

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIA HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
ESPECIAL**

**AVALIAÇÃO DE LIMIAR E MÁXIMO CONFORTO AUDITIVO POR MEIO
DE PROCEDIMENTOS OPERANTES COM CRIANÇAS SURDAS PRÉ-
LINGUAIS SUBMETIDAS A IMPLANTE COCLEAR**

Wagner Rogério da Silva

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Especial da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para o título de Doutor em Educação Especial, sob orientação da Profa. Dra. Deisy das Graças de Souza e co-orientação da Profa. Dra. Maria Cecília Bevilacqua e do Prof. Dr. Jair Lopes Junior.

São Carlos, março de 2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

S586al

Silva, Wagner Rogério da.

Avaliação de limiar e máximo conforto auditivo por meio de procedimentos operantes com crianças surdas pré-linguais submetidas a implante coclear / Wagner Rogério da Silva. -- São Carlos : UFSCar, 2008.

100 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2005.

1. Educação especial. 2. Implante coclear. 3. Discriminação operante. 4. Limiar auditivo. 5. Conforto auditivo. 6. Criança pré-lingual. I. Título.

CDD: 371.9 (20^a)



BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE WAGNER ROGÉRIO DA SILVA

Profa. Dra. Kátia de Freitas Alvarenga

Ass. Kátia

Prof. Dr. Orozimbo Alves Costa Filho

Ass. Orozimbo

Profa. Dra. Elenice Seixas Hanna

Ass. Hanna

Prof. Dr. Nivaldo Nale

Ass. Nivaldo

Profa. Dra. Deisy das Graças de Souza

Ass. Deisy

Agradecimentos

Nesta longa caminhada muitos foram aqueles que de alguma forma colaboraram para que este trabalho fosse concluído. Considerando a possibilidade de esquecer alguém neste momento de agradecimentos, peço desculpas, e deixo aqui registrado meu muitíssimo obrigado a todos.

À Profa. Dra. **Deisy das Graças de Souza**, pelas orientações recebidas e possibilidade de compartilhar de sua experiência e conhecimentos, fundamentais na minha formação.

Ao Prof. Dr. **Jair Lopes Junior** pela oportunidade de ter sua amizade, as orientações e colaborações importantes durante todo este trabalho.

À Profa. Dra. **Maria Cecília Bevilacqua**, coordenadora do CPA (Centro de Pesquisas Audiológicas), parte integrante do Hospital de Reabilitação de Anomalias Crânio-faciais pertencente a USP/Bauru, pela confiança em nosso trabalho, orientações e a valiosa oportunidade de tentar contribuir para o conhecimento na área de implante coclear e realizar este trabalho em um centro de referencia, como este.

À Profa. Dra. **Ana Claudia Moreira Almeida Verdu**, pela interlocução nas discussões sobre este trabalho e companheirismo nesta empreitada de produção de conhecimento em uma área cheia de desafios.

Ao programador **Jovaldo Savian**, pelo profissionalismo, empenho e competência na elaboração do programa de computador que permitiu a realização da coleta de dados.

Às fonoaudiólogas do CPA/HRAC-USP/Bauru: **Leandra, Liegi e Márcia**, por viabilizarem uma coleta de dados dentro da rotina de atendimentos do CPA e pela oportunidade de compartilhar comigo suas experiências no trabalho clínico com implantados.

Aos alunos e ex-alunos de pós-graduação do CPA/HRAC-USP/Bauru: **Flavia, Raquel, Patrícia e Carlos**, pela participação direta na coleta de dados, sem esta participação o trabalho não teria sido possível.

Às secretárias do CPA/HRAC-USP/Bauru: **Marli e Mari**, pela atenção e eficiência na minha relação com a coordenadoria do CPA.

À minha esposa, **Valderes** pelo carinho, amor, compreensão e confiança em minha capacidade.

À **minha família** pelo apoio na difícil caminhada da vida.

Ao **Programa de Pós-graduação em Educação Especial da UFScar**, por tornar concreto o sonho do Doutorado.

Ao **CNPq** pela concessão da bolsa que permitiu a dedicação exclusiva a este trabalho, que acredito, colaborou a em muito para sua maior qualidade.

Ao **Núcleo de Estudos sobre Comportamento, Cognição e Ensino** que compunha o Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (PRONEX-CAPES/MTC) sob a coordenação de Prof. Dr. Julio César de Rose, pela oportunidade de participar das reuniões anuais deste grupo e compartilhar da experiência e conhecimentos e receber sugestões de seus membros para o presente trabalho.

Sumário

Agradecimentos.....	ii
Sumário.....	v
Lista de figuras.....	vii
Lista de tabelas.....	ix
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
INTRODUÇÃO.....	1
<i>Deficiência auditiva.....</i>	<i>1</i>
<i>Tratamento da deficiência auditiva: o AAS.....</i>	<i>2</i>
<i>Tratamento da deficiência auditiva: o Implante coclear.....</i>	<i>5</i>
<i>Regulagem do processador de fala: mapeamento de eletrodos.....</i>	<i>10</i>
<i>Mapeamento com crianças pré-linguais: medidas eletrofisiológicas.....</i>	<i>11</i>
<i>Telemetria de resposta neural (RNT).....</i>	<i>13</i>
<i>Resposta auditiva do tronco cerebral à estimulação elétrica (BERA).....</i>	<i>14</i>
<i>Reflexo estapediano eliciado eletricamente (ESR).....</i>	<i>16</i>
<i>Mensurar sensação auditiva: Psicofísica.....</i>	<i>19</i>
<i>Mensurar sensação auditiva: procedimentos operantes.....</i>	<i>28</i>
<i>Como medir sensação auditiva de forma operante.....</i>	<i>35</i>
OBJETIVOS.....	39
EXPERIMENTO 1.....	41
MÉTODO.....	41
Participantes.....	41
Situação e equipamentos.....	43
<i>Medidas de limiar do mapa.....</i>	<i>44</i>

Procedimento geral	44
<i>Ensino da discriminação entre presença e ausência de estimulação elétrica</i>	48
<i>Pré- treino (ensinado a tarefa)</i>	48
<i>Ensino da discriminação</i>	49
<i>Avaliação de limiar absoluto</i>	50
RESULTADOS	52
EXPERIMENTO 2	59
MÉTODO	59
Participantes, situação e equipamentos	59
<i>Medidas de potencial evocado eletricamente (ECAP) e reflexo estapediano (ESR)</i>	59
Procedimento geral	60
<i>Estabelecendo a omissão de resposta</i>	62
<i>Ensinando a função da resposta</i>	62
<i>Avaliação do máximo conforto auditivo</i>	65
RESULTADOS	66
RESULTADO GERAL	71
DISCUSSÃO GERAL	75
<i>Seleção pelas conseqüências como determinante dos resultados</i>	75
<i>Medidas de limiar</i>	77
<i>Medidas de máximo Conforto</i>	78
<i>Replicabilidade: estratégia que sustenta evidencia de limiar e máximo conforto operante</i>	81
<i>Uma análise do desempenho produzido pelos procedimentos operantes</i>	85
<i>Viabilidade de medidas operantes</i>	91
REFERÊNCIAS	95

Listas de Figuras

Figura 1 - Foto de um aparelho de amplificação sonora individual (AASI) retro-auricular colocado e com um molde devidamente encaixado.

Figura 2 - Desenho do implante coclear tipo Nucleus 24. Acima e à esquerda é mostrado o receptor-estimulador conectado ao feixe de eletrodos (componentes internos). Abaixo no centro e à direita encontram-se: antena receptora, microfone retro-auricular, processador de fala e cabos de ligação (componentes externos).

Figura 3 - Diagrama das condições experimentais empregadas no procedimento. No intervalo com presença de estímulo (S^+), que se iniciava com a tela padrão e estimulação elétrica com intensidade constante, respostas dos participantes eram seguidas pela apresentação de desenho animado (conseqüência para respostas ao S^+) por 15 s, terminados os quais a tela de intervalo era apresentada por 2 s. Transcorrido o intervalo, a tela padrão era reapresentada. Se o período de S^+ terminasse sem respostas (depois de 10 s), era apresentada a tela de intervalo. Durante o intervalo sem estímulo (S^-), na presença da tela padrão, respostas dos participantes produziam a tela de intervalo por 2 s, o que também ocorria se não houvesse resposta após 10 s. Ao final da tela de intervalo era apresentada novamente a tela padrão.

Figura 4 – Respostas acumuladas por minuto na fase de ensino para cada participante (à esquerda) e porcentagem de intervalos com resposta na escala descendente de intensidades de corrente elétrica (à direita). Quadrados cheios indicam respostas na presença de estímulo e triângulos vazios representam respostas na ausência de estímulo.

Figura 5 - Diagrama das condições do Experimento 2. Na presença de estímulo elétrico, duas condições eram possíveis. Na ausência de resposta durante os 10 s de estimulação, ocorria apresentação do desenho animado por 20 s, terminados os quais a tela de intervalo era apresentada por 2 s (Sem resposta). Transcorrido o intervalo, a tela padrão era reapresentada. Se ocorresse resposta durante a estimulação elétrica, havia interrupção do estímulo e a tela ficava vermelha por 2 segundos, após os quais um novo intervalo era iniciado, tendo o estímulo com intensidade reduzida. Durante esse período, ausência de respostas era seguida pelo desenho por 20 s e da tela de intervalo por 2 s

(Com resposta 2). No caso de resposta durante o intervalo, o estímulo era interrompido, a tela vermelha era exibida por 2 s e, em seguida, reiniciado o período com o estímulo mantido em intensidade reduzida. Esta última seqüência era repetida até que respostas deixassem de ocorrer por 10 s, quando era apresentado o desenho animado.

