonológico foi utilizado o índice de Porcentagem de Consoantes Corretas – Revisada (PCC-R) (Shriberg et al.,1997). O resultado foi calculado separadamente para as duas tarefas. O valor do PCC-R foi classificado de acordo com a Quadro 1:

Quadro 1: Classificação da gravidade do PCC-R

Classificação	Porcentagem de consoantes corretas
Leve	>85%
Levemente-moderado	65% a 85%
Moderadamente-severo	50% a 65%
Severo	<50%

Avaliação Audiológica

- Inspeção do meato acústico externo para verificar possíveis impedimentos à realização do exame, como cerume e corpo estranho;
- audiometria tonal nas frequências de 500, 1000, 2000, 3000 e 4000 kHz em ambas as orelhas. Foram considerados como normais os limiares de audibilidade entre 0 e 20dBNA (ANSI 69) (Anexo 4).

Avaliação Eletrofisiológica

Nesta avaliação foi realizado o exame do PEATE com estímulo clique e com estímulo complexo (sílabas /da/ sintetizada) (Anexo 4), mantendo os mesmos critérios descritos a seguir para ambos os testes. As sessões de avaliação tiveram duração média de 50 minutos.

Para a realização da avaliação eletrofisiológica a criança foi orientada a permanecer relaxada e sentada em uma poltrona confortável. Após a limpeza e preparação da pele com a pasta abrasiva, foram fixados os eletrodos, por meio de pasta eletrolítica e esparadrapo microporoso, nas seguintes posições: eletrodo ativo (Fz), colocado na testa, eletrodos de referência nas mastoides esquerda (M1) e direita (M2), de acordo com o sistema 10-20 Internacional Electrode System (IES) (Jasper, 1958). Em seguida foram verificados os valores de impedância, sendo considerado adequado abaixo de 5 K Ω . Os estímulos foram apresentados por meio de fone de inserção.

O Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com estímulo clique foi realizado a fim de verificar a integridade da via auditiva. O estímulo foi apresentado na intensidade de 80dB nNA, a uma velocidade de 19,1 estímulos por segundo, sendo promediados 2000 estímulos; com uma janela de gravação de 10,66 ms, filtros passa-alto 100Hz e passa-baixo de 1500Hz. Foram obtidos dois traçados a fim de garantir a reprodutibilidade das ondas, para eliminar a variabilidade e subjetividade de interpretações. No traçado resultante foram identificadas e analisadas as latências absolutas das ondas I, III e V e intervalos interpicos I-III III-V e I-V. Os padrões de normalidade utilizados na análise das respostas foram propostos no manual do equipamento Navigator Pro (Quadro 2).

Quadro 2: Valores normativos do PEATE para clique de acordo com a orelha restada, segundo o manual do equipamento Navigator Pro.

Ondas	OD		OE	
	Média	DP	Média	DP
I	1,54	0,11	1,54	0,12
III	3,67	0,12	3,69	0,1
V	5,52	0,22	5,54	0,19
I-III	2,13	0,14	2,14	0,23
III-V	1,85	0,17	1,86	0,14
I-V	3,98	0,19	4	0,2

Os estímulos utilizados para a realização do PEATEc foram os cinco primeiros formantes da sílaba /da/, esta sílaba foi escolhida pois consoantes plosivas fornecem maior informação fonética (Russo et al.,2004). Este estímulo de fala sintetizado (Klatt,1980) é fornecido pelo próprio equipamento. O estímulo, com duração de 40 ms, foi apresentado monoauralmente, somente na orelha direita – devido a vantagem da orelha direita para processamento de sons da fala (Hornickel et al.,2009), em polaridade alternada, na intensidade de 80 dB nNA, a uma velocidade de 10,9 estímulos por segundo. A janela de gravação foi de 74,67 ms, filtros passa-alto de 100Hz e passa baixo de 2000Hz. Foram realizadas duas varreduras de 3000 estímulos, as duas ondas obtidas foram somadas e suas médias calculadas.

No traçado resultante obtido foram identificados e analisados:

- ✓ Domínio *Onset*: composto pelas medidas de latência das ondas V, A e do complexo VA (incluindo latência, área e *slope*).

- ✓ Domínio espectro-temporal: composto pelas latências dos picos D, E e F.
- ✓ Domínio “Fronteira do Envelope” (*Envelope Boundaires*): composto pelas latências das ondas C e O, em que C marca o início da vocalização da porção sustentada, e a onda O marca o final da vocalização.
- ✓ Domínio “*Pitch*”: composto pelas medidas de amplitude F_0 .
- ✓ Domínio de Harmônicos: composto pelas medidas de amplitude de F_1 e HF, sendo que F_1 inclui os harmônicos do estímulo, que compõe a maioria das frequências que fazem parte do primeiro formante e, HF é composto de harmônicos do primeiro e segundo formantes.
- ✓ *Slope*: valor da relação entre amplitude e duração do complexo VA.
- ✓ Pontuação do Escore gerado pelo algoritmo contido no programa BioMAP, o qual é baseado nas medidas de cinco parâmetros de resposta: latência da onda V, latência da onda A, *slope*, frequência do primeiro formante e altas frequências. Foi considerado alterado quando o valor do Escore encontrava-se entre 7 e 22.

Quadro 3: Análise do Padrão da Resposta do PEATEc

Domínio	Medidas
<i>Onset</i>	Ondas V, A e complexo VA
Espectro-temporal	Ondas D, E e F
Fronteira do envelope	Ondas C e O
<i>Picht</i>	Amplitude de F_0
Harmônicos	Amplitude de F_1 e HF
<i>Score</i>	Onda V, A, <i>slope</i> , frequência de F_1 e HF.

A marcação das ondas foi feita tendo como base a onda normativa fornecida pelo equipamento (Quadro 4)

Quadro 4: Valores da onda normativa referente a sílaba sintetizada /da/ oferecida pelo equipamento Navigator Pró.

TESTES COMPORTAMENTAIS

Teste de Padrão de Frequência (PF) (PPS- Pich pattern sequence)/

Auditec, St Louise:

Para a avaliação da habilidade de ordenação temporal e transferência inter-hemisférica foi utilizada a versão infantil do teste Auditec (1997), composto por 30 sequências de três diferentes tons, apresentados de forma binaural (Anexo 5). As crianças foram orientadas a nomear os sons na ordem em que foram apresentados, sendo “fino”, para os sons agudos e “grosso” quando ouvissem os sons graves. Os tons têm duração de 500 ms e podem ser graves (880Hz) ou agudos (1430Hz), com intervalo inter-estímulo de 300ms. O Quadro 5 apresenta os critérios de normalidade adotados de acordo com a idade.

Quadro 5: Valores normativos para o Teste Padrão de Frequência

7-8 anos	8-9 anos	9-10 anos	> 10 anos
76%	91%	91%	90%

Auditec (1997)

Gap in Noise (GIN) (Musiek et al., 2005):

Este teste foi utilizado na avaliação da habilidade de resolução temporal. A criança foi orientada a responder sempre que percebesse o intervalo de silêncio que aparecesse no ruído branco. Foram apresentadas 35 sequências, monoauralmente (somente na orelha direita), com duração de 6 segundos cada, podendo ter três, dois, um ou nenhum intervalo de silêncio, os quais tinham

duração variável de 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 12, 15 ou 20 ms. Foi considerado como limiar o tempo de silêncio mais curto percebido pela criança em mais de 50% das vezes em que fora apresentado. O padrão de normalidade para este teste é de 5 ms, segundo Marculino et al.,2011 (Anexo 6).

TESTES PSICOFÍSICOS

Teste de atenção auditiva:

No teste de atenção auditiva, foram apresentados, binauralmente, em uma intensidade confortável ao participante, números de um a sete durante dez minutos, com o objetivo de investigar a atenção sustentada. A criança foi orientada a apertar a tecla “espaço” sempre que ouvisse apenas os números um e cinco. Cada estímulo apresenta duração de aproximadamente 500 ms, independentemente do número de sílabas que o mesmo apresente. São totalizadas 144 tentativas e é adotado um ponto para cada acerto. As respostas foram medidas em relação ao número de detecções corretas (HIT), o número de alarmes falsos (AF) e a média do tempo de resposta (TR) (Anexo 7).

Teste de memória para dígitos (Span de dígitos):

Desenvolvido e aplicado no *Software E-Prime Professional*, (Murphy et al., 2013) de acordo com o modelo proposto por Baddeley & Hitch (1974), este teste possibilita a investigação da memória operacional. A criança foi orientada a repetir verbalmente a sequência de números que apareciam na tela do

computador. O teste inicia-se com uma sequência de 3 dígitos, e aumenta gradativamente conforme a criança acerte 50% das 12 sequências apresentadas em cada série. Considera-se como resultado do Span a última série de dígitos em que houver mais de 50% de acertos (Anexo 7).

Teste de Leitura de Palavras Isoladas/ Adaptação - Pseudopalavras (Salles, 2001)

As crianças foram orientadas a ler em voz alta uma sequência de 30 pseudopalavras, as quais apareciam na tela do computador e em segundos era substituída por outra. Esta tarefa está associada a atenção e a memória. Foi totalizado o número de palavras que a criança leu corretamente (Anexo 7).

Testes de Metafonologia:

Teste de Consciência Fonológica adaptado de Prova de Consciência fonológica - PCF (Capovilla, AGS; Capovilla FC, 1998). Antes do início de cada tarefa o examinador explicou o que deveria ser feito e apresentava dois exemplos à criança e, se necessário corrigia-a. Este teste consiste em 10 tarefas fonológicas (Anexo 8), com 4 itens cada, descritas a seguir:

- Síntese silábica: A criança foi orientada a unir as sílabas faladas pelo examinador, reconhecer e dizer a palavra formada por essa união das sílabas apresentadas;

- Síntese Fonêmica: unir os fonemas isolados falados pelo examinador, reconhecer e dizer a palavra formada;
- Rima: de três palavras ditas pelo examinador, reconhecer qual a que não rima com as demais apresentadas;
- Aliteração: de três palavras ditas pelo examinador, identificar qual a que não começa como as outras que foram apresentadas;
- Segmentação Silábica: segmentar e dizer as sílabas das palavras apresentadas;
- Segmentação Fonêmica: segmentar e emitir os fonemas das palavras ditas pelo examinador;
- Manipulação Silábica: adicionar ou subtrair sílabas no início ou final das palavras apresentadas e dizer a palavra formada;
- Manipulação Fonêmica: adicionar ou subtrair fonemas no início ou final das palavras apresentadas e dizer qual a palavra formada;
- Transposição Silábica: inverter a ordem das sílabas contidas nas palavras apresentadas e dizer a palavra formada;
- Transposição Fonêmica: inverter a ordem dos fonemas contidos nas palavras apresentadas e dizer a palavra formada

Os resultados obtidos foram separados e calculados de acordo com cada tarefa conforme a Quadro 6:

Quadro 6: Padrão de referência para o teste de Metafonologia

Tarefas	Porcentagem referente a cada item
Silábicas	6,5%
Fonêmicas	6,5%
Rima e Aliteração	12,5%

4.4. INTERVENÇÕES

Após os sujeitos serem submetidos a avaliação, foram encaminhados para um dos dois diferentes grupos de intervenção: Grupo *Bottom-up* (B-U) ou Grupo *Top-down* (T-D). As sessões tiveram duração de cerca de 45 minutos, realizadas uma vez por semana durante o período total de 12 semana. A seguir será descrita a estimulação realizada em cada grupo separadamente.

TREINAMENTO AUDITIVO

Estimulação *Bottom-up*

A estimulação auditiva foi realizada por meio do *software* “Jogo do Macaco” e “Jogo do Papagaio” desenvolvidos por Murphy (2008) e pelo *software* comercial “Escuta Ativa” através as atividades: “Siga o Piano” “Quanto Sons” e “Qual Som Ouviu”(CTS Informática®) e o jogo da internet *Simon Game*. Foi utilizado um notebook e os estímulos foram apresentados por meio de fone supra aurais.

Jogo do Macaco: (treinamento não verbal) - O objetivo deste *software* é treinar as habilidades temporais de discriminação e ordenação de frequências.

Na primeira fase do jogo, a criança escuta dois sons e deve discriminar se os sons foram iguais ou diferentes, associando aos sinais = ou ≠, que apareciam na tela. Com o objetivo de treinar ordenação temporal, na segunda fase a criança escutava dois sons e deveria associá-lo aos estímulos correspondentes, sendo eles: ↑ representando o estímulo ascendente, ou ↓ representando o estímulo descendente. Na terceira fase, a criança escutava três sons e deveria escolher os símbolos ↑ ou ↓ que aparecia na tela correspondente ao estímulo auditivo que escutou. Os estímulos foram projetados para se parecerem com os fonemas do Português com uma frequência final ou inicial de 500, 1.000 ou 2.000 Hz, com duração de 40ms a 200ms e intervalo inter-estímulos variando de 20ms a 500ms. O jogo começa com duração de 200ms e intervalo inter-estímulo de 500ms. A criança deveria acertar 70% para passar de fase, caso não conseguisse, em 12 tentativas, aparecia na tela “game over” e a criança voltava para a fase anterior. No final das 12 sessões foi verificado o resultado do jogo, considerando a fase em que a criança se encontrava -correspondente a ordenação ou discriminação, e qual o nível ela estava, referente a frequência e intervalos inter-estímulos. Estes dados foram importantes para poder acompanhar a evolução do paciente durante o período de estimulação (Anexo 9).

Jogo do Papagaio: O objetivo do jogo é treinar as habilidades de discriminação dos sons verbais por meio da fala expandida. Foi apresentada auditivamente, a sílaba inicial de duas palavras sendo uma surda e sua

oposição sonora. A criança foi orientada a associar o que ouviu ao desenho correspondente na tela, na ordem em que as sílabas foram apresentadas, por exemplo: a criança escuta as sílabas /pa/ e /ba/ e vê o desenho de pato e bala. Neste jogo cada consoante foi expandida em 100% e amplificada em 10dB. No final das 12 sessões o resultado do jogo foi analisado considerando o par em que a criança parou, a extensão da consoante expandida, a amplificação e a duração inter-estímulos (Anexo 10).

No jogo “Siga o Piano”, do software Escuta Ativa, a criança foi orientada a reproduzir os estímulos sonoros que ouviu associando-os as teclas de um teclado que aparece na tela, identificadas com a letra “G” para os sons graves e “A” para os sons agudos. Os estímulos se tornam cada vez menos distintos e podem variar de três a cinco dependendo da fase em que a criança se encontra. O objetivo deste jogo é treinar as habilidades de discriminação e ordenação temporal (Anexo 11).

O jogo “Qual Som Ouviu”, também do software Escuta Ativa, tem como objetivo treinar a habilidade de discriminação e fechamento auditivo. A criança escutava duas palavras, binauralmente, com ruído de fundo inicial de 10%, e era orientada a identificar se as palavras ouvidas foram iguais ou diferentes. Conforme a criança acertava 70% das palavras o nível do ruído competitivo aumentava gradativamente de 10 em 10% até chegar ao nível máximo que a criança fosse capaz de discriminar as palavras corretamente (Anexo 12).

Ainda do software Escuta Ativa foi realizado o jogo “Quantos Sons Ouviu” com o objetivo de treinar a habilidade de resolução temporal. Neste jogo a criança foi orientada a contar quantos sons ouviu, podendo ser de um a cinco estímulos produzidos por diferentes instrumentos musicais (Anexo 13).

Os resultados finais dos jogos do *software* Escuta Ativa foram obtidos por meio de gráficos fornecidos pelo próprio *software*, os quais mostram a evolução de cada criança durante as 12 sessões de estimulação.

No jogo da internet “Simon Game” (<http://www.freesimon.org>) a criança era orientada a seguir a ordem dos sons que ouviu. Juntamente com o som, era apresentado um estímulo visual para cada som escutado, a criança deveria clicar no quadrante da cor correspondente que ascendesse quando o som era tocado. Conforme a criança acertava, o número de estímulos aumentava gradativamente, até o máximo que conseguisse. Esse jogo trabalha a memória auditiva associada à memória visual. Para obter o resultado deste teste foi feito a média de acertos referente aos dias jogados (Anexo 14).

INTERVENÇÃO FONOAUDIOLÓGICA

Estimulação *Top-down*

A intervenção fonoaudiológica foi realizada por meio do Programa de Estimulação Fonoaudiológica (PEF) (Silva, 2015). Este programa expõe a criança a todos os sons da fala, e não somente aos que a criança apresenta

alterações, de modo que as aquisições podem ocorrer gradualmente em um curto período de tempo. O PEF constou em 12 sessões semanais com duração de 45 minutos. Cada uma das seis classes de sons estabelecidas foi estimulada por duas sessões.

Nestas 12 sessões foram trabalhados os sons de todas as 21 consoantes (CV) e 13 grupos (CVC) do português brasileiro, simulados através de atividades envolvendo a percepção auditiva do som alvo –Bombardeamento Auditivo, apresentação e produção articulatória, reconhecimento dos sons alvo, emissões de palavras e sentenças, habilidades metalinguísticas e atividade de memória fonológica.

A cada duas semanas, era apresentado à criança um novo padrão de som específico dentro das sílabas seguindo a ordem descrita abaixo, independentemente do desempenho e processo fonológico da criança observado nas avaliações.

Os padrões de sons estimulados na intervenção fonoaudiológica foram os seguintes: sessões 1 e 2– fricativas (/f/, /v/, /s/, /z/, /ʃ/, /ʒ/); sessões 3 e 4 – plosivas (/p/, /b/, /t/, /d/, /k/, /g/); sessões 5 e 6 – líquidas (/l/, /r/, /ʎ/) e fricativa velar (/x/); sessões 7 e 8 – nasais e arquifonemas (/m/, /n/, /ɲ/) e (/s/, /r /); na sessão 9 e 10 - encontro consonantais – /l/ : /pl; bl; tl; kl; gl; fl/ e nas sessões 11 e 12 –/r /: /pr; br; tr; dr; kr; gr; fr; vr./.

Várias tarefas foram feitas durante o PEF. Em uma delas, chamada Bombardeamento Auditivo, relacionada a percepção auditiva, foram lidas

palavras dissílabas começadas por cada som alvo trabalhado na sessão, foi pedido para as crianças ouvir atentamente as palavras, sem repeti-las. Na tarefa de apresentação e produção articulatória, a criança tem que prestar atenção em qual som foi produzido pela pesquisadora. Explicações sobre a produção do som também foram dadas. Nesta atividade de reconhecimento dos sons alvo, a criança deveria nomear as cartas padrão e as cartas com figuras apresentadas referente aos sons alvo trabalhados. Na atividade de reconhecimento do som alvo, a criança foi orientada a nomear a figura sorteada e parear com a carta padrão correspondente. Na tarefa de emissão de palavras e sentenças a pesquisadora pediu para a criança criar uma sentença incluindo o nome da imagem representada nas cartas e tabelas com figuras. A atividade metafonológica inclui atividades de sílaba, rima e aliteração. Foram incluídas ainda tarefas de memória fonológica com palavras começadas pelo som alvo, novamente sorteadas através das cartas e cartelas com figuras. Na tarefa de memória operacional fonológica, a criança foi instruída a repetir as 10 não palavras ditas pela pesquisadora contendo os sons trabalhados durante a sessão. E no final de cada sessão a tarefa de bombardeamento auditivo era repetida.

4.5. REAVALIAÇÃO

Após as crianças serem submetidas às 12 sessões de intervenção, seja ela *bottom-up* ou *top-down*, foram submetidas à reavaliação eletrofisiológica

(PEATE clique e PEATEc), Testes Comportamentais de Processamento Auditivo, testes Psicofísicos e provas de fonologia, imitação e nomeação do ABFW (Wertzner, 2004; Andrade et al., 2004) com o objetivo de verificar a evolução em cada teste aplicado e nos resultados do PEATEc.

Foi considerado melhora dos testes PF e GIN quando as repostas obtidas na reavaliação estivessem mais próximas da normalidade. No teste de atenção auditiva quando o participante apresentasse aumento do valor do HIT e diminuição do número de alarmes falsos e tempo de reação. Para o span de dígitos considerou-se melhora o aumento do span, ou seja, quando houve um aumento na capacidade de memorizar e repetir corretamente maior número de dígitos. No teste leitura de pseudopalavras e metafonologia, considerou-se melhora o aumento na pontuação de cada tarefa.

Para o exame do PEATEc foi considerado melhora a diminuição das latências das ondas e aumento nos valores da amplitude. Em relação ao escore, levou-se em consideração a diminuição do valor da pontuação.

Conforme os objetivos já especificados, o método estatístico utilizado visou verificar o efeito do treinamento auditivo (*bottom-up*) e da terapia fonoaudiológica (*top-down*) no PEATEc.

Os dados obtidos foram analisados por meio do software SPSS 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Para isto, foram realizadas análises descritivas dos resultados dos testes comportamentais, e do PEATEc por meio da construção de tabelas com valores

observados das estatísticas descritivas: média, desvio padrão, mínimo e máximo (Bussab e Morettin, 2002) por grupo e por período (pré e pós-treinamento).

Para a comparar as médias dos testes nos dois grupos B-U e T-D e as avaliações entre os dois períodos estudados, foram aplicados os seguintes testes não paramétrico: Soma de postos de Wilcoxon (análise intragrupo) e Mann-Whitney (análise intergrupo).

Uma vez que os resíduos apresentaram desvios grosseiros da distribuição normal, não foi possível encontrar uma transformação em que essa condição fosse satisfeita. Desta forma, optou-se por empregar a técnica de análise de variância não-paramétrica (Fidell, 2007). Para os testes de hipótese foi fixado nível de significância de 0,05, marcados com um asterisco (*), e para marcar as tendências à significância foi utilizado o símbolo #.

Resultados

5. RESULTADOS

Os resultados obtidos neste estudo serão apresentados obedecendo a seguinte ordem:

- ✓ Caracterização da amostra
- ✓ Comparação dos resultados iniciais e finais dos testes comportamentais após a estimulação *bottom-up* e *top-down*;
- ✓ Comparação dos resultados iniciais e finais do exame do PEATEc após a estimulação *bottom-up* e *top-down*;
- ✓ Comparação inter-grupos dos resultados iniciais e finais do PEATEc após a estimulação *bottom-up* e *top-down*

5.1. Caracterização da amostra

Participaram deste estudo 11 crianças, as quais estão de acordo com os critérios de inclusão já citados anteriormente, divididas em dois grupos de estimulação, sendo o Grupo B-U composto por 6 crianças e o Grupo T-D por 5 crianças.

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas para a idade dos participantes de acordo com os grupos.

Tabela 1. Estatísticas descritivas para a idade (meses) nos dois grupos

Grupo	N	Média	DP	Mínimo	Máximo	p valor
Grupo B-U	6	97,17	17	78	117	0,52
Grupo T-D	5	93,6	4,6	89	101	

Conforme a Tabela 1, em relação à idade das crianças não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos (Mann-Whitney: $U = 11,50$, $p=0,52$).

Na Tabela 2 observa-se a comparação quanto ao gênero dos sujeitos participantes do estudo. No grupo B-U houve maior número de participantes do gênero feminino, enquanto no grupo T-D houve mais sujeitos do gênero masculino, porém esses valores não foram estatisticamente significantes.

Tabela 2. Distribuição dos gêneros nos dois grupos

Gênero	Grupo B-U		Grupo T-D		Total	
	N	%	N	%	N	%
Feminino	4	66,66	2	40	6	54,54
Masculino	2	33,33	3	60	5	45,45
TOTAL	6		5		11	

5.2. COMPARAÇÃO INTRA-GRUPOS

Avaliação Comportamental do Processamento Auditivo

A Tabela 3 demonstra a estatística descritiva, contendo os valores médios, desvio padrão (DP), mínimo e máximo para os testes GIN e PF, pré e pós intervenção terapêutica.

No grupo B-U observou-se por meio dos valores médios a diminuição do limiar do teste GIN e aumento na porcentagem de acerto médio no PF, sendo essa diferença estatisticamente significativa com relação ao teste PF (Wilcoxon, $z = -2,207$, $p=0,03^*$) e marginalmente significativa para o teste GIN (Wilcoxon, $z =$

-1,732, $p=0,08\#$), sendo assim, houve melhora nessas habilidades treinadas após a estimulação *bottom-up*.

No grupo T-D observou-se apenas a diminuição nos valores médios do limiar do teste GIN, porém esta melhora não foi estatisticamente significativa ($p=0,31$).

Tabela 3. Estatística descritiva para porcentagem de acertos nos testes GIN e PF nos dois grupos

Grupo		GIN					Padrão de Frequência				
		Média	DP	Min	Max	p-valor	Média	DP	Min	Max	p-valor
B-U	Pré	6,5	1,6	5	8	0,08#	77,2	14,7	56,6	93,33	0,02*
	Pós	5	0	5	5		94,43	6,22	86,6	100	
T-D	Pré	4,8	3	0	8	0,31	63,32	38,2	0	93,3	0,28
	Pós	3,75	2,5	0	5		61,67	44,1	0	96,66	

As Tabelas 4, 5 e 6 descrevem os resultados dos testes psicofísicos, a saber: atenção auditiva, span de dígitos e leitura de pseudopalavras. No grupo B-U observou-se resultados positivos em todas as variáveis do teste de atenção auditiva, ou seja, aumento dos valores do HIT, diminuição dos alarmes falsos e melhora do tempo de reação. Contudo, ressalta-se que essa diferença não foi estatisticamente significativa ($p= 0,75$; $p= 0,68$; $p= 0,34$). No grupo T-D observou-se apenas como possível indicativo de melhora o aumento do valor médio da variável HIT, porém essa diferença pré e pós estimulação não foi estatisticamente significativa ($p=0,71$).

Tabela 4. Estatística descritiva da porcentagem de acerto pré e pós estimulação no teste de atenção auditiva

Atenção Auditiva											
		Grupo B-U				p-valor	Grupo T-D				p-valor
		Média	DP	Min	Max		Média	DP	Min	Max	
HIT	Pré	77,5	33,8	10	99	0,75	59,8	16,5	36	82	0,71
	Pós	83,83	36,6	12	112		61,5	5,68	56	68	
AF	Pré	7,33	6,8	2	20	0,68	18,6	2,1	16	21	0,27
	Pós	5,33	4,2	1	12		21,75	4,6	17	27	
TR	Pré	1122,9	49,1	1043,9	1190,56	0,34	1103,2	35,4	1041,1	1126,47	0,06
	Pós	1120,4	53,9	1042,3	1200,05		1159,7	27,2	1122,4	1187,44	

No teste Span de Dígitos observou-se melhora dos valores médios em ambos os grupos B-U e T-D, indicando possível melhora da habilidade de memória de curto prazo após a intervenção, porém ressalta-se que essa diferença encontrada não foi estatisticamente significante para o grupo B-U ($p=0,18$) nem para o grupo T-D ($p=0,41$).

Tabela 5. Estatística descritiva da porcentagem de acerto pré e pós estimulação no teste Span de dígitos

Span de Dígitos						
Grupo		Média	DP	Mínimo	Máximo	p-valor
B-U	Pré	4,33	1,2	3	6	0,18
	Pós	6	4,8	0,75	4	
T-D	Pré	3,4	0,6	3	4	0,41
	Pós	4,25	1,9	3	7	

No teste de leitura de pseudopalavras (Tabela 6) observou-se aumento marginalmente significativo nos valores da média pós estimulação no grupo B-U sugerindo melhora da habilidade treinada após a estimulação *bottom-up* (Wilcoxon, $Z=-1,841$, $p=0,06\#$).

Tabela 6. Estatística descritiva da porcentagem de acerto pré e pós estimulação no teste Leitura de Pseudopalavras

Leitura de Pseudopalavras						
Grupo		Média	DP	Mínimo	Máximo	p-valor
B-U	Pré	17,33	10	2	30	#0,06
	Pós	23,17	6,4	12	30	
T-D	Pré	11,4	14	0	28	0,31
	Pós	9,25	13	0	28	

A Tabela 7 descreve a estatística descritiva do teste de Metafonologia. De acordo com os valores obtidos observou-se que o grupo B-U apresentou melhora em todas as variáveis do teste, porém apenas na tarefa fonêmica essa diferença foi estatisticamente significativa após a estimulação *bottom-up* (Wilcoxon, $Z = -1,997$, $p = 0,05^*$). Também é possível observar melhora das mesmas tarefas no grupo T-D, contudo a diferença encontrada não foi estatisticamente significativa ($p = 0,59$).

Tabela 7. Estatística descritiva da porcentagem de acerto pré e pós estimulação no teste de Metafonologia

Metafonologia											
		Grupo B-U					Grupo T-D				
		Média	DP	Min	Max	p-valor	Média	DP	Min	Max	p-valor
Tarefa Silábica	Pré	92,71	10	75	100	0,19	88,75	12	68,75	100	1
	Pós	100	0	100	100		89,63	20,8	58,5	100	
Tarefa Fonêmica	Pré	42,71	37,4	6,25	93,75	*0,04	31,9	31,6	0	84,5	0,59
	Pós	81,25	11,2	68,75	100		38,25	32,3	0	78	
Rima e Aliteração	Pré	83,33	24,6	37,5	100	0,19	72,5	22,4	37,5	100	0,15
	Pós	97,92	5,1	87,5	100		78,13	27,7	37,5	100	

5.3. COMPARAÇÃO INTER-GRUPOS

No Quadro 7 observa-se a análise das respostas inter-grupos pré e pós estimulação. A partir da análise estatística descritiva dos valores da média pré e pós intervenção, observou-se melhora estatisticamente significativa para o teste de PF e para o tempo de reação do teste de Atenção Auditiva. A partir dos dados referentes no Quadro 7 constatou-se melhora marginalmente significativa na prova de Leitura de Pseudopalavras. Ao comparar os resultados pré e pós estimulação foi possível observar que o grupo B-U apresentou melhoras mais significativas em todas as tarefas quando comparados ao grupo T-D; ressalta-se que as outras mudanças encontradas não foram estatisticamente significantes.