Figura 6 – Ao longo do eixo x esta a seqüência de níveis de intensidade utilizados nas fases de ensino (A) e teste (B). O eixo y à esquerda indica presença ou ausência de resposta (círculos vazios) e o eixo y à direita mostra os níveis de intensidade (quadrados cheios) da ocorrência ou não de resposta em cada nível de intensidade aplicado

Figura 7 - Valores de intensidade obtidos como resultados do Experimento 1 (limiar operante) e das avaliações de T registrados na última avaliação clínica antes do experimento (Im) para cada participante.

Figura 8 - Níveis de intensidade obtidos como resultados do Experimento 2 (operante) e das avaliações de limiar para respostas eletrofisiológicas do potencia de ação eletricamente evocado (ECAP) e reflexo estapediano (ESR), para cada participante.

Lista de tabelas

Tabela 1 - Dados relevantes para caracterização dos participantes.

Tabela 2 - Parâmetros utilizados na avaliação do limiar de ECAP para os participantes que realizaram o Experimento 2.

Resumo

O implante Coclear trata-se de uma prótese eletrônica que é implantada cirurgicamente e substitui as funções da coclear, permitindo que indivíduos com surdez neurossensorial pré e pós-lingual passem a detectar som do ambiente. Um dos procedimentos necessários para o desenvolvimento de habilidades auditivas após a realização do implante é o mapeamento de eletrodos, que consiste basicamente, em determinar medidas de limiar e máximo conforto auditivo para cada eletrodo implantado. Dentro da prática clínica a obtenção destas medidas dependem das habilidades orais dos implantados. Entre crianças implantadas, com surdez pré-lingual, a precisão destas medidas torna-se bastante comprometida, pois a capacidade de fala é seriamente limitada. O presente estudo propõe e avalia, em dois experimentos, dois procedimentos operantes para obtenção de medidas de limiar auditivo e máximo conforto auditivo sem o uso de instrução ou resposta verbal, com sete crianças com surdes neurossensorial profunda e pré-lingual, usuárias do implante coclear tipo Nucleus 24®. Em um procedimento, na fase de ensino, era estabelecida uma discriminação simples operante entre presença e ausência de estímulos auditivos, em seguida, na fase de testes, a deterioração nesta discriminação ao longo de escalas descendentes da variação na intensidade do estímulo elétrico foi utilizada para avaliar limiar auditivo (Experimento 1). No outro procedimento, na fase de ensino, foi estabelecido que durante a estimulação elétrica, uma resposta interrompia o estímulo e ausência dessa resposta produzia um reforçador positivo, posteriormente, na fase de testes, em escalas ascendentes a intensidade do estímulo era variada e a ausência ou presença de resposta indicava se o estímulo era confortável ou desconfortável (Experimento 2). Em ambos os procedimentos a estimulação elétrica era feita em um eletrodo localizado na região medial da cóclea. Foram avaliadas, em acréscimo, medidas eletrofisiológicas de ECAP e ESR na mesma data em que os procedimentos operantes foram realizados e, também, foram registradas medidas de limiar auditivo obtidas por métodos clínicos, obtidas na última avaliação antes do início dos experimentos. Todas estas medidas foram comparadas às obtidas pelos procedimentos operantes. Os resultados mostraram que, no Experimento 1, todos os participantes aprenderam a discriminação ensinada e o uso desta habilidade durante a variação da intensidade do estímulo elétrico em escalas descendentes, serviu para indicar medidas de limiar auditivo com consistência também para todos. No Experimento 2, dos sete participantes, cinco realizaram o procedimento e os resultados indicam que dois aprenderam que a resposta interrompia um estímulo elétrico e a ausência desta permitia acesso ao reforçador, posteriormente, o desempenho de ambos em escalas ascendente de variação na intensidade, permitiu identificar nível de máximo conforto com consistência. Com os demais participantes, a fase de ensino não foi eficiente, comprometendo a consistência do desempenho mostrado na fase de teste, mas medidas são sugeridas também para estes participantes. Na relação entre medidas operantes e as outras medidas tomadas neste estudo, os resultados mostram que medidas de limiar operante são semelhantes ou menores que as medidas obtidas por métodos clínicos. Com os valores de máximo conforto, como dado de maior relevância, destaca-se que os dois participantes que apresentaram desempenho esperado no procedimento demonstraram valores de reflexo estapediano (ESR) semelhantes aos obtidos de forma operante. Os dados sugerem evidências iniciais de que procedimentos operantes podem contribuir na realização de mapeamentos de eletrodos com maior precisão entre crianças implantadas pré-linguais.

Palavras-chave: Implante coclear; discriminação operante; limiar auditivo; conforto auditivo; criança pré-lingual

Abstract

The cochlear implant is a prosthetic electric device that is implanted through surgery. It has the purpose of substituting the cochlear functions allowing thus, the individuals with pre and post-linguistic neurosensorial deafness to begin to detect environmental sounds. One of the necessary procedures to help someone to develop hearing skills after the implant is to trace electrodes, which is a procedure that basically consists of determining measures of threshold and maximum hearing comfort for each implanted electrode. In order to obtain these within the clinical practice, the oral skills of the individuals with implant must be considered. The precision of these measures become very compromised among implanted children with pre-linguistic deafness, due to the deficit of their speech capacity. The purpose of the present study is to propose an evaluation of two procedures that attempt to obtain measures of both, hearing threshold and maximum hearing comfort without using neither, directions or verbal answers. The study consists of two experiments composed by seven pre-linguistic children with profoundly neurosensorial deafness, which have acquired the Nucleus 24® cochlear implant system. In one of the procedures, a simple operant discrimination between the presence and absence of the hearing stimulus was established during the training phase. Following, a testing phase was introduced in order to determine the hearing threshold to assess the discrimination loss through a descendant scale, which measures the variation intensity of the electric stimulus (Experiment 1). In the other procedure, it was established that during the electric stimulation of the training phase, an answer could stop the stimulus while no answer produce a positive reinforcement. Next, the intensity of the stimulus was modified during the test phase in ascendant scales with or without an answer, in order to determine whether or not the stimulus was comfortable to the subject (Experiment 2). In both procedures, the electric stimulation was realized through an electrode located in the cochlear medial region. Electro-physiologic measures of the ECAP and ESR were evaluated in an additive form within the same date that the operational procedures were realized. Also, measures of the hearing threshold obtained during clinical approach of the last evaluation, preceding the beginning of the experiments, were registered. All of these measures were compared to results obtained from the operant procedures. The results demonstrated in the Experiment 1, all of the participants learned the taught discrimination and how to use this skill during the variation of the electric stimulation in descendant scales. This experiment was also used to indicate hearing threshold measures with consistence to all of the participants. In the Experiment 2, five of the seven participants mastered the procedure; however, the results indicate that the other two participants learned that the answer would interrupt an electric stimulus and its absence would lead to the reinforcement. Thus, their performance aimed for identification of the consistence level of the maximum comfort in ascendant scales of variation. The training phase was not successful with the other participants, compromising then the consistence of the performance demonstrated during the testing phase; nonetheless, the measures are suggested for them as well. Concerning the relationship among the operant measures and the other measures betaken in the study, the results show that measures of operant threshold are similar to or smaller than the measures obtained through clinical methods. Regarding the maximum comfort values as the most relevant data. It has been emphasized that the two participants that fulfilled the expected performance in the procedure, demonstrated stapedial reflex values (ESR) similar to the obtained from operant form. The data suggest initial evidence that the operant procedure can contribute to the realization of tracing electrodes with larger precision among pre-linguistic children with implants.

Uma condição física, fisiológica, cerebral ou sensorial que produz alguma limitação na interação do indivíduo com outros e com o mundo e, por consequência, compromete a ocorrência do desenvolvimento no ritmo ou modo esperado, pode caracterizar o que é chamado de deficiência. Uma ressalva a ser feita é que as limitações mencionadas são indicadas por aqueles acometidos pelas condições acima citadas e nunca *a priori*. O conhecimento gerado sobre este fenômeno permite a identificação de diferentes tipos de deficiência, entre as quais aquela que delimita o contexto do presente estudo, que é a deficiência auditiva.

Deficiência auditiva

De forma simplificada, deficiências auditivas são alterações na audição normal, independentes da origem, podendo variar quanto ao grau ou à intensidade. Hungria (1987) define deficiência auditiva como distúrbios de audição, perda da capacidade auditiva com intensidade maior ou menor, e de forma transitória ou definitiva; progressiva ou estacionária. Entre os diferentes tipos de deficiência auditiva, este estudo focaliza aquela identificada como neurosensorial profunda ou total. Segundo Hungria (1987), essa classificação permite identificar a localização do fator etiológico no nervo auditivo (neural) e/ou órgão de Corti (sensorial) e, do ponto de vista clínico, indica uma impossibilidade de ouvir a voz falada, mesmo com máxima amplificação, com perda acima de 90 dB em audiograma tonal (profunda ou total).

As causas para a deficiência auditiva neurosensorial profunda, como sugerido acima, são divididas na literatura entre aquelas que produzem lesões sensoriais, ou seja, nas células ciliadas e de sustentação do órgão de Corti, e as que lesionam regiões neurais, como as células bipolares do gânglio espiral de Corti, as neurofibrilas do nervo acústico, os núcleos cocleares bulbares e as vias cocleares centrais (Hungria, 1987). Os

fatores etiológicos para lesões sensoriais são: a idade avançada (presbiacusia), que se caracteriza pela degeneração, causada pelo avanço da idade, de diferentes estruturas e células que compõem o sistema auditivo; o trauma sonoro decorrente de detonações (explosivos, armas de fogo, ou artilharia), explosões de diferentes origens e a exposição, por períodos prolongados, a ruídos intensos em situação profissional (ex: máquinas e equipamentos industriais); e uso de medicamentos ototóxicos, fundamentalmente, antibióticos, que podem gerar efeitos colaterais. Sobre as lesões neurais, as causas podem ser: idade avançada e trauma sonoro (como nas lesões sensoriais); Síndrome de *Ramsay Hunt*; encefalite causada por vírus; meningite cerebroespinal epidêmica; febre tifóide; malformações congênitas; icterícia neonatal e neuroma acústico. A literatura permite também apontar que os causadores da deficiência neurosensorial profunda podem atuar nos períodos: pré, peri e pós-natal. Aqueles fatores etiológicos que tem origem genética e em doenças adquiridas pela mãe (ex: rubéola, citomegalovirus, toxoplasmose) e que, portanto, atuam antes do nascimento identificam causas pré-natais; fatores que ocorrem durante, imediatamente antes ou logo depois do trabalho de parto são consideradas causas perinatais e causadores que agem após o nascimento são classificados como pós-natais (Hungria, 1987; Katz, 1989; Howre, 1997)

Tratamento da deficiência auditiva: o AASI

As informações apresentadas até este ponto têm o objetivo de caracterizar o foco deste estudo dentro do contexto da deficiência auditiva e podem permitir indicar que a deficiência auditiva neurosensorial profunda, por gerar perda auditiva total ou muito acentuada, compromete o desenvolvimento da linguagem oral, criando dificuldades no estabelecimento de relações eficientes entre o indivíduo e o mundo de ouvintes e falantes. O tratamento para este tipo de deficiência auditiva implica um trabalho de

reabilitação multidisciplinar que deve ser realizado o mais precocemente possível, envolvendo diferentes recursos. O aparelho de amplificação sonora individual (AASI) é um destes recursos. Este dispositivo consiste em um mini-amplificador dos sons do ambiente construído em laboratórios de acústica, de acordo com normas e padrões internacionais e que se constitui em um instrumento indispensável para indivíduos com deficiência auditiva de grau leve a profundo (Vasconcelos e Wieselberg, 1994). Existem vários tipos de *AASI*; o mais comumente utilizado é o retroauricular, este aparelho é de tamanho pequeno, podendo ser encaixado na porção traseira do pavilhão auditivo, é composto pelo amplificador e um microfone e é conectado ao um molde confeccionado em silicone, que se encaixa no canal auditivo. A Figura 1 apresenta a fotografia de um aparelho do tipo retro-auricular. Seu funcionamento implica na captação dos sons do ambiente pelo microfone; os sons são amplificados, fazendo com que as células ciliadas no ouvido interno vibrem e estimulem o nervo auditivo. O *AASI* possibilita ganhos na audição, cuja magnitude depende de uma indicação e adaptação adequadas e do tipo e grau da perda auditiva. Os resultados do uso do *AASI* em crianças não são imediatos, dependendo de estimulação contínua da audição e da linguagem, em programas de reabilitação (Lacopo, Nunes, e Siqueira, 1998; Vasconcelos e Wieselberg, 1994).

Uma grande limitação do *AASI* é a necessidade da existência de células ciliadas para que haja transferência do sinal amplificado ao nervo auditivo (Bevilacqua, Costa Filho, e Morte, 2000) e, como foi acima indicado, a deficiência auditiva neurosensorial profunda pode ter origem em lesões na totalidade das células ciliadas, comprometendo os benefícios do *AASI*.



Figura 2 – Foto de um aparelho de amplificação sonora individual (AASI) retroauricular colocado e com um molde devidamente encaixado.

Tratamento da deficiência auditiva: o Implante coclear

Outro recurso que tem beneficiado indivíduos com perda auditiva e que foi desenvolvido a partir de avanços tecnológicos em Otologia e Audiologia é o implante coclear (IC). De acordo com Bevilacqua, Costa Filho e Moret (2000), o implante é uma prótese que substitui o Órgão de Corti e estimula eletricamente as fibras nervosas e células ganglionares do nervo auditivo, permitindo que a área do cérebro responsável pela audição seja estimulada. Este recurso possibilita que a sensação auditiva ocorra e, com isso, haja detecção de sons do ambiente, incluindo os de fala. De acordo com Bevilacqua e colaboradores. (2000), os principais tipos de implante coclear utilizados são: *Nucleus 24*, fabricado pela *Cochlear Corporation*®, na Austrália; *Combi 40+*, desenvolvido na Áustria pela *Méd-El*®; e *Clarion* desenvolvido nos Estados Unidos pela *Advanced Bionics*®. O trabalho de coleta de dados deste estudo foi feito com indivíduos usuários do implante tipo Nucleos 24; por isso, as descrições sobre implante coclear neste texto baseiam-se neste tipo de equipamento.

Dentro deste contexto, que envolve o tratamento da deficiência auditiva neurossensorial profunda com o uso do implante coclear, encontra-se o problema de pesquisa que sustenta o presente estudo. Por isso, pode-se iniciar a caracterização do problema com uma descrição detalhada deste equipamento, de seu modo de funcionamento e de como é inserido na cóclea.

O *Manual de Referências Técnicas* (1994), produzido pela *Cochlear Corporation*, indica que o implante coclear é formado por componentes externos e internos. O conjunto de componentes internos envolve um cabo único de plástico flexível (*flexible Silastic*®) com 25mm de comprimento, no qual, nos últimos 17 mm, ficam arranjados 24 eletrodos de platina (*pure platinum*) em forma de aro, que variam em diâmetro do maior para o menor (0,6 mm a 04 mm); estes aros são fixados ao redor

e ao longo do cabo, espaçados igualmente; um fio (de *platinum-iridium*) é conectado em cada eletrodo, formando um feixe que corre ao longo do cabo, sendo os fios isolados uns dos outros; este feixe é conectado ao receptor-estimulador, que mede 45mm por 24mm, e é composto por uma placa de circuito eletrônico ligado a uma antena receptora formada por uma bobina feita de platina, que circunda um ímã; todos estes elementos estão dentro de um pacote hermeticamente fechado, feito de titânio. O conjunto de componentes internos é recoberto por silicone. Quanto aos componentes externos, o implante apresenta: o microfone, que pode ser encaixado na parte traseira orelha; o processador de fala, que mede 94 x 62 x 19 mm e pesa aproximadamente 100g; a antena transmissora, formada por uma bobina que circunda um ímã, e que fica presa à cabeça, no local onde é colocado o receptor-estimulador sob a pele, por indução magnética; fazendo a conexão entres estes componentes, são utilizados cabos. A Figura 2 mostra um desenho que representa o implante coclear tipo Nucleus 24 e seus componentes.

O procedimento cirúrgico para colocação dos componentes internos do implante coclear é o mesmo para crianças e adultos, pois o tamanho da cóclea e dos ossículos é praticamente o mesmo, independente da idade do paciente. O processo que compõe o ato cirúrgico envolve várias etapas e uma descrição destas não se faz necessária, considerando os propósitos deste texto; porém, a título de ilustração simplificada, cabe indicar que o receptor-estimulador e a antena interna são depositados em um leito esculpido na mastóide pelo cirurgião e, em uma etapa chamada de cocleostomia, o cabo com os eletrodos é inserido na rampa timpânica da cóclea. Após a cirurgia, recomenda-se um período de um meses para que os eletrodos do implante coclear sejam ativados e tenha início o processo de reabilitação (Costa Filho & Bevilacqua, 2003).