Quadro 7. Análise comparativa entre os grupos B-U e T-D para os testes comportamentais

5.4. Avaliação do PEATEc

Comparação intra-grupo

Na análise dos resultados do Escore observou-se diminuição marginalmente significativa nos valores de média para o grupo B-U (Wilcoxon, $Z = -1,826$, $p = 0,07\#$) indicando melhora nesta variável, pré e pós intervenção, conforme mostra a Tabela 8.

Tabela 8 . Estatística descritiva para os valores das variáveis do Escore nos dois grupos

		<i>Escore</i>				
Grupo		Média	DP	Mínimo	Máximo	p-valor
B-U	Pré	6,17	5,78	0	13	#0,07
	Pós	2,83	3,37	0	9	
T-D	Pré	6,4	3,58	1	10	0,34
	Pós	4,8	3,7	0	10	

Na análise dos dados do PEATEc em relação ao Domínio *Onset*, apresentado na Tabela 9, foi encontrada diferenças estatisticamente significativa apenas para latência do complexo VA (Wilcoxon, $Z = -2,232$, $p = 0,02^*$), para o grupo B-U, observou-se diminuição no valor da latência da onda A, da latência do complexo VA, após a estimulação do grupo B-U, indicando possível melhora dessas variáveis. No grupo T-D observou-se diminuição na latência da onda V e onda A e aumento no valor do *slope*.

Tabela 9. Estatística descritiva para os valores das variáveis do Domínio *Onset* nos dois grupos.

	Grupo		Média	DP	Mínimo	Máximo	p-valor
Onda V (ms)	B-U	Pré	6,3	0,38	5,93	6,95	0,71
		Pós	6,32	0,24	6,08	6,66	
	T-D	Pré	6,59	0,2	6,37	6,9	0,31
		Pós	6,54	0,12	6,37	6,66	
Onda A (ms)	B-U	Pré	7,37	0,46	6,81	7,97	0,25
		Pós	7,29	0,38	6,81	7,83	
	T-D	Pré	7,66	0,26	7,39	7,97	1
		Pós	7,62	0,36	7,39	8,26	
Latência VA (ms)	B-U	Pré	1,07	0,25	0,87	1,46	*0,03
		Pós	0,97	0,22	0,73	1,32	
	T-D	Pré	1,07	0,3	0,87	1,6	1
		Pós	1,16	0,31	0,87	1,46	
Amplitude VA (μ V)	B-U	Pré	0,32	0,13	0,22	0,53	0,75
		Pós	0,32	0,06	0,25	0,39	
	T-D	Pré	0,34	0,12	0,15	0,49	0,27
		Pós	0,27	0,12	0,15	0,49	
<i>Slope</i> (μ V/ms)	B-U	Pré	0,07	0,38	-0,6	0,45	0,75
		Pós	-0,13	0,37	-0,44	0,44	
	T-D	Pré	0,05	0,39	-0,49	0,46	0,22
		Pós	0,12	0,38	-0,29	0,57	
Área VA (μ V/ms)	B-U	Pré	0,21	0,09	0,1	0,35	0,35
		Pós	0,18	0,03	0,13	0,23	
	T-D	Pré	0,22	0,07	0,1	0,29	0,06
		Pós	0,15	0,03	0,1	0,19	

Na análise do Domínio Espectro Temporal foram analisadas a presença das ondas D, E e F. As ondas E e F estiveram presentes em todos os sujeitos participantes de ambos os grupos, exceto uma criança do grupo B-U que não apresentou a onda D na avaliação inicial, a qual, após a estimulação obteve presença de todas as ondas. Conforme apresentado na Tabela 10, observou-se

no grupo B-U diminuição da latência apenas da onda F. No grupo T-D observou-se a diminuição da latência nas ondas D, E e F, indicando possível melhora destas variáveis. Apesar das melhoras observadas, tais mudanças não foram estatisticamente significantes para ambos os grupos.

Tabela 10. Estatística descritiva para os valores das variáveis do Domínio Espectro-Temporal

Grupo			N	Média	DP	Mínimo	Máximo	p-valor
Onda D (ms)	B-U	Pré	6	22,39	0,41	22,12	23,14	0,11
		Pós	6	23,19	1,56	21,68	26,2	
	T-D	Pré	4	24,54	3,53	22,26	30,72	0,46
		Pós	5	23,75	1,87	22,26	26,49	
Onda E (ms)	B-U	Pré	5	25,87	12,7	0	32,62	0,14
		Pós	6	30,53	0,41	29,99	31,01	
	T-D	Pré	5	32,97	3,89	31,01	39,91	0,14
		Pós	5	30,93	0,39	30,29	31,31	
Onda F (ms)	B-U	Pré	6	39,33	0,7	38,74	40,35	0,18
		Pós	6	38,99	0,34	38,74	39,62	
	T-D	Pré	5	41,31	3,8	39,18	48,08	0,49
		Pós	5	39,53	0,3	39,18	39,91	

A Tabela 11 descreve a análise do Domínio Fronteira do Envelope. Para esta variável foi considerado a latência das ondas C e O. Duas crianças do grupo B-U não apresentaram a onda C na primeira avaliação, porém, após a estimulação foi possível observar o aparecimento desta onda. No grupo T-D o mesmo ocorreu apenas com uma criança, e neste grupo observou-se diminuição da latência apenas da onda O, indicando melhora desta variável. Contudo, essa mudança não foi estatisticamente significativa.

Tabela 11. Estatística descritiva para os valores das variáveis do Domínio Fronteiras do Envelope

	Grupo		N	Média	DP	Mínimo	Máximo	p-valor
Onda C (ms)	B-U	Pré	4	10,31	8,8	0	18,47	0,10
		Pós	6	18,09	0,5	17,47	18,62	
	T-D	Pré	4	14,31	8,03	0	18,76	
		Pós	4	17,93	0,83	16,72	18,62	
Onda O (ms)	B-U	Pré	6	47,71	0,3	47,2	48,08	0,68
		Pós	6	47,81	0,31	47,49	48,37	
	T-D	Pré	5	49,71	3,66	47,79	56,24	0,85
		Pós	5	48,14	0,34	47,64	48,52	

Na Tabela 12 observou-se os resultados obtidos no Domínio *Pitch*. Por meio da estatística descritiva observa-se que em ambos os grupos houve diminuição nos valores médios de F_0 , sendo este aumento mais significativo no grupo B-U, porém, a melhora encontrada não foi estatisticamente significativa.

Tabela 12. Estatística descritiva para os valores das variáveis do Domínio *Pitch*

	Grupo		Média	DP	Mínimo	Máximo	p-valor
F_0	B-U	Pré	6,00	2,05	3,56	8,65	0,46
		Pós	5,46	1,97	2,88	8,33	
	T-D	Pré	7,96	5,89	3,45	17,8	0,46
		Pós	7,16	5,96	3,74	17,8	

No Domínio Harmônicos foram analisados os componentes F_1 e HF, obtidos por meio da transformação de Fourier. Na Tabela 13 pode-se observar que os valores das médias permaneceram similares.

Tabela 13. Estatística descritiva para os valores das variáveis do Domínio Harmônicos

Grupo			Média	DP	Mínimo	Máximo	p-valor
Onda F ₁ (ms)	B-U	Pré	1,17	0,54	0,61	2,09	0,50
		Pós	1,17	0,52	0,65	2,09	
	T-D	Pré	0,99	0,13	0,82	1,14	0,14
		Pós	0,9	0,1	0,79	1	
Onda HF (ms)	B-U	Pré	0,38	0,16	0,21	0,65	0,24
		Pós	0,41	0,16	0,28	0,7	
	T-D	Pré	0,33	0,11	0,21	0,48	0,07
		Pós	0,39	0,1	0,27	0,48	

A Tabela 14 descreve o número de crianças de cada grupo que melhorou após a estimulação. Por meio dos resultados obtidos observou que ambos os grupos apresentaram número semelhante de crianças que melhoraram em cada aspecto do PEATEc.

Tabela 14. Número e porcentagem de crianças que melhoraram após a estimulação em cada grupo

	N melhora			
	Grupo B-U	%	Grupo T-D	%
Score	4	66,66	4	80
Onda V	1	16,66	1	20
Onda A	3	50	3	60
<i>Slope</i>	4	66,66	4	80
Onda D	1	16,66	3	60
Onda E	4	66,66	3	60
Onda F	2	33,33	3	60
Onda C	3	50	3	60
Onda O	3	50	2	40
FF	4	66,66	1	20
HF	5	83,33	4	80

5.5. Comparação inter-grupo

Comparando as melhoras obtidas em cada variável do PEATEc (Quadro 8), observou-se que o grupo B-U apresentou melhoras nos valores de média para a onda A, Escore, F_1 e F_0 . O grupo T-D apresentou diminuição da latência das ondas V, D, E, F, C e O e melhora média nos valores do *Slope*, e HF. Entretanto, ressalta-se que tais melhoras não foram estatisticamente significantes.

Quadro 8. Análise comparativa entre os grupos B-U e T-D para os valores do PEATEc

Quadro 8. Continuação: Análise comparativa entre os grupos B-U e T-D para os valores do PEATEc

A Figura 2 apresenta o resultado da média no domínio da latência dos grupos B-U e T-D pré e pós estimulação.

Figura 2. Comparação das ondas no domínio da latência pré e pós estimulação do grupo B-U e T-D

A Figura 3 exibe uma análise das respostas pré e pós estimulação de ambos os grupos no domínio da frequência, feito a partir da Transformação de Fourier.

Figura 3. Resultado das médias pré e pós estimulação dos grupos B-U e T-D no domínio da frequência.

Visivelmente, é possível observar nas Figuras 2 e 3 que apesar das mudanças encontradas não serem estatisticamente significantes, nota-se uma maior diferença na morfologia do traçado da onda resultante do PEATEc no grupo B-U do que no grupo T-D, quando comparados os resultados pré e pós estimulações *bottom-up* e *top-down*. Tanto em relação ao domínio do tempo (Figura 2) quando em relação ao domínio da frequência (Figura 3) o grupo T-D manteve um traçado semelhante nas avaliações pré e pós.

Díscussão

6. DISCUSSÃO

Neste capítulo será realizada uma análise crítica dos resultados obtidos no presente estudo. A discussão será organizada seguindo os mesmos tópicos da apresentação dos resultados.

6.1. Caracterização da amostra

Como referido anteriormente no capítulo de “Métodos” foram convocadas para o presente estudo 27 crianças, das quais sete não estavam de acordo com os critérios de inclusão propostos e nove, por diversas dificuldades dos pais ou responsáveis em estar presente em todas as etapas do estudo, abandonaram ou apresentaram alto número de faltas, sendo desligadas da presente pesquisa. Sendo assim, participaram do estudo 11 crianças que realizaram todas as etapas e procedimentos propostos divididas, de forma pareada por idade e valor de PCC-R em dois grupos: B-U e T-D.

Para o presente estudo, as análises de variância aparentemente foram influenciadas pelo tamanho reduzido de participantes em cada grupo, porém deve-se levar em conta que nem sempre a significância estatística é o mesmo que sua importância clínica e científica, ou seja, é possível obter diferenças estatisticamente significantes nos resultados, os quais podem não

necessariamente gerar alguma diferença prática entre as amostras, e vice-versa (Motta, 2006).

É possível observar nas tabelas relacionadas a idade (Tabela 1) e gênero (Tabela 2), que o grupo B-U apresentou maior média de idade e maior número de participantes do gênero feminino, enquanto o grupo T-D obteve média de idade menor e foi composto por mais meninos. Apesar desta diferença, a divisão do grupo foi equilibrada e homogênea já que não houve diferença estatisticamente significativa em relação a estas duas variáveis.

6.2. Descrição e comparação dos resultados dos testes comportamentais

A seguir serão discutidos e comparados os resultados referentes aos testes comportamentais, a saber: testes de Processamento auditivo, psicofísicos (atenção auditiva, span de dígitos e leitura de pseudopalavras), e teste de metafonologia. Serão considerados os resultados da avaliação e os obtidos após cada grupo ser submetido a uma estimulação.

6.3. Avaliação comportamental do Processamento Auditivo

Na presente pesquisa foram utilizados os testes GIN e PF para avaliar a habilidade temporal das crianças com TF, pois, de certa forma, todas as funções do sistema auditivo estão relacionadas ao tempo. A fala e

compreensão da linguagem, dependem da habilidade de lidar com sequências sonoras de forma adequada para perceber mudanças na frequência e duração dos estímulos. Os testes de PF e GIN estão relacionados à capacidade de percepção de fala, na discriminação de pistas sutis, como a sonorização de um fonema e a ordenação de cada um deles que formam uma palavra (Rawool, 2006).

A avaliação final dos testes GIN e PF mostrou que o grupo B-U apresentou melhores respostas após a estimulação *bottom-up* do que o grupo T-D após a estimulação *top-down* (Tabela 3); sendo estes valores marginalmente significantes para o teste GIN e estatisticamente significantes para o teste PF.

A melhora obtida nos testes comportamentais GIN e PF após o treinamento B-U era prevista, pois pesquisas anteriores já descrevem que as habilidades auditivas, quando estimuladas com graus de dificuldades dentro de programas de treinamento auditivo podem apresentar resultados satisfatórios (Kujala et al., (2001); Halliday et al., (2012); Vilela et al., (2012) Murphy e Schochat (2011, 2015a). Outra justificativa para a melhora do grupo B-U refere-se à capacidade de aprendizagem, pois as tarefas que foram utilizadas no treinamento B-U eram semelhantes às habilidades avaliadas pelos testes GIN e PF. A partir desta inferência, sugere-se que as crianças tenham transferido o conhecimento adquirido durante o treino para os testes propostos, ou seja,

houve uma generalização do aprendizado das habilidades sensoriais treinadas para uma habilidade diferente, porém, de mesmo domínio.

O fato que pode ter interferido na não obtenção de significância estatística para o teste GIN pode ser atribuído ao número insuficiente de sessões de treinamento ou ao curto tempo decorrido entre o final do treinamento e a reavaliação. Pode ainda estar relacionado ao fato do programa de treinamento B-U ter sido composto por mais tarefas que envolviam habilidades como discriminação e ordenação do que resolução temporal.

O teste PF (Tabela 3) está relacionado a habilidade de discriminação e ordenação temporal, uma vez treinadas tais habilidades, por meio da estimulação B-U – através de mudanças nos padrões do estímulo sonoro como frequência e intensidade, observou-se melhora estatisticamente significativa após o processo de intervenção. Esses resultados assemelham-se ao estudo de Gilam et al., (2008); Vilela et al., (2012); Samelli e Mecca (2010); Cruz et al., (2013) que também encontraram melhora no desempenho das habilidades auditivas após o treinamento auditivo.