De forma simplificada, o ciclo de audição com o implante coclear inicia-se com o microfone retro-auricular que capta os sons do ambiente e os transmite, por meio de

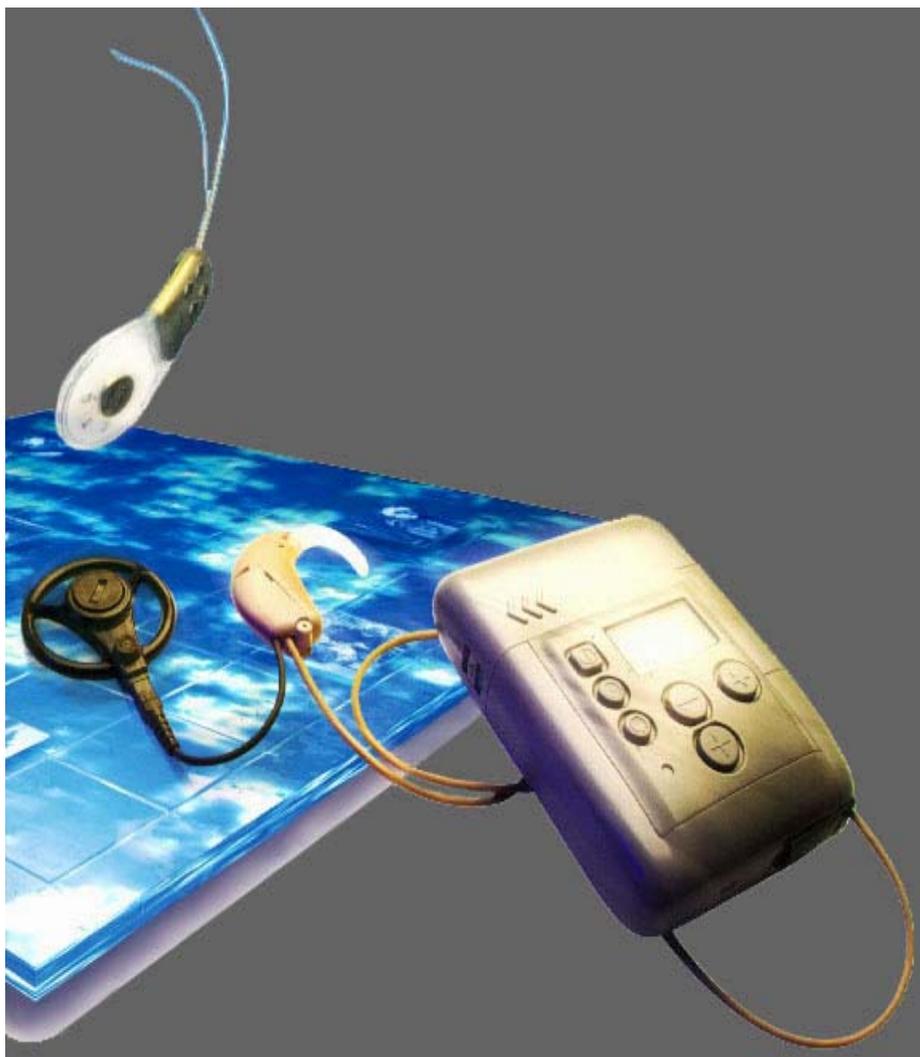


Figura 2. Desenho do implante coclear tipo Nucleus 24. Acima e à esquerda é mostrado o receptor-estimulador conectado ao feixe de eletrodos (componentes internos). Abaixo no centro e à direita encontram-se: antena receptora, microfone retro-auricular, processador de fala e cabos de ligação (componentes externos).

um cabo, ao processador da fala. Este seleciona, codifica e transforma os sons do ambiente e de fala em impulsos elétricos, que são reenviados pelo mesmo cabo de ligação à antena transmissora. Os dispositivos internos e externos são conectados pela antena transmissora, que é fixada à cabeça do paciente através de um ímã, no ponto onde se encontra implantado o receptor-estimulador. Com o uso de radio-freqüência, os impulsos elétricos e sinais codificados são transmitidos à antena do receptor-estimulador que, por meio dos eletrodos colocados na cóclea, estimula o nervo coclear (Bevilacqua e colaboradores, 2000). Neste ciclo, o processador de fala e o receptor-estimulador são componentes fundamentais para a compreensão de como ocorre a audição por meio do implante coclear, por isso, uma descrição detalhada do funcionamento destes componentes pode ser importante.

O processador de fala é um componente que extrai informações dos sinais acústicos que entram pelo microfone e, através de circuitos eletrônicos, transforma estes sinais em códigos digitais (Cochlea, 1994). Um ponto crucial para que o implante coclear produza informações precisas na percepção auditiva se refere à definição de quais e como os elementos que compõem o sinal acústico serão codificados no processador de fala. Isto é definido pela estratégia de processamento do sinal, programada no processador de fala. Existem diferentes estratégias, que variam de um tipo de implante para o outro e dentro do mesmo tipo de implante. Para os propósitos do presente estudo não é necessário descrever todas as estratégias, mas pode-se dizer que estas estratégias buscam reproduzir o modo como a cóclea saudável atua no processamento do sinal acústico. Para isso, são codificados, independentemente do tipo de estratégia: 1) o espectro do sinal, que estabelece qual região (basal, medial ou apical) da cóclea recebe a estimulação (com isso, sinais de alta freqüência estimulam eletrodos

mais basais e sinais de baixa frequência provêm estimulação para eletrodos mais apicais); 2) os padrões temporais, que determinam a duração do estímulo; e 3) os padrões de intensidade, que dependem de avaliações clínicas de limiar e conforto auditivo para definir a intensidade de corrente elétrica necessária para eliciar o estímulo (mais detalhes sobre avaliações de limiar e conforto auditivo serão apresentadas ao se descrever a programação do implante coclear).

Outra função do processador de fala é fornecer suprimento de força ao implante coclear. Isto significa que o processador envia a tensão e a corrente elétrica necessárias para percorrer os fios do receptor-estimulador até os eletrodos. Esta transmissão de informações sobre o sinal acústico e força é feita por um sinal de radio-frequência até a antena externa. Desta última para a antena interna, a transmissão ocorre por indução magnética permitida pelas bobinas e ímãs contidos em ambas as antenas. Com isso, é acionado o receptor-estimulador, onde circuitos eletrônicos permitem interpretar os sinais digitais sobre o sinal acústico e selecionar para quais eletrodos a corrente elétrica será enviada, usando a tensão elétrica disponível (Bevilacqua e cols. 2000; Clark, Cowan e Dowell, 1997; Cochlear, 1994).

Outro aspecto importante para compreensão de como se processa a audição com o implante coclear é o modo de estimulação dos eletrodos. De acordo com Clark e colaboradores (1997), a sensação auditiva é produzida pela corrente elétrica que flui de um eletrodo a outro, estimulando o tecido do nervo auditivo. Este processo é semelhante ao que ocorre com qualquer dispositivo elétrico, que necessita de um pólo positivo e outro negativo para que a corrente elétrica flua entre estes. No caso do implante coclear, a corrente elétrica flui entre um par de eletrodos; o eletrodo que recebe a carga elétrica (tensão e corrente elétrica) é identificado como eletrodo ativo e corresponde ao pólo positivo; o eletrodo que completa o circuito é chamado de eletrodo de referência,

exercendo a função de pólo negativo. A literatura sobre implante coclear indica que há diferentes modos de estimulação dos eletrodos. Para compreensão deste estudo é necessário descrever o modo como os eletrodos do implante tipo Nucleos 24 são estimulados. Neste modo, chamado de monopolar, qualquer um dos eletrodos implantados dentro da cóclea (intracocleares) pode exercer função de eletrodo ativo e um eletrodo implantado fora da cóclea (extracoclear) é utilizado como de referência.

Regulagem do processador de fala: mapeamento de eletrodos

As informações apresentadas até este ponto indicam que alguns dos parâmetros de funcionamento do implante coclear são definidos de maneira independente do usuário. São eles o modo de estimulação dos eletrodos e as estratégias de processamento ou codificação, com relação a informações temporais e de espectro do sinal acústico. Porém, como indicam Clark e colaboradores (1997), a quantidade de corrente elétrica necessária para eliciar sensação auditiva varia para cada indivíduo implantado, criando, assim, a necessidade de programação com referência às respostas apresentadas pelos pacientes à estimulação elétrica da cóclea. Esta programação envolve dois procedimentos clínicos chamados de mapeamento e balanceamento de eletrodos. Bevilacqua e Moret (1997) apresentam as definições destes procedimentos. A avaliação que determina o limiar da sensação de audição, com a estimulação elétrica do nervo coclear e o nível máximo de conforto auditivo para cada eletrodo caracterizam o mapeamento dos eletrodos implantados. A diferença entre o limiar e o máximo conforto indica a área dinâmica para o paciente implantado. O balanceamento refere-se ao estabelecimento da mesma sensação de intensidade para todos os eletrodos, independente da região da cóclea onde se aplica o estímulo elétrico.

No presente estudo, o foco principal recai sobre o mapeamento de eletrodos, cuja obtenção, como afirmado antes, implica definição das medidas de limiar e máximo conforto auditivo. No caso dos limiares, testes clínicos podem ser feitos a partir de uma instrução apresentada ao paciente para indicar quando ouvir algo (em testes com escala crescente) ou deixar de ouvir (no uso de escalas decrescentes). Para a determinação do máximo conforto, o paciente pode ser instruído a utilizar adjetivos como “bom” ou “ruim”; “baixo” ou “alto”; “forte” ou “fraco” como referência à sensação auditiva produzida pela intensidade de corrente elétrica com que é aplicado o estímulo. Feita esta instrução, o clínico aplica uma seqüência de estímulos com aumento progressivo de corrente elétrica até que seja estabelecida uma intensidade confortável.

Mapeamento com crianças pré-linguais: medidas eletrofisiológicas

Em ambas as situações descritas, as medidas (limiar e máximo conforto) são dependentes da manifestação externa de julgamentos sobre a sensação auditiva produzida pela estimulação elétrica, que ocorre internamente (um evento privado, a que só o indivíduo tem acesso), sugerindo a necessidade de alguma forma de comunicação entre o indivíduo surdo implantado e o clínico.

Entre pacientes submetidos ao implante coclear, dois grupos podem ser identificados: os que adquiriram a surdez depois do desenvolvimento da linguagem (pós-linguais) e os indivíduos cuja surdez ocorreu antes da aquisição da linguagem (pré-linguais). Entre os implantados pós-linguais, estabelecer a área dinâmica pode ser uma tarefa em muito facilitada pela possibilidade de comunicação, pois a fala permite a interação necessária para a obtenção das medidas de limiar e máximo conforto. Com implantados pré-linguais, porém, pode-se indagar sobre possíveis dificuldades na obtenção da área dinâmica, principalmente entre aqueles com pouca idade, que não

desenvolveram alguma forma de comunicação. Tais limitações podem gerar dificuldade em tornar público algo que ocorre de forma privada (sensação auditiva), impedindo a obtenção de uma área dinâmica precisa. A literatura sobre implante coclear confirma que há dificuldades para se obter medidas de limiar e, principalmente, de máximo conforto com crianças implantadas pré-linguais (Seeber, Baumann, e Fastl, 2004; Cone-Wesson, 2003; Morita, Naito, e Yamaguchi, 2003; Clarke e Sandford, 1995; Hodges, Balkany, Ruth, Lambert, Dolan-Ash, e Schloffman, 1997; Kileny, Zwolan, Zimmerman-Phillips, e Telian, 1994; Smith, Finley, van-den-Honert, Olszyk, e Konrad, 1994; Zehnder, Allum, Honegger, e Probst, 1999; Smith, Finley, van-den-Honert, Olszyk, e Konrad, 1994).

Esta mesma literatura mostra que a alternativa que vem sendo avaliada, como forma auxiliar no problema da limitação oral de crianças pré-linguais, é a obtenção de respostas eletrofisiológicas. Diferentes técnicas permitem que tais respostas sejam produzidas, mas todas envolvem a estimulação elétrica, através do implante coclear, em áreas específicas do sistema auditivo (nervo auditivo, tronco cerebral, ouvido médio, etc.) para se avaliar o momento (limiar) no qual é eliciada a resposta desta área ao estímulo. A utilidade destas medidas reside na possibilidade de o valor que elicia a resposta servir como parâmetro para serem estimados valores para limiar e máximo conforto auditivo. Os estudos sobre estas técnicas buscam, inicialmente, definir para o estímulo elétrico valores de limiar que eliciam respostas e, em seguida, avaliar a possibilidade de identificar correspondência entre as medidas de limiar e máximo conforto auditivo, estimadas a partir do valor que elicia resposta, e a sensação auditiva de limiar e máximo conforto auditivo. Para isso, as avaliações geralmente são conduzidas com adultos e crianças pós-linguais e com crianças pré-linguais com maior tempo de uso do implante e habilidades lingüísticas desenvolvidas. O delineamento

básico utilizado envolve: a) obter o valor mínimo do estímulo elétrico que elicia a resposta fisiológica; b) identificar medidas de limiar e máximo conforto auditivo através de repostas comportamentais; e c) medir correlação matemática entre os dois tipos de medida.

De modo geral, os estudos sobre medidas eletrofisiológicas utilizam métodos psicofísicos para obter as medidas comportamentais. Estes métodos serão devidamente descritos em outra seção. Por hora, pode-se indicar que, com os participantes pós-linguais, as tarefas necessárias para que os métodos psicofísicos sejam aplicados são estabelecidas através de instrução verbal. Entre os participantes pré-linguais, com aquelas crianças mais velhas e com maior tempo de uso de implante e com habilidades verbais bem desenvolvidas, é utilizado o mesmo procedimento aplicado em adultos pós-linguais. Com as crianças mais novas é utilizada a observação de mudanças de comportamento causadas pela detecção do estímulo para definir um valor de limiar e, a partir deste, estimar um valor de conforto auditivo. A seguir, são indicadas as técnicas que avaliam respostas eliciadas por estimulação elétrica da cóclea, com exemplos de estudos que servem de indicadores dos resultados obtidos na correlação destas medidas com a sensação auditiva.

Telemetria de resposta neural (RNT)

A telemetria de resposta neural (RNT) mede a resposta das células ganglionárias do nervo auditivo à estimulação elétrica e obtém como medida o limiar do *electrically evoked compound potential* (ECAP). Este recurso encontra-se disponível somente no sistema Nucleus 24, manufaturado pela empresa COCHLEA®. Os resultados de estudos que avaliam correlação do limiar de ECAP com medidas comportamentais de limiar e máximo conforto auditivo são controversos. Os dados mostram tanto correlação alta

como moderada e baixa e indicam, também, como diferentes parâmetros, usados para se obter a ECAP, podem aumentar ou reduzir a correlação (Zimmerling, Martin, e Hachmair, 2002; Franck e Norton, 2001; *Hughes*, Vande Werff, Brawn, Abbas, Kelsay, Teagle, e Lowder, 2001; Hughes, Brawn, Abbas, Wolever, Abigail, e Gervais, 2000; Abbas, Brown, Shallop, Firszt, Hughes, Hong, e Staller, 1999). A título de exemplo, Thai-Van, Chanal, Coudert, Veuillet, Truy, e Collet (2001) realizaram um estudo longitudinal que procurou avaliar se havia correlação entre medidas de ECAP e medidas comportamentais de limiar e máximo conforto em crianças implantadas. As medidas comportamentais consistiam em respostas orais dos participantes dadas a partir de instruções, também orais, do experimentador para indicação de quando o estímulo era ouvido, no caso do limiar, e quando o estímulo era considerado confortável. Trabalhando com 23 crianças implantadas pós-linguais, foram identificadas medidas eletrofisiológicas (ECAP) e comportamentais de limiar e máximo conforto auditivo. Ambas as medidas foram obtidas para quatro eletrodos diferentes, localizados nas três regiões da cóclea (basal, medial e apical) nos períodos de 3, 6, 9 e 12 meses após a implantação. Os resultados sugeriram uma maior correlação nos primeiros meses (3, 6 e 9) entre eletrodos apicais; com 12 meses a correlação foi consistente em todos os eletrodos, sugerindo que nos primeiros meses de implantação as medidas de ECAP podem não corresponder exatamente à sensação auditiva percebida pelo indivíduo. Estes dados podem indicar que uma maior precisão na avaliação de ECAP somente é conseguida com aproximadamente um ano de implantação.

Resposta auditiva do tronco cerebral à estimulação elétrica (BERA)

Outra técnica utilizada é a resposta do tronco cerebral auditivo à estimulação elétrica (BERA). Os estudos sobre esta técnica, que buscam identificar correlação entre

medidas obtidas com o uso da BERA e aquelas registradas a partir de respostas identificadas como comportamentais, realizados entre humanos com surdez pré e pós-lingual (adultos e crianças) e, também com animais, são controversos quanto a resultados positivos consistentes, assim como em avaliações de ECAP. Os dados sugerem que entre medidas de limiar e máximo conforto, estimadas tomando o BERA como parâmetro, e estas mesmas medidas indicadas por meio de comportamentos, maior correlação ocorre entre os valores de máximo conforto e no caso dos limiares os valores estimados a partir do BERA são mais elevados do que os indicados por meio de comportamentos (Brown, Hughes, Lopes, e Abbas, 1999; Shallop, VanDyke, Goin, e Mischke, 1991). Os estudos mostram, ainda, variabilidade intra e entre-sujeitos, apontando a influência de diferentes variáveis nos resultados encontrados. Um exemplo dessa variabilidade pode ser encontrado no estudo Aubert e Clarke (1994), cujo objetivo foi avaliar correlação entre limiares auditivos obtidos com EABR e os determinados através de respostas comportamentais. Para oito indivíduos adultos implantados (pós-linguais), foram determinados limiares comportamentais usando estímulos acústicos com alta taxa de pulsação (quantidade de pulsos por segundo) e limiares BERA aplicando estímulos elétricos com taxa de pulsação igual à do estímulo acústico e com altas taxa de pulsação. Os resultados mostraram que taxas de pulsação semelhantes geraram correlação entre as medidas de limiar, mas comparando taxa de pulsação em BERA baixa com taxa alta em estímulos acústicos, não foi verificada correlação. Isto sugere que a taxa de pulsação atua sobre a determinação precisa de uma medida de limiar auditivo obtida com o BERA. Esta influência de diferentes variáveis na correlação entre esta medida eletrofisiológica e medidas comportamentais foi encontrada em outros estudos que apontam outras variáveis como possíveis responsáveis pela ausência de correlação: configuração dos eletrodos, localização dos

eletrodos, quantidade de eletrodos implantados e tempo de cirurgia (Beitel, Snyder, Schreiner, Raggio, e Leake, 2000; Lambert, Ruth, e Hodges, 1991; Smith, Finley, van-den-Honert, Olszyk, e Konrad, 1994). Os dados destes estudos sugerem que a relação entre esta medida eletrofisiológica (BERA) e a percepção da sensação auditiva produzida pelo estímulo elétrico precisa ser demonstrada com maior consistência.