A literatura (Musiek et al., 2002) descreve que a melhora nas habilidades auditivas após um programa de TA pode ser atribuída a plasticidade neural, ou seja, a capacidade do sistema auditivo de reorganizar-se conforme a prática ou exposição a uma determinada estimulação. Esta reorganização pode acontecer por maturação, pela compensação após uma lesão ou por aprendizado (Musiek e Berger, 1998) e envolve a ativação e/ou fortalecimento de neurônios e

conexões neurais, ou a formação de novas conexões e pode ocorrer naturalmente ou por intervenção externa, como por exemplo por TA. Sugere-se que os resultados obtidos no presente estudo, provavelmente, foram decorridos da plasticidade por um efeito de aprendizado, uma vez, que foi realizado um processo de intervenção de 12 semanas como forma de estimulação. Esta melhora não pode ser atribuída somente ao efeito da maturação do sistema auditivo já que nesta faixa etária não ocorre em um curto período de tempo (Musiek e Berger, 1998).

6.4. Testes Psicofísicos e Metafonologia

Essa seção destina-se a discutir os resultados encontrados nos testes psicofísicos, sendo eles: Teste de atenção auditiva; span de dígitos; leitura de pseudopalavras; e o teste de Metafonologia.

Para a avaliação do teste de atenção auditiva foram considerados o número de detecções corretas referente ao HIT, o número de vezes em que a criança não apertou a tecla “espaço” quando deveria, ou mesmo quando apertou outro número que não fosse 1 ou 5 (AF); e em relação ao tempo de reação (TR).

Na comparação entre a avaliação inicial e final do teste de Atenção Auditiva (Tabela 4) o grupo B-U apresentou melhoras em todas as variáveis do teste, porém, sem significância estatística. Os valores de HIT aumentaram, o

número de alarme falso diminuiu e o tempo de reação melhorou. Os resultados encontrados na presente pesquisa sugerem que o treinamento B-U influenciou positivamente as habilidades de atenção e memória em crianças com TF, além de demonstrar a influência de um processo de intervenção *bottom-up* em atividades cognitivas (*Top-down*).

Assim como neste estudo, outras pesquisas relatam melhora em tarefas de atenção após o treinamento em diferentes populações, como em adultos normais (Stevens et al.,2008) e crianças com distúrbio específico de linguagem (Spaulding et al.,2008; Soveri et al.,2013), demonstrando que após a estimulação os sujeitos com alterações de linguagem melhoram a capacidade de manter a atenção sustentada. Porém, todos os componentes da atenção exercem um importante papel na aquisição da linguagem, como para identificar e interpretar corretamente uma informação auditiva, manter o foco na fala e selecionar informações relevantes e ignorar os fatos irrelevantes, além de estar diretamente relacionada a memória de trabalho.

As crianças do grupo T-D apresentaram apenas uma pequena melhora, sem significância estatística, no valor do HIT após a reavaliação. Os valores encontrados referentes a não melhora dos Alarmes Falsos podem estar associados a dificuldade que crianças com TF apresentaram em perceber e discriminar estímulos não verbais, o que faz com que elas adotem uma estratégia de antecipar o estímulo, tal antecipação está relacionada a impulsividade e ansiedade que essas crianças apresentaram, o que pode estar

associado a combinação de um mecanismo de memória de trabalho insuficiente e funcionamento inibitório ainda imaturo (Murphy et al., 2014).

Apenas as crianças do grupo B-U apresentaram melhora em relação ao TR. O TR, como próprio nome indica, avalia o tempo que a criança leva para identificar o número alvo (cinco e um) e então, ter a ação de apertar a tecla “espaço”. Para que isto aconteça, a criança deve estar atenta ao teste. A melhora obtida em relação ao TR pode ser justificada, assim como as outras variáveis do teste, pelo treinamento indireto da habilidade de atenção na estimulação *bottom-up* e na estimulação *top-down*.

Os dados descritos na Tabela 5, referentes ao teste Span de Dígitos mostram a dificuldade presente no sistema de memória de curto prazo que as crianças dos dois grupos apresentaram. Após serem submetidos às diferentes estimulações, as respostas dos dois grupos aumentaram. Contudo, a mudança encontrada foi maior do grupo B-U indicando mais uma vez a influência da estimulação sensorial (*bottom-up*) em tarefas cognitivas (*top-down*), envolvendo atenção e memória. Os resultados encontrados no presente estudo assemelham-se aos estudos de Murphy et al., 2014 e 2015a), sugerindo que crianças com alterações de linguagem apresentam dificuldades no desenvolvimento de traços de memória relacionados ao processamento da fala, que são sustentados por um período de tempo curto, insuficiente para que ocorra a codificação das características acústicas dos fonemas, e perceber a diferença entre um som surdo de seu par sonoro.

No teste de leitura de pseudopalavras (Tabela 6), foi possível observar que o grupo B-U apresentou melhora marginalmente significativa em seu resultado após a estimulação *bottom-up*. Diferentemente, o grupo T-D não apresentou melhoras nas respostas dos testes de pseudopalavras. Esse teste avalia uma série de habilidades, dentre elas a memória para eventos e caracteres descritos na própria história para compreensão inferencial (Salles 2001). Algumas hipóteses podem ser levantadas em relação a alteração apresentada pelas crianças no teste de leitura. A primeira está associada a dificuldade de processar as características temporais quando estas são apresentadas de forma breve e em sequência, essas alterações poderiam então levar a dificuldade em associar a letra ao seu som específico.

A segunda hipótese está relacionada ao nível de atenção e memória reduzidos e talvez a melhora no desempenho desta prova não dependa apenas da estimulação das habilidades envolvidas na terapia T-D proposta no presente estudo, ou seja, é necessário implementar mais atividades voltadas as habilidades cognitivas de memória e atenção para obter melhores resultados no teste de leitura.

No teste de Metafonologia (Tabela 7), as crianças foram avaliadas por meio de tarefas silábicas, fonêmicas, rima e aliteração. Na reavaliação dos grupos ambos apresentaram melhora em todas as provas, sendo que nas tarefas fonológicas o grupo B-U demonstraram uma mudança estatisticamente significativa. A tarefa fonêmica consiste em uma consciência específica dos

fonemas, é a representação do nível de consciência fonológica mais importante na aquisição de leitura e escrita (Cardoso-Martins, 1995). As tarefas de rima e aliteração, que também apontaram melhora, diferente da tarefa fonêmica, não correspondem a segmentos inter-silábicos, mas a segmentos maiores do que as sílabas, o que para crianças com alterações de linguagem torna-se mais fácil, assim como as tarefas silábicas.

A melhora significativa encontrada na tarefa fonêmica, apenas no grupo B-U, pode estar associada ao fato da grande dificuldade encontrada pelas crianças na primeira avaliação. Após estas habilidades serem estimuladas, houve mudança positiva no padrão das respostas obtidas. Os resultados encontrados nestes estudos corroboram com achados encontrados em outras populações que também apresentam alterações de linguagem e dislexia, como Habib et al., (2002) Kujala et al., 2001, que também observaram em seus estudos com disléxicos melhoras nas provas fonológicas após o treinamento auditivo. Já estudos como de Murphy e Schochat (2011) o mesmo não aconteceu em sua pesquisa com disléxicos; as autoras não obtiveram melhora no desempenho das habilidades fonológicas após o treinamento.

A melhora nas respostas do grupo B-U não foi apenas para os testes relacionados as habilidades auditivas presentes nos testes PF, GIN e atenção auditiva, o mesmo ocorreu no teste de leitura de pseudopalavras e no teste de Metafonologia, sendo assim, sugere-se que houve a generalização do aprendizado de tarefas sensoriais para tarefas fonológicas. Os achados nos

estudos de Kujala et al., 2001; Lakshminarayanan and Tallal, 2007; Murphy and Schochat, 2011, corroboram com os encontrados na presente pesquisa em relação a transferência de aprendizado de uma tarefa para outra. Entretanto, Halliday et al., 2012 e Murphy et al., 2015, encontraram resultados controversos. Em sua pesquisa, Murphy et al., 2015, concluíram que não houve melhora das tarefas fonológicas de metafonologia após as crianças serem submetidas ao TA.

6.5. DESCRIÇÃO E COMPARAÇÃO DAS RESPOSTA DO PEATEc

Os resultados obtidos após as estimulações *bottom-up* e *top-down* serão discutidos de acordo com as respostas de cada domínio: *Onset*, *Espectro-Temporal*, *Fronteiras do Envelope*, *Pitch* e *Harmônicos*, e o valor do *Escore*.

Domínio Onset

O domínio *Onset* é composto pelas medidas da latência das ondas V, A e do complexo VA (latência, amplitude, área e *slope*).

As respostas obtidas em relação ao domínio *Onset* (Tabela 9) representam a sincronia dos disparos neurais para a transição de eventos que acontecem no estímulo. Nesse domínio observou-se mudanças referentes à latência das ondas V, A, no valor do *slope* e uma diferença estatisticamente significativa em relação a latência do complexo VA. Após serem submetidos a

estimulação B-U, as crianças desse grupo apresentaram diminuição da latência da onda A e do complexo VA e melhora no valor do *slope*. No grupo T-D observou-se somente a diminuição da latência das ondas V, A e *slope* relacionado a sincronização temporal dos gerados da resposta.

As medidas correspondentes à latência das ondas nos fornecem informações a respeito da velocidade com que os núcleos do tronco encefálico respondem à estimulação acústica. Essa velocidade é crucial para a distinção dos fonemas, para a efetiva codificação neural das características acústicas relacionadas a mudanças rápidas da fala. Portanto, era esperado que crianças com TF apresentassem atraso na latência das ondas e após serem submetidas a estimulação das habilidades como atenção e memória bem como ordenação e discriminação, apresentassem diminuição das latências das ondas analisadas.

A diminuição na latência das ondas do PEATEc relacionadas ao domínio *Onset* sugere que o treinamento das habilidades de percepção e discriminação auditiva, assim como de memória e atenção, podem aumentar a velocidade do processamento de sons breves no cérebro. Russo et al., (2010), foram os primeiros a demonstrar mudanças relacionadas as respostas *onset* após o TA de curto prazo, sugerindo a eficácia do TA em um pequeno grupo de crianças com espectro de autismo. Anderson et al., 2015 também identificaram mudanças positivas nas respostas de um grupo de adultos que foram submetidos ao treinamento, demonstrando que o treinamento de curto prazo

também pode induzir a plasticidade neural em adultos. Em contrapartida, estudos realizados por Hayes et al., (2003), King et al., (2002), Russo et al., (2005) e Filippini et al., (2012), afirmam não terem encontrado mudanças nas respostas iniciais do PEATEc sugerindo que o treinamento auditivo não seja eficiente para causar mudanças nas estações do sistema auditivo, onde são geradas as respostas *onset*. Outra hipótese levantada é que as medidas de latência e amplitude não sejam as mais indicadas para estudar a plasticidade em níveis corticais. Deve-se ainda levar em consideração o pequeno número de sujeitos que pode ter interferido na não significância das respostas.

As medidas relacionadas ao complexo VA (área, amplitude) não apresentaram melhora em nenhum dos grupos após as estimulações, isto sugere que crianças com TF apresentem alterações relacionadas ao sincronismo das descargas neurais, uma vez que as medidas da área estão associadas a quantidade de atividade que contribui para a formação da onda e (Russo et al., 2004; Johnson et al., 2007). Esse resultado pode ser decorrente do pequeno número de sujeitos participantes da presente pesquisa, ou ainda pelo período de tempo de estimulação insuficiente ou mesmo devido ao curto tempo decorrido entre o término de ambas as estimulações e a reavaliação, o que pode não ter sido suficiente para que as novas atividades sinápticas pudessem ser visualizadas nos traçados do PEATEc.

Domínio Espectro-temporal

O domínio Espectro-Temporal está associado a porção sustentada do estímulo e fornece informações sobre a integridade da onda. Esse domínio é formado pela *Frequency-following Response*, composto pela latência das ondas D, E e F.

As respostas obtidas no domínio Espectro-temporal, mostraram que o grupo B-U apresentou apenas diminuição da latência da onda F, enquanto no grupo T-D todas as latências correspondentes ao domínio diminuíram após a estimulação *top-down*.

Os resultados obtidos podem ser justificados pelo fato de que os valores das respostas iniciais dos participantes do grupo B-U, já se encontravam dentro da normalidade ou próximas a ela, atingindo assim, o efeito teto e consequentemente diminuindo a margem para um melhor desempenho. Por outro lado, os pacientes do grupo T-D apresentaram respostas iniciais referentes as ondas D, E e F com valores não tão próximos a normalidade e, após serem submetidos à estimulação *top-down* conseguiram melhorar o padrão de suas respostas. Putter-Katz et al., (2002) observaram em seu estudo, utilizando o treinamento auditivo, que indivíduos que apresentavam pior desempenho inicial tinham maiores ganhos após a estimulação. O inverso também pode ser considerado verdadeiro, e por esta razão não houve neste estudo uma mudança significativa nas latências.

Domínio Fronteiras do Envelope

Assim como o domínio *Onset*, o domínio *Fronteiras do Envelope*, corresponde a uma porção transiente do estímulo. Composto pelas ondas C e O corresponde ao início e fim do estímulo referente a sílaba /da/. A onda C refere-se a resposta inicial da vocalização e a onda O é a resposta para o cessar som, correspondente ao fim da estimulação acústica.

Os resultados obtidos em relação ao domínio *Fronteiras do Envelope* (Tabela 11) demonstrou que em ambos os grupos houve aumento da latência das ondas C e O. Este aumento referente a latência da onda C pode ser considerado como um resultado positivo, visto que na avaliação inicial do grupo B-U, dois participantes não apresentavam a onda C e, após serem submetidos a estimulação *bottom-up* todos os participantes obtiveram presença dessa onda. No grupo T-D apenas um participante apresentou ausência da onda C e após ser submetido a estimulação *top-down*, houve presença de todas as ondas na reavaliação final. A ausência da onda C na primeira avaliação pode estar relacionada a redução da sincronia neural.

O número de participantes que melhoram em relação a cada domínio do PEATEc pode ser observado na Tabela 14. Assim, o aumento da latência encontrado na reavaliação dos grupos B-U e T-D foi algo positivo e que comprova a eficácia de ambas as estimulações para o surgimento de novas sinapses que contribuem para o aparecimento das ondas do PEATEc e aumentam o sincronismo neural.

Em ambos os grupos B-U e T-D foi possível identificar a presença da onda O nas avaliações iniciais e finais com valores próximos ou dentro da normalidade.

Os resultados obtidos podem ser justificados pelo fato que o sincronismo neural é essencial para a representação das características temporais dinâmicas e para a codificação de diferenças entre o estado estável e dinâmico do estímulo. Alterações nos resultados do domínio pode estar relacionada a interrupção ou rompimento da representação das características que variam com o tempo em níveis mais superiores (Banai et al.,2005; Wible et al.,2005; Abrams et al.,2006).

Domínio Pitch e Harmônicos

O domínio *Pitch* e Harmônicos reflete a força que a frequência fundamenta F_0 codifica o sinal de fala. A F_0 está relacionada aos aspectos que refletem a prosódia da fala, e a atenção direcionada a um único falante, algo extremamente necessário para compreensão de fala em ambientes ruidosos. Os aspectos de F_0 são independentes das medidas de F_1 e HF.