Reflexo estapediano eliciado eletricamente (ESR)

Entre as técnicas eletrofisiológicas, a do reflexo estapediano eliciado eletricamente (ESR) é a que apresenta resultados que indicam, com maior consistência, correlação com medidas comportamentais. A técnica consiste na mensuração do limiar de resposta do músculo estapediano (localizado no ouvido médio) à estimulação elétrica e sua correlação tem sido atestada com valores de máximo conforto indicados de forma comportamental (Clemant, Carter, e Kipke, 2000; Zehnder, Allum, Honegger, e Probst, 1999; Battmer, Laszig e Lehnhardt, 1990). Alguns estudos que servem de exemplo para esta consistência são descritos a seguir.

Hodges, Balkany, Ruth, Lambert, Dolan-Ash, e Schloffman (1997) realizaram um estudo buscando avaliar a relação entre medidas de reflexo estapediano e julgamentos verbais sobre medidas de conforto auditivo, a fim de determinar a confiabilidade desta resposta eletrofisiológica e seu potencial de uso na obtenção de medidas de limiar e máximo conforto auditivo. Para isso, foram obtidas medidas de limiar de ESR em 25 adultos pós-linguais e, em seguida foi estimada a correlação entre estas medidas e julgamentos, explicitados de forma oral, feitos por estes indivíduos sobre a sensação de máximo conforto auditivo produzida pela estimulação elétrica. Os resultados apontaram alta correlação entre ambas as medidas. O mesmo estudo avaliou um grupo de 40 crianças pré-linguais, a fim de verificar a possibilidade de se obter

medidas de ESR, e os resultados mostram presença de reflexo em 71% dos participantes. Com as crianças não foram realizadas comparações entre a medida eletrofisiológica e medidas obtidas de forma comportamental.

Spivak, Chute, Popp e Parisier (1994) buscaram avaliar o potencial de uso desta técnica na geração de medidas de limiar e máximo conforto auditivo com estímulos produzidos pelo implante coclear. Para sete participantes adultos pós-linguais, foram geradas duas áreas dinâmicas, ambas com medidas de limiar obtidas por avaliação indicada oralmente. Para determinar medidas de conforto, uma área utilizou a ESR e a outra o julgamento apresentado de forma oral. Em seguida, foram realizados testes de percepção de fala usando as duas áreas dinâmicas. Os resultados mostraram que, na média, os desempenhos com as duas formas de gerar áreas dinâmicas foram semelhantes. Na análise individual dos participantes, dois apresentaram melhor desempenho com áreas dinâmicas estabelecidas com medidas comportamentais (fala dos participantes) de máximo conforto. Entre os outros cinco participantes, houve tendência de melhor desempenho com áreas dinâmicas determinadas a partir de medidas de conforto estimadas como uso da ESR ou os desempenhos foram semelhantes em ambas as áreas. Uma limitação para uso do reflexo como indicador de medidas de máximo conforto para crianças implantadas pré-linguais se refere ao fato de que, entre os indivíduos implantados, o reflexo estapediano não pode ser obtido com todos os indivíduos implantados (Spivak, Chute, Popp e Parisier, 1994).

Os estudos descritos evidenciam que o caminho seguido para superar as dificuldades em se produzir medidas de limiar e máximo conforto para a estimulação elétrica com crianças implantadas pré-linguais tem sido produzir respostas do sistema auditivo (em suas porções fisiológica e neurofisiológica) a variações na intensidade dos estímulos elétricos. Mas, nesta trajetória, parece haver dificuldades em encontrar

evidências inquestionáveis de que as respostas eliciadas pelo estímulo elétrico podem ser utilizadas como indicadores confiáveis para sensação auditiva de limiar e máximo conforto auditivo produzida por este mesmo estímulo.

Na literatura atual sobre implante coclear, uma tendência que pode ser verificada, a partir da variabilidade dos dados envolvendo medidas eletrofisiológicas, é a proposta de se realizar uma bateria de testes composta por medidas de ECAP, BERA, ESR e medidas comportamentais para produzir medidas de limiar e máximo conforto com crianças implantadas pré-linguais. O estudo de Gordon, Papsin, & Harrison (2004), pode ser considerado um exemplo nesta direção. Entre outras perguntas este estudo buscou responder qual a relação entre as medidas eletrofisiológicas e comportamentais de limiar e máximo conforto. Participaram do estudo sessenta e três crianças e adolescentes com surdez bilateral, de severa a profunda, implantadas e com diferentes níveis de habilidades lingüísticas. Os autores não identificam quantos participantes apresentavam surdez pré-lingual; utilizam como critério para definir grupos na amostra pesquisada somente a idade, que variou entre sete meses e dezessete anos. Assim, foram definidos três grupos: vinte e oito crianças menores de 3 anos, vinte e quatro com idades entre 3 e 5 anos (pré-escolares) e dezesseis tendo seis anos ou mais (em idade escolar). Com todos os participantes medidas de ECAP, BERA, ESR e medidas comportamentais de limiar e máximo conforto eram obtidas em diferentes momentos ao longo do primeiro ano de uso do implante coclear. Com relação às medidas comportamentais, entre crianças em idade escolar e pré-escolar, os autores apenas indicam que foram utilizados métodos tradicionais para condicionar respostas em testes de audiometria. Com crianças menores, incapazes de realizar tarefas de condicionamento, foi utilizada observação de mudanças no comportamento em função da apresentação do estímulo, atestada por concordância entre dois observadores. A partir de variações descendentes e

ascendentes na intensidade do estímulo medidas de limiar e máximo conforto eram definidas. Os resultados relacionados à pergunta acima colocada indicaram que medidas comportamentais de limiar diminuem, enquanto aquelas de máximo conforto aumentam ao longo do tempo; as medidas comportamentais apresentaram alta correlação com as medidas eletrofisiológica em todos os momentos de avaliação; medidas comportamentais e eletrofisiológicas eram menores em eletrodos apicais do que em eletrodos basais; limiares comportamentais podem ser estimados com maior correlação a partir de medidas de ECAP; e valores de máximo conforto podem ser estimados com maior correlação utilizando limiares de ESR.

Mensurar sensação auditiva: Psicofísica

Uma alternativa para as dificuldades apontadas seria avaliar a possibilidade de se medir de forma direta a sensação auditiva produzida pelo estímulo elétrico. A psicofísica é uma área do conhecimento que tem as sensações como objeto de estudo, por isso, uma breve incursão nesta área pode ser útil como tentativa de discutir a viabilidade de se mensurar a sensação auditiva com crianças implantadas. Para isso, são apresentados, a seguir de forma sintetizada, os principais aspectos das teorias e métodos em psicofísica, tomando como base fundamental o texto de Feitosa (1996).

De acordo com a autora, a sensação que interessa na psicofísica contemporânea é aquela passível de observação e análise pública, que se caracteriza pela reação do organismo sob condições que o fazem responder a estímulos. As relações funcionais que ocorrem entre o organismo e um estímulo são estudadas na psicofísica, a partir de quatro tipos de perguntas. Uma primeira envolve o mínimo de energia para que o estímulo gere uma sensação, ou seja, caracteriza uma questão sobre **detecção**, para a qual a resposta é a determinação do **limiar absoluto**. Uma segunda pergunta envolve a

diferença mínima que deve haver entre dois estímulos para que sensações diferentes sejam provocadas, ou seja, caracteriza uma questão sobre **discriminação**, para a qual a resposta é a determinação do **limiar diferencial**. Uma terceira pergunta envolve a definição do que é o estímulo, ou seja, caracteriza uma questão sobre **reconhecimento**, para qual a resposta é a determinação do **limiar de reconhecimento** ou **função de identificação**. Uma quarta pergunta envolve o identificar como cresce a magnitude da sensação com a magnitude do estímulo, ou seja, caracteriza uma questão sobre **escalamento**, para a qual a resposta é a determinação de uma **função de magnitude psicofísica**.

Feitosa (1996) indica que uma das propostas da psicofísica é definir leis gerais sobre o comportamento dos organismos, a partir das perguntas colocadas e os métodos que geram evidências de tais leis. Considerando a função que se pretende atribuir à psicofísica neste texto, as considerações a seguir visam constituir uma visão panorâmica das leis e métodos psicofísicos. Ao leitor interessado em informações mais completas recomenda-se a leitura de Feitosa (1996) e uma consulta às referências listadas nesse texto.

As leis em psicofísica são divididas, de forma abrangente, em duas categorias, a psicofísica clássica e a moderna.

Duas leis compõem a psicofísica clássica: a Lei de **Weber** e a Lei de **Fechner**. A lei de Weber é a primeira lei em psicofísica e seu enunciado foi estabelecido através do estudo da discriminação de pesos levantados. A observação feita neste estudo indicou que pesos pequenos precisam diferir pouco para serem percebidos como diferentes e pesos grandes precisam ser muito diferentes para que haja sensação de diferença. Esta descoberta permitiu identificar que o distanciamento entre dois estímulos de mesmo tipo, necessário para que a diferença entre eles seja percebida (limiar diferencial), varia

dependendo do valor com o qual se inicia a comparação. O resultado da razão entre o valor do estímulo e o limiar diferencial corresponde ao que se chama de diferença apenas perceptível (DAP), que na lei de Weber é identificada como unidade de medida da sensação, independente do tipo de fonte estimuladora. A **lei de Fechner** parte da lei de Weber e propõe uma escala de magnitude para sensação, considerando a possibilidade de somar diferentes DAPs a partir do limiar absoluto. Esta lei sustenta que iguais razões de estímulo têm correspondência com diferenças iguais em sensações. Isto aponta para uma mensuração indireta da sensação, pois o valor do estímulo define a diferença necessária para que ocorra sensação.

A **lei de Stevens** caracteriza a psicofísica moderna e se opõe diretamente às anteriores, propondo que razões iguais de estímulo correspondem a razões iguais de sensações. Nesta lei, diferente da lei de Fechner, a ênfase está em uma mensuração direta da sensação, ao sustentar uma relação funcional entre variação no estímulo e alteração na própria sensação (Feitosa, 1996).

Com relação aos métodos, considerando o objetivo de apresentar uma visão panorâmica da psicofísica, são colocadas neste texto as versões básicas da cada método, omitindo suas variações.

A psicofísica clássica utiliza três métodos considerados como principais e cuja aplicação ocorre em estudos de limiares absolutos e diferenciais.

No *método dos estímulos constantes*, em sua versão simplificada para estudo de limiar absoluto, é apresentado ao sujeito ou observador um conjunto de estímulos espaçados de forma a obter uma função psicofísica com probabilidade de resposta variando entre 0 e 1. Cada valor do conjunto de estímulos é apresentado um mesmo número de vezes, em ordem aleatória. A tarefa do observador é julgar se o estímulo está presente ou não. São avaliadas as variações na probabilidade de respostas que indiquem

presença do estímulo, como função da intensidade da dimensão do estímulo escolhida para estudo. Como limiar absoluto é considerado o valor de estímulo que produz a máxima incerteza sobre a presença ou ausência do estímulo, ou seja, um valor que se relaciona à probabilidade 0,5 de respostas indicadoras de presença. No estudo de limiar diferencial, diferenças em relação ao limiar absoluto são: o observador deve julgar se um estímulo, quando comparado com outro, é maior ou menor; e o par de valores de estímulo que produz a probabilidade de 0,75 de respostas “maior que” ou “menor que” indica o limiar diferencial para aumento ou redução a partir do estímulo padrão. Aqui é necessário considerar efeitos espúrios da comparação entre dois estímulos, produzidos tanto por apresentações sucessivas como simultâneas.

No *método dos limites* a definição dos valores e tamanho de variação do estímulo ocorre como no método anterior. A partir disso, são estabelecidas séries nas quais os valores do estímulo crescem (séries ascendentes) ou decrescem (séries descendentes) a cada tentativa e o valor que inicia a série deve ser estimado como sendo claramente supraliminar (séries descendentes) ou subliminar (séries ascendentes). As séries são encerradas quando ocorre mudança (transições) de respostas que indicam presença para as que indicam ausência de estímulo (descendente) ou de ausência para presença (ascendente). São necessárias várias apresentações de ambas as séries em uma mesma sessão, e nas repetições o valor inicial de uma mesma série nunca deve ser o mesmo. Com isso, é possível encontrar valores de limiar em cada série apresentada e obter um limiar médio para cada tipo de série. Na aplicação a limiares diferenciais o método é idêntico, tendo como série ascendente aquela em que a diferença entre os estímulos aumenta e como descendente aquela em que a tendência para a diferença é atingir zero. As mesmas considerações sobre o uso de dois estímulos, apontadas para o método dos estímulos constantes, são necessárias neste método.

No *método dos ajustes*, em sua versão para limiar absoluto, o valor inicial é mantido muito acima do limiar e a tarefa do participante é ajustar o nível do estímulo até que desapareça. Na seqüência, o valor do estímulo permanece muito abaixo do limiar e o ajuste por parte do participante deve torná-lo apenas perceptível. Para estudo de limiar diferencial este método consiste na apresentação de um estímulo padrão e um outro estímulo, que deve ser ajustado até que seja considerado igual ao padrão. Aqui o dado relevante é a diferença entre o valor considerado igual, pelo participante, e aquele em que o estímulo padrão é apresentado. É calculada a média da distribuição dos ajustes (igualdade subjetiva), a diferença entre os valores do estímulo padrão e de igualdade subjetiva (erro constante) e o desvio padrão é considerado o limiar diferencial.

Com relação aos métodos da psicofísica moderna, Feitosa (1996) aponta que estes métodos têm a característica de gerar escalas relacionando atributos físicos a psicológicos, utilizando perguntas sobre propriedades dos estímulos feitas diretamente ao participante. Esta ênfase na criação de escalas é uma diferença fundamental com relação aos métodos clássicos, cuja função principal é definir limiares absolutos e diferenciais. Seguindo a orientação da autora, de que os métodos que produzem escalas de razão são os utilizados com maior freqüência na psicofísica contemporânea, destacam-se aqui os quatro principais métodos que geram escalas de razão.

No *método de produção de razão*, o participante é instruído a observar um estímulo padrão e ajustar um segundo estímulo, que é variável, até que este último se pareça com um valor de razão do primeiro (p.ex. metade, o dobro ou triplo). No *método de estimativa de razão*, o experimentador define dois estímulos e a diferença entre estes; o participante é instruído a relacionar ambos os estímulos entre si e a estimar a diferença ou razão entre eles.

O *método de estimativa de magnitude* consiste em fornecer um estímulo padrão e um valor para este estímulo e, instruir o participante a estimar os valores de uma série de estímulos a partir do valor do padrão. Neste método, o estímulo padrão pode corresponder a um valor médio dentro da série a ser comparada.

No *método de produção de magnitude*, o estímulo padrão é apresentado sem atribuição de valor pelo experimentador, e o participante recebe instrução para ajustar um segundo estímulo até que o seu valor seja um múltiplo ou fração do padrão. Todos estes métodos descritos produzem resultados que permitem calcular funções que constituem as escalas de magnitude - meta fundamental do uso destes métodos.

Nesta tentativa de compor uma visão panorâmica da psicofísica, um ponto importante a ser tratado é a *teoria de detecção de sinal* (Green e Swets, 1966). Para isso, a análise da teoria e métodos em psicofísica feita por Feitosa (1996) continua sendo a referência básica. A relevância em abordar a teoria da detecção de sinal está na sua oposição à psicofísica clássica, ao considerar que o indivíduo é quem decide sobre a presença ou ausência do estímulo, o que contraria o conceito de limiar absoluto. Com isso, a teoria da detecção de sinal propõe o estudo de como se dá esta tomada de decisão, baseada nos seguintes pressupostos: a) ocorre atividade sensorial na ausência de estímulo; b) existe sinal na presença de ruído; c) o nível de ruído varia de um momento a outro; d) o indivíduo estabelece um critério que define o nível de intensidade onde acima há presença e abaixo há ausência de sinal; e) sensibilidade é definida na comparação entre a quantidade média de sensação gerada por um sinal e por um ruído. A partir destes pressupostos, em estudos psicofísicos de detecção, o critério de resposta e a sensibilidade são duas medidas fundamentais. Estas medidas são obtidas por análise gráfica ou por cálculos que são feitos considerando quatro possibilidades de resultados: *detecção correta*, que ocorre se um sinal é apresentado e a resposta é *sim*;

omissão, caracterizada pela resposta *não* se o sinal está presente; *alarme falso*, que envolve resposta *sim* na ausência de sinal; e *rejeição correta*, quando se tem resposta *não* na ausência de sinal.

Estudos que utilizam como base a teoria de detecção de sinal fazem uso de três tipos de procedimentos.

O *procedimento sim-não* contém tentativas com sinal e ruído e tentativas somente com ruídos. O participante é instruído a julgar quando o sinal está presente ou ausente e informar o experimentador com respostas do tipo “sim” ou “não”. Também é informado ao participante que ocorrem ganhos para acertos e perdas para erros (uma matriz de pagamento).

No *procedimento de escolha forçada*, cada tentativa apresenta dois ou mais intervalos para observação e o participante deve indicar em quais intervalos há sinal. Não ocorrendo influência de variáveis indesejáveis, como controle por posição ou ordem sobre a resposta, a expectativa é de que o intervalo com estímulo seja escolhido com frequência maior.

Em um *procedimento de julgamento de confiança*, a tarefa do participante é indicar um valor de confiança sobre a presença do sinal, em uma escala de grau de confiança apresentada pelo experimentador.

Uma característica dos métodos em psicofísica que pode ser destacada desta visão geral, exposta até o momento, é a dependência do uso da linguagem, tanto para instrução, por parte do experimentador, quanto para emissão de respostas pelos participantes. Para uma análise da viabilidade de utilizar métodos psicofísicos para mensuração direta de sensações auditivas produzidas pela estimulação elétrica da cóclea, via implante coclear, com crianças surdas pré-linguais, é necessário considerar a

aplicação destes métodos a indivíduos não-verbais. Para isso, são destacadas, a seguir, a psicofísica animal e da criança.