As Tabelas 12 e 13 demonstram os resultados de F_0 , F_1 , e HF. As respostas obtidas pelos grupos B-U e T-D apresentaram melhoras apenas para HF após ambas as intervenções. Os resultados obtidos indicam redução da amplitude espectral para F_0 e F_1 , esta mudança evidencia uma redução no *phase-locking* para codificação de frequências que compõe a fala, associadas

a representação das informações fonéticas do estímulo. Esta alteração sugere diferenças na codificação de frequências específicas. Porém, o aumento da resposta para HF nos mostra que as medidas de HF, F_0 e F_1 são independentes umas das outras. A ausência de mudanças para essas medidas pode ainda estar associada ao tempo insuficiente de sessões de intervenções, sendo necessário um maior tempo de estimulação para que ocorresse modificações nas respostas do PEATEc. Outra hipótese está relacionada ao tempo entre o fim das estimulações e a reavaliação, talvez este tempo deveria ter sido maior para que as mudanças ocorridas pudessem ser visualizadas nas ondas do PEATEc. A terceira hipótese é referente ao pequeno número de sujeitos participantes não serem suficientes para obter valores significantes.

Escore

O valor da pontuação do escore foi gerado pelo algoritmo do programa BioMAP, baseado na medida das latências da onda V, A, *slope*, frequência fundamental do primeiro formante e frequências altas. Ambos os grupos B-U e T-D apresentaram diminuição, não estatisticamente significativa, da pontuação do escore após serem submetidos às estimulações *bottom-up* e *top-down*, porém, o grupo B-U apresentou mudança mais significativa do que o grupo T-D.

Se observarmos os valores descritos em todas as Tabelas que descrevem os resultados do PEATEc referente aos grupos B-U e T-D, nota-se que, se avaliados separadamente cada uma das medidas que compõem a

pontuação do escore, o grupo T-D apresentou mudanças mais significantes após a estimulação *top-down*, em relação a maioria deles, como aumento da latência da onda V, *slope* e HF. Contudo, em relação a pontuação do escore o grupo B-U apresentou mudança mais significativa do que o grupo T-D.

Por não sabermos o valor atribuído a cada algoritmo que compõe a pontuação do escore, sugere-se que o valor atribuído para as variáveis que melhoram mais no grupo B-U, como a onda A, tenham mais peso do que os valores atribuídos a onda V, melhor do grupo T-D, justificando assim, a melhor pontuação do grupo B-U neste quesito.

6.6. COMPARAÇÃO ENTRE AS RESPOSTAS DO GRUPO B-U E T-D

Antes do início da discussão sobre a comparação dos resultados obtidos no PEATEc após a estimulação dos grupos B-U e T-D, vale retomar que o processamento *bottom-up* está relacionado a projeções aferentes, ou seja, o sinal processado da orelha para o cérebro, enquanto o processamento *top-down* é referente a projeções eferentes, ou seja, do cérebro para a orelha, e ambos os processamentos se estendem da cóclea até o córtex (Kral e Eggermont, 2007).

O Quadro 8 apresenta a comparação entre os resultados da reavaliação dos grupos B-U e T-D após serem submetidos a diferentes intervenções. É possível observar que o grupo T-D apresentou respostas mais significativas

para os domínios avaliados nas respostas do PEATEc do que o grupo B-U. Talvez isso deva-se ao fato de que o processamento sensorial pode ser modulado pelo processamento cognitivo por meio das vias auditivas, incluindo a cóclea através de projeções eferentes, demonstrando que as funções cognitivas e o processamento subcortical estão intimamente ligados por meio das interações *bottom-up* e *top-down* (Kraus e Anderson 2014), e que essa interação entre projeções aferentes e eferentes permeiam todas as estações ao longa da via auditiva.

O fato da melhora obtida pelo grupo T-D em relação aos domínios avaliados no PEATEc após a estimulação cognitiva (*top-down*), pode ser explicado primeiramente pelo fato de que ouvir é um processo que envolve redes cognitivas. A precisão do processamento automático do som no cérebro está ligada às habilidades cognitivas como atenção e memória; o sistema cognitivo envolvido durante a audição seletiva modula os aspectos do som que são comportamentalmente relevante.

Estudos como de Kraus et al., (2012) e Anguera et al., (2013) encontraram resultados semelhantes ao da presente pesquisa, em diferentes populações como músicos e idosos, mostrando a ligação entre o processamento neural do som e as habilidades cognitivas, sugerindo que o treinamento para fortalecer uma habilidade cognitiva pode se propagar para habilidades sensoriais.

Outra hipótese é que a rede eferente modifica as propriedades de respostas automáticas no sistema coclear e subcortical, razão pela qual as propriedades de respostas automáticas do sistema auditivo, como as respostas eletrofisiológicas, refletirem as experiências da vida. Isso sugere que, se essas experiências que envolvem o sistema cognitivo e sensorio motor forem suficientemente repetidas, podem ao longo do tempo, facilitar a remodelação funcional por transmitir uma “memória” relacionada aos processos aferentes e levar a uma aprendizagem futura (Kraus e White-Schwoch, 2015).

Os achados na presente pesquisa corroboram com os resultados obtidos no estudo de Anderson et al., (2013) em uma população de adultos submetidos ao PEATEc no ruído e testes cognitivos envolvendo atenção e memória. As pesquisadoras levaram em consideração também experiências de vida como atividade socioeconômica, e exercícios físicos que os participantes praticavam. Elas concluíram que as funções cognitivas têm significativas contribuições para o desempenho da fala no ruído e essa função cognitiva teve uma contribuição adicional através da modulação do processamento subcortical assim como as experiências de vida.

Outro fator que pode ter contribuído para influência da estimulação *top-down* (cognitiva) nas respostas do PEATEc é o fato de que as vias auditivas consistem em projeções aferentes e eferentes, o que facilita um reforço interativo do sinal auditivo e “melhora” a audição em circunstâncias de difícil

escuta, auxiliando o ouvinte a prestar atenção ao único falante, e ignorar o ruído de fundo.

Toda esta interação pode ser explicada pelo local de origem das respostas do PEATEc. Embora a origem do PEATEc inclua múltiplas regiões subcorticais, estudos sugerem que o colículo inferior seja a principal fonte neural responsável pelo aparecimento das respostas do PEATEs (Chandrasekaran e Kraus, 2010). O CI recebe inúmeras conexões aferentes, direcionadas do córtex auditivo e é uma estação obrigatória para o aparecimento dos sinais *bottom-up*. O CI é composto por três subdivisões funcionais, incluindo a organização tonotópica dos núcleos centrais, os quais recebem projeções *bottom-up* de vários núcleos do tronco encefálico, por sua vez, o núcleo lateral multissensorial e o núcleo dorsal recebem uma grande proporção de conexões *top-down* vindas do córtex primário e secundário. Além disso, o CI é conectado ao córtex somatossensorial, colículo superior e cerebelo, bem como redes envolvidas no processamento da vocalização e atenção. Assim, em termos de conectividade, o CI é como um centro computacional, influenciado por diferentes sinais a partir de um número de estruturas cerebrais, conforme afirmam Huffman e Henson, (1990).

Finalmente, é necessário destacar mais uma vez que, devido ao pequeno número de sujeitos participantes deste estudo, não foi possível obter diferenças estatisticamente significantes em várias medidas avaliadas, mas foi possível observar a interação e a indiscutível ligação entre os processos -

bottom-up e *top-down* tanto nas respostas do PEATEc, que demonstraram maior influência da estimulação cognitiva, quanto a interferência da estimulação *bottom-up* nas habilidades e tarefas cognitivas.

Conclusão

7. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos neste estudo, foi possível observar que a estimulação sensorial (processamento *bottom-up*) e a estimulação cognitiva (processamento *top-down*) mostraram impactar de forma diferente a resposta eletrofisiológica do PEATEc.

As conclusões pontuais foram:

- ✓ No teste comportamental do processamento auditivo, apenas as crianças que receberam estimulação sensorial (grupo B-U) apresentou melhora significativa nas habilidades avaliadas;
- ✓ Nos testes de atenção e memória, pelos valores médios, foi possível observar melhora no desempenho de ambos os grupos submetidos as diferentes estimulações. Contudo, não foi observado diferença estatisticamente significantes entre as avaliações pré e pós estimulação.
- ✓ Nos testes de metafonologia, por meio valores médios, foi possível observar melhora no desempenho de ambos os grupos submetidos as diferentes estimulações. Contudo, essa melhora foi estatisticamente significante apenas para a tarefa fonêmica no grupo B-U.
- ✓ Na avaliação do PEATEc,, por meio valores médios, foi possível observar melhora no domínio *onset* e harmônicos e nos valores de escore no grupo B-U. Já no grupo T-D, essa melhora ocorreu nos domínios *onset*, espectro-temporal, fronteiras do envelope e harmônicos e para os valores de escore.

Contudo, não foi observado diferença estatisticamente significantes entre esses valores médios.

- ✓ Comparando as estimulações sensorial (processamento *bottom-up*) e cognitiva (processamento *top-down*), nos testes comportamentais, utilizados nesse estudo, a estimulação sensorial mostrou maior eficácia no aprimoramento dessas habilidades. Já para a avaliação eletrofisiológica (PEATEc), a estimulação sensorial parece impactar mais o domínio *onset* enquanto que a estimulação cognitiva parece ter maior impacto nos domínios espectro temporal, fronteira do envelope e harmônicos.

Referências

8. REFERÊNCIAS

Abrams DA, Nicol T, Zecker SG, Kraus N. Auditory brainstem timing predicts cerebral asymmetry for speech. *J Neurosci*. 2006; 26(43): 11131-37

American Speech-Language-Hearing Association. (Central) auditory processing disorder. [Technical Report]. Disponível em: www.asha.org/policy. 2005.

Anderson S, White-Schwoch T, Parbery-Clark A, Kraus N. Dynamic reversal of age-related neural timing delays with training. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2013; 110(11): 4357-62.

Andrade CRF, Lopes DMB, Wertzner HF. Uma reflexão sobre fonologia preventiva. *Ciência e Cultura*. 1991; 43(7):152-53.

Andrade CRF, Befi-Lopes DM, Fernandes FDM, Wertzner HF. ABFW - Teste de Linguagem Infantil nas Áreas de Fonologia, Vocabulário, Fluência e Pragmática. 2004. São Paulo: Pró-Fono.

Anguera J. Video game training enhances neural time delays in older adults. *Nature*. 2013;501:97-101

Auditec. Evaluation manual of pitch pattern sequence and duration pattern sequence. *Missouri, USA*; 1997.

Baddeley A, Hitch GJ. Working memory. In: Bower G, editor. The psychology of learning and motivation. *New York: Academic Press*; 1974.p. 47-90.

Bamford J. Auditory training: what is it, what is it supposed to do, and does it do it? *Br J Audiol*. 1981; 15: 75-8.

Banai K, Nicol T, Zecker SG, Kraus N. Brainstem timing: implications for cortical processing and literacy. *J Neurosci*. 2005; 25: 9850-7

Banai K, Abrams D, Kraus N. Sensory-based learning disability: insights from brainstem processing of speech sound. *Int J Audiol*. 2007; 46 (9): 524-532.

Banai K, Hornickel J, Skoe E, Nicol T, Zecker S, Kraus N. Reading and subcortical auditory function. *Cereb Cortex*. 2009; 19:2699-2707.

Benasich AA, Tallal P. Infant discrimination of rapid auditory cues predicts later language impairment. *Behav Brain Res*. 2002 Oct 17; 136 (1): 31-49.

Bloch MI, Helige JB. Stimulus intensity, attentional instructions, and the ear advantage during dichotic listening. *Brain Cogn.* 1989; 9(1):136-48.

Bishop DVM. Which neurodevelopmental disorders get researched and why? *PLoS One.* 2010; 5(11): e 15112.

Bowen C. Developmental phonological disorders: a practice al guide for families e teachers. Australia. *Acer Press.* 1998, 40.

Burkard RF, Don M, Eggermont. The auditory brainstem. In: Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application. Baltimore, *Lippincott Williams & Wikins.* 2007

Cardoso–Martins C. Sensitivity to rhymes, syllables, and phonemes in literacy acquisition in Portuguese. *Reading Res Quarterly.* 1995; 30:808-27

Capovilla AGS, Capovilla FC. Prova de consciência fonológica: desenvolvimento de dez habilidades da pré-escola à segunda série. *Temas sobre Desenvolvimento.* 1998;7:14-20

Chandrasekaran B, Kraus N. The scalp-recorded brainstem response to speech: Neural origins and plasticity. *Psychophysiology.* 2010; 47: 236-246.

Chandrasekaran B, Kraus N, Wong P. Human inferior colliculus activity relates to individual differences in spoken language learning. *J Neurophysiol.* 2011; 5: 1325-1336.

Chandrasekaran B, Skoe E, Kraus N. An integrative model of subcortical auditory plasticity. *Brains Topogr.* 2013; 27(4): 539-552.

Chermak GD, Musiek FE. Auditory Training: principles and approaches for radiating and managing auditory processing disorders. *Seminars in Hearing.* 2002; 23(4): 297-308.

Chermak GD, Musiek FE. Neurobiology, Cognitive Science and Intervention. In Chermak GD, Musiek FE. Handbook of (central) auditory processing disorder: auditory neuroscience and clinical diagnosis. 1ª ed. San Diego: Plural Publishing; 2007. P 3-28.

Crosbie S, Holm A, Dodd B. Intervention for children with severe speech disorder: a comparison of two approaches. *Int J Lang Comm Dis.* 2005, 40 (4): 467-91.

Cruz ACA, Andrade AN, Gil D. A eficácia do treinamento auditivo formal em adultos com distúrbio do processamento auditivo (central). *Rev CEFAC*. 2013; 15(6).

Cunningham J, Nicol T, Zecker SG, Bradlow A, Kraus N. Neurobiologic responses to speech in noise in children with learning problems: deficits and strategies for improvement. *Clin Neurophys*. 2001; 112:758-67.

Dhar S, Abel R, Hornickel J, Nicol T, Skoe E, Zhao W, Kraus N. [HYPERLINK "http://www.brainvolts.northwestern.edu/documents/Dhar_et_al_clinNeuro_2009.pdf"](http://www.brainvolts.northwestern.edu/documents/Dhar_et_al_clinNeuro_2009.pdf) \t "_blank" Exploring the relationship between physiological measures of cochlear and brainstem function. *Clinical Neurophysiology*. 2009; 120: 959-966

Elberling C, Don M. Auditory brainstem responses to a chirp stimulus designed from derived-band latencies in normal-hearing subjects. *J Acoust Soc Am*. 2008;124(5):3022-37

Ferraro JA, Durrant JD. Potenciais auditivos evocados: visão geral e princípios básicos. In: Katz J org. *Tratado de Audiologia Clínica*. 4a. Ed São Paulo: Manole; 1999. P. 349-71.

Filippini R, Befi-Lopes DM, Schochat E. Efficacy of auditory training using the auditory brainstem response to complex sounds: auditory processing disorder and specific language impairment. *Folia Phoniatr Logop*. 2012; 64: 217-226.

Finneran DA, Francis AL, Leonard LB. Sustained attention in children with specific language impairment (SLI). *J Speech Lang Hear Res*. 2009; 52(4):915–29

Gierut JA. Treatment efficacy: functional phonological disorder in children. *J Speech Lang Hear Res*. 1998; 41:85-100.

Gilam RB, Loeb DF, Hoffman LM, Bohman T, Champlin CA, Thibodeau L, Widen J, Brandel J, Friel-Patti S. The efficacy of Fast ForWord-Language intervention in school-age children with language impairment: a randomized controlled trial. *J Speech Lang Hear Res*. 2008; 51(1): 97-119

Goldstein B. E. *Sensation and Perception*, 8th Edn. Pacific Grove, CA: Wadsworth Inc. 2009.

Gonçalves IC, Wertzner HF, Samelli AG, Matas CG. Speech and non-speech processing in children with phonological disorders: an electrophysiological study. *Clinics*. 2011, 66(2):293-298.

Gralbraith GC, Arbagey PW, Branski R, Comerchi N, Rector PM. Intelligible speech encoded in the human brain stem frequency- following response. *Neuroreport*. 1995; 6, 2363-67.

Greenberg S. Temporal neural coding of pitch and vowel quality. Working Papers in Phonetics. *Department of Linguistic*, UCLA. 1980; Wpp, n 52.

Grunwell P. Os desafios fonológicos evolutivos numa perspectiva linguística. In Yavas MS. Desvios fonológicos em crianças: Teoria, pesquisa e tratamento. Porto Alegre. Mercado Aberto, 1990. Cap 3: 51-82.

Gubiani MB, Keske-Soares M. Phonological evolution of children with speech disorders submitted to different therapeutic approaches. *Rev CEFAC*. 2014; 16(2).

Guenther FH. Cortical interactions underlying the production of speech sounds. *J Commun Disord*. 2006; 39(5): 350-65.

Habib M, Rey V, Daffaure V, Camps R, Espesser R, Joly-Pottuz B, Demonet JF. Phonological training in children with dyslexia using temporally modified speech: a three-step pilot investigation. *Int J Lang Commun Disord*. 2002; 2;37:289-308.

Hayes EA, Warrier CM, Nicol TG, Zecker SG, Kraus N. Neural plasticity following auditory training in children with learning problems. *Clin Neurophysiol*. 2003;114(4):673–684.

Hall JW. Handbook of auditory evoked response. Massachusetts. Allyn and Bacon, 1990.

Hall III JW. Overview of auditory neurophysiology past, present and future. In Hall III JW. New Handbook of auditory evoked responses. Boston: Pearson;2007.

Halliday LF, Taylor JL, Millward KE, Moore DR. Lack of generalization of auditory learning in typically developing children. *J. Speech Lang. Hear. Res*. 2012; 55, 168–181

Hayes EA, Warrier CM, Nicol TG, Zecker SG, Kraus N. Plasticity following auditory training in children with learning problems. *Clinical Neurophysiology*. 2003; 114:673-684.

Hickok G, Poeppel D. The cortical organization of speech processing. *Nat Rev Neurosci*. 2007; 8(5): 393-402.

Hodson B, Paden E. Targeting intelligible speech: A phonological approach to remediation. San Diego, CA: College Hill Press. 1983.

Hornickel J, Skoe E, Kraus N. Subcortical laterality of speech encoding. *Audiol Neurotol*. 2009; 14: 198-207.

Huffman RF, Herson OW Jr. The descending auditory pathway and acousticomotor systems: connections with the inferior colliculus. *Brain Res Rev*. 1990; 15(3):295-323

Hugdahl K, Westerhausen R, Alho K, Medvedev S, Hämäläinen H. The effect of stimulus intensity on the right ear advantage in dichotic listening. *Neurosci Lett*. 2008; 431, 90–4.

Irvine DR. Auditory cortical plasticity: does it provide evidence for cognitive processing in the auditory cortex? *Hear Res*. 2007;229:158-70.

Jasper HA. The ten-twenty system of international federation. *Electroenceph Clin Neurophysiol*. 1958; 10: 371-75.

Johnson KL, Nicol TG, Kraus N. Brainstem response to speech: a biological marker of auditory processing. *Ear Hear*. 2005; 26(5):424-434.

Johnson KL, Nicol TG, Zecker SG, Kraus N. Auditory brainstem correlates of perceptual timing deficits. *J Cogn Neurosci*. 2007; 19(3):376-385.

Kamhi AG. Treatment decisions for shildren with speech-sound disorders. *Lang Speech Hear Serv Sch*. 2006; 37(4): 271-9.

Klatt DH. Software for a cascade/parallel formant synthesizer. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1980;67, 971-995.

King C, Warrier CM, Hayes E, Kraus N. Deficits in auditory brainstem pathway encoding of speech sounds in children with learning problems. *Neurosci Lett*. 2002; 319:111-115.

Kral A, Eggermont JJ. What's to lose and what's to learn: development under deprivation, cochlear implants and limits of cortical plasticity. *Brain Res Rev*. 2007; 56:259-69

Kraus N, Nicol T. Aggregate neural response to speech sounds in the central auditory system. *Speech communication*. 2003; 41:35-47

Kraus N, Nicol T. Brainstem origins for cortical “what” and “where” pathways in the auditory system. *Trends Neurosci.* 2005; 28(4):176-181.

Kraus N, Skoe E, Parbery-Clark A, Ashely R. Experience-induced malleability in neural encoding of pitch, timbre and timing. *Ann N Y Acad Sci.* 2009; 1169:543-557.

Kraus N. Cognitive factors shape brain networks for auditory skills: spotlight on auditory working memory. *Ann N Y Acad Sci.* 2012, 1251: 100-7

Kraus N, Hornickel J. cABR: A biological probe of auditory processing. In: Auditory processing disorders, assessment, management and treatment. San Diego: Plural Publishing. 2013. p 693-717.

Kraus N, Anderson S. The ear-brain connection: the role of cognition in neural speech processing. *ENT & Audiol News.* 2014; 23(3).

Kraus N, White-Schwoch T. [HYPERLINK "http://www.brainvolts.northwestern.edu/documents/Kraus_WhiteSchwoch_HJ_Nov2015.pdf"](http://www.brainvolts.northwestern.edu/documents/Kraus_WhiteSchwoch_HJ_Nov2015.pdf) \t "_blank" cABR: A framework for intervention in listening disorders . *Hearing Journal* .2015. 68(11): 8-9.

Kraus N, White-Schwoch. Unraveling the biology of auditory learning: a cognitive-sensorimotor- reward framework. *Trends Coqn Sci.* 2015; 19(11):642-54

Krishnan A, Xu Y, Gandour J, Cariani P. Encoding of pitch in the human brainstem is sensitive to language experience. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2005; 25: 161-168.

Krishnan A, Swaminathan J, Gandour JT. Experience dependent enhancement of linguistic pitch representation in the brainstem is not specific to a speech context. *J Cogn Neurosci.* 2009; 21(6):1092-1105.

Kujala T, Karma K, Ceponiene R, Belitz S, Turkkila P, Tervaniemi M, Näätänen R. Plastic neural changes and Reading improvement caused by audiovisual traing in reading-impaired children. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2001; 98(18): 10509-14

Lakshminarayanan K, Tallal P Generalization of non-linguistic auditory perceptual training to syllable discrimination. *Restor Neurol Neurosci.* 2007; 25(3-4):263-72.

Leite LCR, Francisco MV, Duarte SG, Garcia CFD, Bizinoto SN. Potencial evocado auditivo de tronco encefálico no prognóstico do coma superficial. *Rev CEFAC*. 2013; 15(4): 1032-39.

Marculino CF, Rabelo CM, Schochat E. O teste Gaps-in-Noise: limiar de detecção de gap em crianças de 9 anos com audição normal. *J Soc Fonoaudiol*. 2011; 23(4): 364-7.

Markand ON, Lee BI, Warren C, Stoelting RK, King RD, Brown JW, Mahomed Y. Effects of hypothermia on brainstem auditory evoked potentials in humans. *Ann Neurol*. 1987; 22(4): 507-13.

Mendes BCA e Barzaghi L. Percepção e produção da fala e deficiência auditiva. In: Tratado de Audiologia. São Paulo: Santos: 2011. P. 653-69.

Moore DR. Listening difficulties in children: bottom-up and top-down contributions. *J Commun Disord*. 2012; 45(6):411-418.

Motta VT. *Bioestatística*. 2ª. Ed. Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2006.

Muniz LF, Roazzi A, Schochat E, Teixeira CF, Lucena JA. Avaliação da habilidade de resolução temporal com o uso de tom puro em crianças com e sem desvio fonológico. *Rev CEFAC*. 2007; 9: 550-62.

Murphy CFB. Desenvolvimento de software para treinamento auditivo e aplicação em crianças com dislexia. [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2008.

Murphy CFB, Schochat E. Correlations between reading, phonological awareness and auditory temporal processing. *Pró-Fono*. 2009; 21: 13-8.

Murphy CFB, Schochat E. Effect of non-linguistic auditory training on phonological and reading skills. *Folia Phoniatr. Logop*. 2011; 63, 147–153.

Murphy FB, Torre RL, Schochat E. Associação entre habilidades top-down e testes de processamento auditivo. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2013; 79(6).

Murphy CFB, Pagan-Neves LO, Wertzner HF, Schochat E. Auditory and visual sustained attention in children with speech sound disorder. *PLoS ONE*. 2014; 9(3): e 93091

Murphy CFB, Pagan-Neves LO, Wertzner HF, Schochat E. Children with speech sound disorder: comparing a non-linguistic auditory approach with a

phonological intervention approach to improve phonological skills. *Front Psychol.* 2015a; 6(64)

Murphy CB, Peres AK, Zachary EC, Ventura DF, Pagan-Neves DF, Wertzer HF, Schochat E. Generalization of sensory auditory learning to top-down skills in a randomized controlled trial. *J Am Acad Audiol.* 2015; 26(1): 19-29.

Musacchia G, Sams M, Skoe E, Kraus N. Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2007; 104(40):15894-15898.

Musiek FE, Berge B. A neuroscience view of auditory training/simulation and central auditory processing disorder. In: Masters M, Stercker N, Katz J, editors. *Central auditory processing disorders: mostly management.* Boston: Allyn & Bacon; 1998; 19(4): 357-66.

Musiek FE, Bornstein SP, Hall III JW, Schwaber MK. Audiometria de Tronco encefálico (ABR): neurodiagnóstico e aplicações intra-operatórias. In Katz J org. *Tratado de Audiologia Clínica.* 4ª. Ed São Paulo: Manole; 1999: 349-71.

Musiek FE, Shinn JMS, Hare CMA. Plasticity, auditory training and auditory processing disorder. *Semin Hear.* 2002; 23(4): 263-75.

Musiek FE, Shinn JB, Jirsa R, Bamiau DE, Baran JA, Zaiden E. GIN (Gaps-In-Noise) Test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. *Ear Hear.* 2005; 26(6): 608-18

Nicol T, Kraus N. Speech sound encoding: physiological manifestations and behavioral ramifications. *Suppl Clin Neurophysiol.* 2004; 57:628-34.

Parbery-Clark A, Skoe E, Kraus N. Musical experience limits the degradative effects of background noise on the neural processing of sound. *J Neurosci.* 2009; 29(45):14100-14107.

Picton TW, Hillyard SA, Krausz HI, Galambos R. Human auditory evoked potentials I: evaluation of components. *Electroencephalogr. Clin. Neuro.* 1974; 36:179-90.

Putter-Katz H, Said LA, Fedman I, Miran DB, Kushnir DM, Muchnik C, Hildesheimer M. Treatment and evaluation indices of auditory processing disorder. *Semin Hear.* 2002; 23(4): 357-64

Rauschecker JP, Scott SK. Maps and streams in the auditory cortex: nonhuman primates illuminate human speech processing. *Nat Neurosci.* 2009;12(6): 718-724.

Rawool VWA. A temporal processing primer, part 1: Defining key concepts in temporal processing. *Hearing Review.* 2006; 16: 30-4

Raven J, Court J, Raven J. Coloured progressive matrices. London: H.K. Lewis; 1986.

Rocha-Muniz CN. Processamento de sinais acústicos de diferentes complexidades em crianças com alteração de percepção da audição ou da linguagem. [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2011.

Rocha-Muniz CN, Befi-Lopes DM, Schochat E. Investigation of auditory processing disorder and language impairment using the speech-evoked auditory brainstem response. *Hearing Research.* 2012; 294:142-152.

Rosenblum SM, Ruth RA, Gal TJ. Brain stem auditory evoked potential monitoring during profound hypothermia and circulatory arrest. *Ann Otorhinolaryngol.* 1985; 94(3): 281-3.

Rouiller EM. Organisation fonctionnelle des voies auditives. In Romand R. Le Systeme Auditif Central. *Les Éditions Inserm*, Paris, 1992, 1-49.

Rudolph JM, Wendt O. The efficacy of the cyrcles approach: a multiple baseline design. *J Commun Disord.* 2014; 47: 1-16.

Russo N, Trent N, Musacchia G, Kraus N. Brainstem response to speech syllables. *Clin Neurophysiology.* 2004; 115: 2021-2030.

Russo N, Nicol T, Zecker S, Hayes E, Kraus N. Auditory training improves neural timing in the human brainstem. *Behav Brain Res.* 2005; 156: 95-103.

Russo MN, Hornickel J, Trent N, Zecker S, Kraus N. Biological changes in auditory function following training in children with autism spectrum disorders. *Behavioral and Brain Functions.* 2010; 6:60.

Samelli AG, Mecca FFDN. Treinamento auditivo para transtorno do processamento auditivo: uma proposta de intervenção terapêutica. *Rev CEFAC*. 2010; 12(2). <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462010005000006>

Salles JF. O uso das toras de leitura fonológica e lexical em escolares: relações com compreensão, tempo de leitura e consciência fonológica. [dissertação]. Porto Alegrel: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2001

Share D, Jorm AF, MacLean R, Matthews R. Temporal processing and reading disabilities. *Reading Writing: Interdisciplinary J*. 2002; 15: 151-78.

Shriberg LD, Kwiatkowski J. Development phonological disorders I: a clinical profile. *J. Speech Hear Res*; 1994, 37(5): 1100-1126.

Shriberg LD, Kwiatkowski J. Phonolological disorders III: a producer for assessing severity of involvement. *J. Speech Hear Dis*.1982, 47: 256-70.

Shriberg LD, AustinD, Lewis BA, McSweeny JL, Wilson DL. The percentage of consonants correct (PCC) metric: extensions and reliability. *J Speech Lang Hear Res*. 1997; 40 (4): 708-22.

Shuai L, Gong T. Temporal relation between top-down and bottom-up processing in lexical tone perception. *Front Behav Neurosci*. 2014;8:97.

Simon Game. Disponível em: HYPERLINK "http://www.freesimon.org" <http://www.freesimon.org>

Silva TZ. Programa de estimulação fonológica em crianças com transtorno fonológico [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2015.

Song JH, Banai K, Russo NM, Kraus N. On the relationship between speech- and nonspeech-evoked auditory brainstem responses. *Audiol Neurotol*. 2006; 11:233-241.

Song JH, Skoe E, Wong PC, Kraus N. Plasticity in the adult human auditory brainstem following shot-term linguistic training. *J Cogn Neurosci*. 2008; 20:1892-1902.

Song JH, Skoe E, Banai K, Kraus N. Perception of speech in noise: neural correlates. *J Cogn Neurosci*. 2011; 23(9): 2268-2279.

Song JH, Skoe E, Banai K, Kraus N. Training to improve hearing speech in noise: biological mechanisms. *Cereb Cortex*. 2012; 22(5): 1180-1190.

Sousa LCA, Piza MRT, Ferez M, Rodrigues LS, Ruiz DB, Schmidt VB. O BERA como instrumento de avaliação funcional do tronco cerebral em cirurgias com hipotermia profunda e parada circulatória. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2003; 69(5):664-70.

Souza LCA, Costa SS, Piza MRT, Ferez M, Lavrador MA, Kluwe LH. Estadiamento clínico (Glasgow) e eletrofisiológico (BERA) do coma e suas implicações no diagnóstico da morte cerebral. *Rev Bras Med Otorrinolaringol.* 1998; 5(6): 176-91.

Soveri A, Tallus J, Laine M, Nyberg L, Bäckman L, Hugdahl K, et al. Modulation of auditory attention by training: evidence from dichotic listening. *Exp. Psychol.* 2013; 60, 44–52.

Spaulding TJ, Plante E, & Vance R. Sustained selective attention skills of preschool children with specific language impairment: Evidence for separate attentional capacities. *J Speech Lang Hear Res.* 2008; 51: 16–34

Spreen, O, Spellacy, F., Reid, JR. The effect of interstimulus interval and intensity on ear asymmetry for nonverbal stimuli in dichotic listening. *Neuropsychologia.* 1970; 8: 245–50.

Skoe E, Kraus N. Auditory brain stem response to complex sounds: A tutorial. *Ear Hear.* 2010a; 31(3): 302-324.

Skoe E, Kraus N. Hearing it again and again: on-line subcortical plasticity in humans. *PLoS One.* 2010b;5(10): e13645.

Skoe E, Kraus N. Musical training heightens auditory brainstem function during sensitive periods in development. *Front Psychol.* 2013; 4:622.

Stevens C, Franning J, Coch D, Sanders L, Neville H. Neural mechanisms of selective auditory attention are enhanced by computerized training: Electrophysiological evidence from language-impaired and typically developing children. *Brain Rev.* 2008; 18; 1205: 55-69.

Starr A. Auditory brain-stem responses in brain death. *Brain.* 1976; 99(3): 543-54. Strait DL, Skoe E, Kraus N, Ashley R. Musical experience and neural efficiency: effects of training on subcortical processing of vocal expressions of emotion. *European Journal of Neuroscience.* 2009; 29: 661-668.

Strait DL, Chan K, Ashley R, Kraus N. Specialization among the specialized: auditory brainstem function is tuned in to timbre. *Cortex.* 2012; 48(3): 360-362

Tallal P. The science of literacy: From the laboratory to the classroom. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 2000; 97, 2402-2404.

Tallal P, Piercy M. Developmental aphasia: impaired rate of non-verbal processing as a function of sensory modality. *Neuropsychol*. 1973; 11: 389-98.

Tallal P. Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain Lang*. 1980; 9(2):182-98

Tallus, J., Hugdahl, K., Alho, K., Medvedev, S., Hämäläinen, H. Interaural intensity difference and ear advantage in listening to dichotic consonant–vowel syllable pairs. *Brain Res*. 2007; 1185: 195–200.

Tsodyks M, Gilbert C. Neural networks and perceptual learning. *Nature*. 2004; 14; 431:775-81.

Tkach JA, Chen X, Freebairn LA, Schmithorst VJ, Holland SK, Lewis BA. Neural correlates of phonological processing of speech sound disorder: a functional magnetic resonance imaging study. *Brain Lang*. 2011; 119: 42-9

Tzounopoulos T, Kraus N. Learning to encode timing: mechanisms of plasticity in the auditory brainstem. *Neuron*. 2009;62(4): 463-469

Vatanabe YV, Navas ALGP, Mariano SPB, Murphy CBF, Durante AS. Desempenho auditivo de crianças com distúrbio de leitura após o treino auditivo. *Audiol Commun Res*. 2014;19(1):7-12 7

Vilela N, Wertzner HF, Sanches SGG, Neves-Lobo IF, Carvalho RM. Processamento temporal de crianças com transtorno fonológico submetidas ao treinamento auditivo: estudo piloto. *J Soc Bras Fonoaudiol*. 2012; 24(1).

Wertzner HF. Fonologia. In: Andrade CRF, Befi-Lopes DM, Fernandes FDM, Wertzner HF ABFW – Teste de Linguagem Infantil nas Áreas de Fonologia, Vocabulário, Fluência e Pragmática. 2004. São Paulo: Pró-Fono. 5-40

Wertzner HF. Fonologia: desenvolvimento e alterações. In: Tratado de Fonoaudiologia. 2ª ed. São Paulo: Rocca; 2010, p.281-90.

Wertzner HF, Pagan-Neves LO. Avaliação e Diagnóstico do Transtorno Fonológico. In Tratado das Especialidades. Rio de Janeiro: Rocca; 2014 Cap 71:593-99.

Westerhausen R, Moosmann M, Alho K, Medvedev S, Hämäläinen H, Hugdahl K. Top-down and bottom-up interaction: manipulating the dichotic listening ear advantage. *Brain Res.* 2009; 23; 1250: 183-9.

Wible B, Nicol T, Kraus N. Atypical brainstem representation of onset and formant structure of speech sounds in children with language-based learning problems. *Biol Psychol.* 2004; 67:299-317.

Wible B, Nicol T, Kraus N. Correlation between brainstem and cortical auditory process in normal and language-impairment children. *Brain.* 2005; 128 (2):417-423.

Wong PC, Skoe E, Russo NM, Dees T, Kraus N. Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns. *Nat Neurosci.* 2007; 10(4):420-422.

Young ED, Sanchs MB. Representation of steady-state vowels in the temporal aspects of the discharge patterns of populations of auditory-nerve fibers. *J Acoust Soc Am.* 1979; 66:1381-1403.

Anexo 1 Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

APROVAÇÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de **01/10/2014**, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº **338/14** intitulado: **“O EFEITO DA ESTIMULAÇÃO TOP-DOWN E BOTTOM-UP NO POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE TRONCO ENCEFÁLICO COM ESTÍMULO COMPLEXO”** apresentado pelo Departamento de FISIOTERAPIA, FONOAUDIOLOGIA E TERAPIA OCUPACIONAL

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP-FMUSP, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466/12).

Pesquisador (a) Responsável: Eliane Schochat

Pesquisador (a) Executante: Líbia Camargo Ribeiro Leite

CEP-FMUSP, 01 de Outubro de 2014.

Prof. Dr. Roger Chammas
Coordenador
Comitê de Ética em Pesquisa

Anexo 2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME:

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº: SEXO: M ☐ F ☐

DATA NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO:.....Nº.....APTO:

BAIRRO:.....CIDADE:.....

CEP:.....TELEFONE, DDD: (.....).....

2. RESPONSÁVEL LEGAL:.....

NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)

DOCUMENTO DE IDENTIDADE :.....SEXO: M ☐ F ☐

DATA NASCIMENTO.:/...../.....

ENDEREÇO: Nº APTO:

BAIRRO: CIDADE:

CEP: TELEFONE: DDD (.....).....

DADOS SOBRE A PESQUISA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: O efeito da estimulação top-down e bottom-up no Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com estímulo complexo.

2. PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Prof, Dra. Eliane Schochat (CRFa: 2937)

PESQUISADOR EXECUTANTE: Fga. Libia Camargo Ribeiro Leite (CRFa 8687-6)

UNIDADE DO HCFMUSP: Centro de Docência e Pesquisa em Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA: risco mínimo

4. DURAÇÃO DA PESQUISA: 1 ano

INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE

Essas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária neste estudo que tem como objetivo investigar duas diferentes estimulações realizadas por meio de terapia fonoaudiológica e através da estimulação auditiva.

Para a realização da pesquisa o participante passará pelos seguintes procedimentos:

- Observação do ouvido a fim de verificar as condições do mesmo para a realização dos exames;
- Exame audiológico: indicará o quanto você ouve. Você será orientado a apertar o botão de respostas todas as vezes que ouvir o apito.

Avaliação antes e depois de passarem por um dos treinos:

- O participante será avaliado através de dois testes do processamento auditivo, em que ouvirá diferentes estímulos, apresentados por meio de um fone e deverá responder conforme for orientado.
- Testes de atenção auditiva: o participante ficará em frente a um computador e ouvirá vários números, sendo orientado a apertar a tecla “espaço” sempre que ouvir os números 1 e 5. Os números serão apresentados através do fone.
- Teste de memória - Span de Dígitos: o participante deverá repetir verbalmente a sequência de números que for apresentado a ele na tela do computador.
- Testes de linguagem:
 - Consciência fonológica: consiste em 10 tarefas: síntese silábica e fonêmica, segmentação silábica e fonêmica, rima, aliteração, manipulação silábica e fonêmica, transposição silábica e fonêmica
 - Teste de leitura de palavras isoladas: o participante deverá ler as palavras que apareceram na tela do computador, no tempo estimulado.
- Avaliação eletrofisiológica:

Serão preparados os locais para colocação de eletrodos, sendo eles a testa e as pontas das orelhas, por meio de limpeza com pasta abrasiva e serão fixados por meio de pasta eletrolítica e esparadrapo microporoso.

Após o participante passar por essa avaliação ele será encaminhado a um dos dois grupos de estimulação. O Grupo 1 será submetido a estimulação audiológica. Esta estimulação consiste em 12 sessões de treino auditivo realizado por meio de jogos em computador.

O Grupo 2 será submetido a 12 sessões de terapia fonoaudiológica realizada pelo Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Fonologia do curso de graduação em Fonoaudiologia da Universidade de São Paulo.

Ao término das 12 sessões o participante será reavaliado, com o objetivo de verificar as melhoras apresentadas nos testes e nos exames eletrofisiológicos.

Não existem riscos ou desconforto na realização dos procedimentos citados acima. A realização do exame também não traz qualquer prejuízo ao paciente, nem interfere no seu estado de saúde, pois se trata de um exame não invasivo e indolor em que o participante terá o benefício oferecido pelo treino auditivo e pela terapia fonoaudiológica.

Durante qualquer etapa da realização do estudo você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. As responsáveis pela pesquisa são: Líbia Camargo Ribeiro Leite, que pode ser encontrada na Rua Cipotânia, nº 51, na Universidade de São Paulo, departamento de Fonoaudiologia, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (FOFITO), telefone (11)95983-0219 e Profa. Dra. Eliane Schochat que pode ser encontrada no mesmo endereço citado acima e pelo telefone (11)3091-8410. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Av. Dr. Arnaldo, 455 – Instituto Oscar Freire – 2º andar– tel: 3061-8004, FAX: 3061-8004– E-mail: cep.fm@usp.br

É garantida a você, a liberdade de retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na instituição.

Os dados coletados serão utilizados somente para esta pesquisa. As informações obtidas serão sigilosas e a identidade do paciente mantida, porém os resultados coletivos ou conclusões poderão tornassem publicas através de publicação científica.

Não há qualquer compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo “O efeito da estimulação top-down e bottom-up no Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com estímulo complexo”

Eu discuti com a Fga. Libia Camargo Ribeiro Leite sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

_____ Data: ____/____/201____

Assinatura do paciente/ representante legal

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

_____ Data: ____/____/201____

Assinatura do responsável pelo estudo

Anexo 3. Anamnese utilizada para coleta do histórico clínico

MEDICINA
USP

Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional
Curso de Fonoaudiologia - Audiologia Clínica

Anamnese do Processamento Auditivo (Central)

Nome: _____ No. CDP _____

D.N.: _____ Idade: _____ Sexo: ☐ masculino ☐ feminino R.G.: _____

Encaminhado por: ☐ externo ☐ interno LIF _____

Endereço: _____ Telefone: _____

Responsável: _____ R.G.: _____

Data do exame: _____ Estagiária: _____

Queixa: _____

Durante a gestação...

☐ N ☐ S a mãe fumou?

☐ N ☐ S a mãe sofreu queda ou acidente?

especifique: _____

☐ N ☐ S a mãe usou medicamentos, droga ou álcool?

especifique: _____

☐ N ☐ S houve outras intercorrências?

quais? ☐ fator Rh ☐ hemorragia ☐ hipertensão ☐ rubéola

outro: _____

☐ N ☐ S O parto foi normal?

☐ N ☐ S O nascimento foi pré-termo?

quantas semanas? _____

☐ N ☐ S Foi necessário uso de fórceps?

☐ N ☐ S Houve cianose?

☐ N ☐ S O bebê permaneceu em incubadora?

Porque? Quanto tempo? _____

☐ N ☐ S O bebê apresentou icterícia?

☐ N ☐ S Houve outras intercorrências durante o parto ou no período pós-parto?

especifique: _____

☐ N ☐ S A criança teve desenvolvimento motor normal?

fixou cabeça com _____ anos; andou com _____ anos;

☐ N ☐ S A criança é desastrada?

☐ N ☐ S A criança cai muito?

☐ N ☐ S A criança é agitada?

☐ N ☐ S A criança é destra?

☐ N ☐ S A criança tem dificuldade para enxergar?

☐ N ☐ S A criança usa óculos?

porque? há quanto tempo? _____

A criança tem ou já teve: (se sim, especificar no espaço abaixo)

☐ N ☐ S sarampo	☐ N ☐ S meningite
☐ N ☐ S catapora	☐ N ☐ S pneumonia
☐ N ☐ S caxumba	☐ N ☐ S respiração oral
☐ N ☐ S rubéola	☐ N ☐ S resfriados frequentes
☐ N ☐ S sinusite	☐ N ☐ S infecção de garganta
☐ N ☐ S rinite	☐ N ☐ S febre sem explicação
☐ N ☐ S adenóide	☐ N ☐ S quedas/traumatismo
☐ N ☐ S bronquite	☐ N ☐ S convulsão
☐ N ☐ S alergias:	
☐ N ☐ S síndrome:	
☐ N ☐ S outros:	

☐ N ☐ S A criança já realizou cirurgia?

especifique: _____

☐ N ☐ S A criança já ficou hospitalizada?

especifique: _____

☐ N ☐ S A criança fez uso de medicamento

especifique: _____

☐ N ☐ S A criança usa medicamentos atualmente?

especifique: _____

☐ N ☐ S A criança faz algum acompanhamento de saúde?

quais? ☐ pediatra ☐ neuro ☐ otorrino ☐ psiquiatra

☐ N ☐ S psicólogo

outro: _____

especifique: _____

A criança tem ou já teve:

☐ N ☐ S dor de ouvido	☐ N ☐ S supuração
☐ N ☐ S otite/ infec. ouvido	☐ N ☐ S coceira

frequência, quantas crises, idade de início/fim, tratamento: _____

A criança...

☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	escuta bem?
☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	tem dificuldade em prestar atenção quando alguém está falando?
☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	solicita repetição da informação?
☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	tem dificuldade em ouvir e realizar algo ao mesmo tempo?
☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	tem necessidade de pistas visuais para compreender o que foi dito?
☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	aumenta o volume da TV ou senta-se próximo à fonte sonora?
☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	tem dificuldade em entender a fala na presença de ruído?
☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	tem dificuldade para realizar instruções e ordens?
☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	tem dificuldade com a ordem dos acontecimentos ao contar uma história?
☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	fica estressado em ambiente ruidoso?
☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	tem dificuldade para localizar um som?
☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	entende melhor textos escritos ou desenhados do que textos falados?

Quando escuta por muito tempo, a criança fica...

☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	distraída?
☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	desatenta?
☐ nunca	☐ às vezes	☐ sempre	impaciente?

Com que idade falou as 1as. palavras? _____

quais foram? _____

A criança ...

☐ N ☐ S apresenta problemas de fala?

quais? _____

☐ N ☐ S se não, já apresentou problemas de fala?

quais? _____

☐ N ☐ S é bem compreendida através da fala?☐ N ☐ S compreende o que lhe é dito?☐ N ☐ S realiza/realizou tratamento fonoaudiológico?

há/por quanto tempo? _____

qual o foco da terapia? _____

motivo da interrupção: _____

☐ N ☐ S A criança tem irmãos?

Quantos? _____ idades: _____

☐ N ☐ S Alguém na família tem/teve queixas parecidas?

especifique: _____

Quem mora com a criança? _____

A criança ...

está em que série? _____

frequenta a escola desde que idade? _____

☐ N ☐ S estuda em escola pública?☐ N ☐ S vai à escola no período da tarde?☐ N ☐ S já repetiu de ano?

quantas vezes? _____ qual série? _____

☐ N ☐ S aprende com facilidade?☐ N ☐ S demora a realizar as tarefas?☐ N ☐ S precisa de ajuda para realizá-las?☐ N ☐ S O professor tem queixas da criança?

qual? _____

Qual a disciplina preferida?

E qual a menos apreciada?

☐ N ☐ S toca algum instrumento musical?

Qual? Há quanto tempo? Frequência de prática: _____

☐ N ☐ S pratica outras atividades extracurriculares?

Qual? Há quanto tempo? Frequência de prática: _____

☐ N ☐ S A criança dorme bem?

se não, especifique: _____

a que horas dorme? _____ horas de sono/noite: _____

Observações e outras informações importantes:

Anexo 4. Protocolo de audiometria; PEATE e PEATEc

Nome: _____

DN: _____ Idade: _____ SUS: _____

AVALIAÇÃO AUDIOLÓGICA

Audiômetro: _____ Data exame: _____

AVALIAÇÃO ELETROFISIOLÓGICA

Identificação: _____

Data avaliação: _____

ABR fala							ABR clique						
Lat V	Lat A	Slope	1st	HF	Score	F ₀		I	II	V	I-III	III-V	I-V
C	D	E	F	O	D-E	E-F	OD						
							OE						

Reavaliação 1

Data: _____

ABR fala							ABR clique						
Lat V	Lat A	Slope	1st	HF	Score	F ₀		I	II	V	I-III	III-V	I-V
C	D	E	F	O	D-E	E-F	OD						
							OE						

Anexo 5. Protocolo do teste Padrão de Frequência**TESTE PADRÃO DE FREQUÊNCIA (AUDITEC)**

Data avaliação: _____

Data reavaliação : _____

Treino		Teste	
(infanti -faixa2)		(infantil - faixa 3)	
(adulto-faixa 5)		(adulto - faixa 6)	
1	GA ____	1	AAG ____
2	AA ____	2	AGG ____
3	AG ____	3	GAG ____
4	GG ____	4	GAA ____
5	AG ____	5	GAA ____
6	GA ____	6	GGA ____
7	GG ____	7	GGA ____
8	AG ____	8	AGA ____
9	GG ____	9	AAG ____
10	AG ____	10	GAA ____
11	GA ____	11	AGG ____
12	AG ____	12	GAG ____
13	AA ____	13	AAG ____
14	GA ____	14	AAG ____
15	GG ____	15	AGA ____
16	GAG ____	16	GAG ____
17	GAA ____	17	GAA ____
18	GGA ____	18	GGA ____
19	AGA ____	19	AGA ____
20	GGA ____	20	GGA ____
21	AGA ____	21	AGA ____
22	GGA ____	22	GGA ____
23	AAG ____	23	AAG ____
24	AGA ____	24	AGA ____
25	AAG ____	25	AAG ____
26	AGA ____	26	AGA ____
27	AGA ____	27	AGA ____
28	GAG ____	28	GAG ____
29	GAA ____	29	GAA ____
30	AAG ____	30	AAG ____

Respostas corretas: ____ /3 x 10 = ____ %

Treino		Teste	
(infanti -faixa2)		(infantil - faixa 3)	
(adulto-faixa 5)		(adulto - faixa 6)	
1	GA ____	1	AAG ____
2	AA ____	2	AGG ____
3	AG ____	3	GAG ____
4	GG ____	4	GAA ____
5	AG ____	5	GAA ____
6	GA ____	6	GGA ____
7	GG ____	7	GGA ____
8	AG ____	8	AGA ____
9	GG ____	9	AAG ____
10	AG ____	10	GAA ____
11	GA ____	11	AGG ____
12	AG ____	12	GAG ____
13	AA ____	13	AAG ____
14	GA ____	14	AAG ____
15	GG ____	15	AGA ____
16	GAG ____	16	GAG ____
17	GAA ____	17	GAA ____
18	GGA ____	18	GGA ____
19	AGA ____	19	AGA ____
20	GGA ____	20	GGA ____
21	AGA ____	21	AGA ____
22	GGA ____	22	GGA ____
23	AAG ____	23	AAG ____
24	AGA ____	24	AGA ____
25	AAG ____	25	AAG ____
26	AGA ____	26	AGA ____
27	AGA ____	27	AGA ____
28	GAG ____	28	GAG ____
29	GAA ____	29	GAA ____
30	AAG ____	30	AAG ____

Respostas corretas: ____ /3 x 10 = ____ %

Anexo 6. Protocolo do teste Gaps in Noise**TESTE GAPS IN NOISE (GIN)**

Data avaliação: _____ / _____ ms

Faixa 2 - Treino

	Duração do gap (ms)
1	15 . 5 . 20
2	8 . 8 . 5
3	5
4	15
5	5 . 10 . 10
6	20 . 8 . 8
7	10 . 10
8	-
9	20 . 15 . 15
10	20

Faixa 3 - Teste

	Duração do gap (ms)		Duração do gap (ms)		Duração do gap (ms)		Duração do gap (ms)
1	15 . 2 . 5	11	6 . 12 . 12	21	5	31	4
2	15	12	6	22	8 . 20	32	4 . 10
3	6 . 10	13	15	23	12 . 10	33	15 . 8
4	6 . 20 . 6	14	5	24	8	34	8 . 8
5	4	15	3 . 6	25	20 . 2	35	12 . 12
6	12	16	2 . 3 . 20	26	3 . 2	2ms	/6 8ms /6
7	3 . 4	17	-	27	5 . 15	3ms	/6 10ms /6
8	10 . 10	18	5 . 4	28	2 . 20 . 8	4ms	/6 12ms /6
9	5	19	10	29	3 . 4	5ms	/6 15ms /6
10	-	20	2	30	3 . 15 . 20	6ms	/6 20ms /6

Data reavaliação: _____ / _____ ms

Faixa 2 - Treino

	Duração do gap (ms)
1	15 . 5 . 20
2	8 . 8 . 5
3	5
4	15
5	5 . 10 . 10
6	20 . 8 . 8
7	10 . 10
8	-
9	20 . 15 . 15
10	20

Faixa 3 - Teste

	Duração do gap (ms)		Duração do gap (ms)		Duração do gap (ms)		Duração do gap (ms)
1	15 . 2 . 5	11	6 . 12 . 12	21	5	31	4
2	15	12	6	22	8 . 20	32	4 . 10
3	6 . 10	13	15	23	12 . 10	33	15 . 8
4	6 . 20 . 6	14	5	24	8	34	8 . 8
5	4	15	3 . 6	25	20 . 2	35	12 . 12
6	12	16	2 . 3 . 20	26	3 . 2	2ms	/6 8ms /6
7	3 . 4	17	-	27	5 . 15	3ms	/6 10ms /6
8	10 . 10	18	5 . 4	28	2 . 20 . 8	4ms	/6 12ms /6
9	5	19	10	29	3 . 4	5ms	/6 15ms /6
10	-	20	2	30	3 . 15 . 20	6ms	/6 20ms /6

Anexo 7. Protocolo dos testes de Atenção auditiva, Span de dígitos e leitura de Pseudopalavras.

TESTE DE ATENÇÃO AUDITIVA

Identificação : _____

Data avaliação: _____

Reavaliação 1: _____

Reavaliação 2: _____

HIT: _____ Alarmes falsos: _____

HIT: _____ AF: _____

HIT: _____ AF: _____

Média: _____

Média : _____

Média : _____

TESTE DE MEMÓRIA AUDITIVA (SPAN DE DÍGITOS)

Data avaliação _____

Data reavaliação 1: _____

Data reavaliação 2: _____

3 dígitos: _____

3 dígitos: _____

3 dígitos: _____

4 dígitos: _____

4 dígitos: _____

4 dígitos: _____

5 dígitos: _____

5 dígitos: _____

5 dígitos: _____

6 dígitos: _____

6 dígitos: _____

6 dígitos: _____

7 dígitos: _____

7 dígitos: _____

7 dígitos: _____

8 dígitos: _____

8 dígitos: _____

8 dígitos: _____

9 dígitos: _____

9 dígitos: _____

9 dígitos: _____

PROVA DE LEITURA DE PSEUDOPALAVRAS

Data avaliação: _____ Data reavaliação 1: _____ Reavaliação. 2: _____

Palavras	Avaliação	Reav. 1	Reav. 2
1 -gloto			
2-noila			
3-rousa			
4-bolta			
5-moide			
6-prama			
7-planca			
8-guarpa			
9-flojes			
10-cresper			
11-estipa			
12-criscal			
13-quanlo			
14- erta			
15- doenje			

Palavras	Avaliação	Reav. 1	Reav. 2
16- estreca			
17- corpa			
18- escuvo			
19- jão			
20- quarpo			
21- carjela			
22- quinlo			
23- crape			
24- brinjo			
25- trântito			
26- cosde			
27- muiga			
28- urto			
29- misca			
30- bloto			
TOTAL:

Anexo 8. Protocolo do teste de Metafonologia

Nome _____ Idade: _____
 Data Avaliação: _____ Data Reavaliação 1: _____ Data Reavaliação 2: _____

Prova de Consciência Fonológica (PCF) AV ou REAV

1- Síntese Silábica

ex: /bol/ - /ca/
 /ma/ - /ca/ - /co/

/lan/ - /che/ - lanche _____
 /ca/ - /ne/ - /ta/ - caneta _____
 /pe/ - /dra/ - pedra _____
 /bi/ - /ci/ - /cle/ - /ta/ - bicicleta _____

2- Síntese Fonêmica

ex: /p/ - /a/ - /t/ - /o/
 /b/ - /a/ - /l/ - /a/

/s/ - /ó/ - só _____
 /m/ - /ã/ - /e/ - mãe _____
 /g/ - /a/ - /t/ - /o/ - gato _____
 /c/ - /a/ - /r/ - /o/ - carro _____

3- Rima

ex: /pato/ - /gato/ - /bola/ - pato, gato
 /cano/ - /bolsa/ - /pano/

/mão/ - /pão/ - /só/ - _____
 /queijo/ - /moça/ - /beijo/ - _____
 /peito/ - /rolha/ - /bolha/ - _____
 /até/ - /bola/ - /sopé/ - _____

7- Manipulação Silábica

ex: adicionar /sa/ no início de /pato/
 subtrair /do/ do fim de /telhado/

adicionar /na/ no fim de /per/ - /perna/ _____
 subtrair /ba/ do início de /bater/ - /ter/ _____
 adicionar /bo/ no início de /neca/ - /boneca/ _____
 subtrair /da/ do fim de /salada/ - /sala/ _____

8- Manipulação Fonêmica

ex: adicionar l no fim de /só/
 subtrair p do começo de /pato/

adicionar /r/ no fim de /pisca/ - piscar _____
 subtrair /f/ no início de /falta/ - alta _____
 adicionar /l/ no início de /ouça/ - louça _____
 subtrair /o/ no fim de /solo/ - sol _____

4- Aliteração

ex: /bala/ - /tomate/ - /batata/
 /casa/ - /cachorro/ - /mesa/

/boné/ - /rato/ - /raiz/ _____
 /colar/ - /fada/ - /coelho/ _____
 /inveja/ - /finchar/ - /união/ _____
 /trabalho/ - /mesa/ - /trazer/ _____

5- Segmentação Silábica

ex: /sapato/ - /sa/ - /pa/ - /to/
 /casa/ - /ca/ - /sa/

/bola/ - /bo/ - /la/ _____
 /lápis/ - /lá/ - /pis/ _____
 /fazenda/ - /fa/ - /zen/ - /da/ _____
 /gelatina/ - /ge/ - /la/ - /ti/ - /na/ _____

6- Segmentação Fonêmica

ex: /pato/ - /p/ - /a/ - /t/ - /o/
 /tomate/ - /t/ - /o/ - /m/ - /a/ - /t/ - /e/

/pé/ - /p/ - /é/ _____
 /açúcar/ - /a/ - /ç/ - /u/ - /ç/ - /a/ - /r/ _____
 /casa/ - /c/ - /a/ - /s/ - /a/ - /e/ _____
 /chave/ - /ch/ - /a/ - /v/ - /e/ _____

10- Transposição Fonêmica

ex: amora - aroma
 ator - rota

/ema/ - /ame/ _____
 /amor/ - /Roma/ _____
 /olê/ - /elo/ _____
 /missa/ - /assim/ _____

9- Transposição Silábica

ex: /pato/ - /topa/
 /lata/ - /tala/

/boca/ - /cabo/ _____
 /lobo/ - /bolo/ _____
 /toma/ - /mato/ _____
 /gola/ - /lago/ _____

Anexo 9. Tela do jogo do Macaco

Anexo 10. Tela do jogo do papagaio

Anexo 11. Tela do Jogo Siga o Piano- Software Escuta Ativa.

Anexo 12. Tela do jogo Qual som ouviu? - Software Escuta Ativa.

Anexo 13. Tela do jogo Quantos sons - Software Escuta Ativa.

Anexo 14. Tela do jogo Simon Game