De acordo com Feitosa (1996), a chamada psicofísica animal não possui referencial teórico específico e procura respostas para as mesmas questões que norteiam o trabalho com humanos. Os métodos utilizados visam avaliar o grau de generalidade das leis psicofísicas no contexto animal; para isso, os métodos psicofísicos são adaptados utilizando o conhecimento teórico e metodológico sobre o comportamento dos animais desenvolvido pela etologia e a análise experimental do comportamento. Sobre esta última, os métodos de investigação típicos são tecnicamente identificados como procedimentos operantes e serão descritos posteriormente, articulados com o referencial teórico que os sustenta. Os usos do conhecimento gerado nas duas áreas mencionadas têm a função de desenvolver padrões de respostas a estímulos no sujeito animal, semelhantes aos produzidos através de instrução verbal com humanos. Um exemplo clássico deste uso dos procedimentos operantes está em Blough (1958), que apresenta um método para obter limiares psicofísicos para pombos. Com isso, os métodos psicofísicos podem prescindir do uso de instrução e as questões típicas em psicofísica podem ser respondidas sem o uso da linguagem. A psicofísica da criança busca respostas às mesmas questões estudadas com adultos e animais e, assim como na aplicação aos estudos com o sujeito animal, os problemas a serem contornados são de natureza metodológica. Feitosa (1996) indica que, além de resolver o problema da limitação no repertório verbal, estudos psicofísicos com crianças necessitam considerar alterações no comportamento geral, determinadas pela maturação. Por isso, os métodos apresentam características diferentes, dependendo da idade. Entre a condição fetal e até quatro anos de idade são utilizadas como medidas psicofísicas, reações fisiológicas (atividade muscular, batimentos cardíacos, padrão de respiração e etc.) e filogenéticas

(reflexos incondicionados, olhar preferencial, varredura visual, expressões faciais, reposta de sugar) a estímulos. A partir de quatro meses, assim como na psicofísica animal, a barreira da linguagem é ultrapassada com o uso de procedimentos desenvolvidos pela análise experimental do comportamento.

A partir desta visão panorâmica da psicofísica, pode se dizer que toda construção teórica e metodológica gerada nesta área permite a análise de reações do organismo a estímulos, portanto, sensações auditivas produzidas pela estimulação elétrica da cóclea podem ser analisadas pelos métodos psicofísicos. De fato, a literatura da área de implante demonstra que diferentes fenômenos são estudados por métodos psicofísicos. Como exemplos podem ser citados: discriminação de intensidade (ex. Kreft, Donaldson, & Nelson, 2004); detecção de estímulos com diferentes modos de estimulação (ex. Pfingst, Xu, & Thompshon, 2004); localização do estímulo (Seeber, Baumann, & Fastl, 2004). Além destes fenômenos, neste texto foi indicada antes a aplicação dos métodos em estudos que avaliam a correlação das medidas de limiar e máximo conforto, obtidas por respostas comportamentais com as estimadas de respostas eletrofisiológicas.

O que foi exposto até este momento indica que técnicas para gerar respostas eletrofisiológicas (ECAP, EABR e ESR) se constituem em uma tentativa de resolver o problema de avaliar limiar e máximo conforto auditivo, com crianças implantadas pré-linguais que apresentam limitação em habilidades verbais. Os métodos psicofísicos, entre outras aplicações na área de implante coclear, têm sido utilizados para obter medidas de sensações auditivas de limiar e máximo conforto, que servem para avaliação da correspondência destas com medidas estimadas através de respostas eletrofisiológicas.

Como já mencionado, quando se trata da aplicação dos métodos psicofísicos com populações de indivíduos não-verbais, uma forma de resolver o problema da

limitação na comunicação pode ser o uso de procedimentos da análise experimental do comportamento, para desenvolver padrões de respostas a estímulos, sem o uso de instrução verbal. Áreas do conhecimento como a Fisiologia, Neurofisiologia, Psicobiologia e Neurociências, entre outras, utilizam métodos psicofísicos na análise de reações de organismos não-verbais a diferentes propriedades de estímulos, viabilizados por procedimentos operantes (Baluchnejadmojarad e Roghani, 2004; Dembiec, Snider e Zanella, 2004; Ferraro e Kiefer, 2004; Harker e Whishaw, 2004; Leckie e Yasinsac, 2004; Nakamura e Atsuta, 2004; Yazaki-Sugiyama e Mooney, 2004). Em todas estas áreas, a aplicação destes procedimentos restringe-se à substituição da instrução verbal e os dados gerados são analisados a partir do referencial teórico da psicofísica. Mas, a partir da eficiência da metodologia operante no estabelecimento de relações funcionais entre estímulos e respostas não-verbais, pode-se argumentar que, em acréscimo à função de substituir a instrução verbal, os procedimentos operantes podem também gerar medidas de sensação.

Mensurar sensação auditiva: procedimentos operantes

Para avaliar de forma precisa esta utilidade dos métodos operantes, pode ser importante apresentar uma visão geral da base teórica desta metodologia, que é a Análise do Comportamento (Catania, 1999; Skinner, 1938; 1953). A produção teórica e metodológica desta área é extensa, com princípios e leis gerais que compõem uma análise científica do comportamento e foge ao escopo deste texto uma apresentação exhaustiva deste tópico. Para os propósitos deste trabalho serão apresentados o princípio básico da seleção por conseqüências e alguns exemplos do uso de procedimentos operantes para avaliar sensação auditiva.

Na perspectiva da análise do comportamento, qualquer comportamento pode ser analisado através de relações funcionais entre o organismo e o ambiente (inclusive o interno). Tais relações se desenvolvem porque o organismo é dinâmico e, portanto, age. Ao agir produz alterações no ambiente ou conseqüências e as conseqüências produzem como efeito o aumento ou redução na possibilidade de que a ação venha a ser apresentada novamente, ou seja, a conseqüência tem efeito sobre a probabilidade de que a ação volte a ocorrer (Skinner, 1953). Com isso, as conseqüências têm a propriedade de selecionar ações ou respostas que farão parte do que o organismo faz. Outro efeito das conseqüências é a seleção das condições no ambiente que antecedem e devem estar presentes para que a ação seja seguida pela conseqüência. Tal efeito ocorre porque uma ação produz uma mesma conseqüência somente quando uma mesma condição ambiental precede a ação; na ausência desta condição realizar a ação deixa de produzir a conseqüência. Por exemplo, se cumprimentamos dois colegas de trabalho e, sistematicamente, apenas um deles responde ao cumprimento, depois de algum tempo, deixamos de cumprimentar o que não responde, mas mantemos o cumprimento ao que nos retorna a saudação. Com isso, a relação agora implica na presença de um evento antecedente, que sinaliza quando uma ação produz sua conseqüência. Esta relação funcional que ocorre entre um evento antecedente, uma resposta (ação) e uma conseqüência, constitui uma contingência de três termos (Skinner, 1953, 1969). O modelo de seleção pelas conseqüências sustenta toda a metodologia experimental de geração e análise de dados no estudo do comportamento. Uma análise comportamental busca identificar as respostas críticas que precisamos estabelecer ou ensinar, bem como as relações de controle sobre estas respostas. As relações de controle são de dois tipos. Uma é a relação entre respostas e conseqüências. Respostas são fortalecidas quando são seguidas por conseqüências reforçadoras. Um outro tipo de relação é entre estímulos e

respostas. Este tipo de relação de controle determina a probabilidade de que um dado estímulo venha a controlar uma resposta particular (Skinner, 1953; 1957).

A literatura especializada documenta a aplicação de procedimentos operantes ao estudo de uma gama variada de comportamentos humanos e animais. Considerando o foco principal do presente trabalho, que é avaliar formas de medir a sensação auditiva produzida com estimulação elétrica da cóclea, via implante coclear, em crianças com surdez pré-lingual, o que se pretende aqui é apresentar uma visão geral sobre como procedimentos operantes são utilizados na avaliação de sensação auditiva.

Na área de audiologia, um procedimento operante extensivamente utilizado na avaliação da existência e do grau de perda auditiva é a *audiometria de reforço visual* (VRA). Tal procedimento consiste em estabelecer uma discriminação operante entre presença e ausência do estímulo auditivo, utilizando estímulos visuais como reforçadores. De acordo com Costa Filho, Bevlacqua, e Freitas (1998), o objetivo deste procedimento é obter limiares tonais para estimulação auditiva acústica. Em sua versão básica, dois alto-falantes e dois monitores de televisão são dispostos lateralmente, de tal modo que as fontes de estímulo e de reforço visual fiquem dispostas juntas do lado esquerdo e direito do indivíduo que está sendo avaliado. Nos alto-falantes são produzidos estímulos auditivos na forma de tons puros em frequências altas e baixas, com diversas intensidades e modulações. Respostas de busca da fonte sonora, piscar ou arregalar os olhos são exemplos de ações que devem ser seguidas pela apresentação de algum tipo de evento visual nos monitores (p.ex, exibição de um desenho animado por alguns segundos). Quaisquer outras respostas que não se relacionem ao estímulo não são seguidas de reforço.

Outro exemplo do uso de procedimentos operantes na avaliação auditiva se encontra em Lloyd, Spradlin e Reid (1968). Neste estudo foram propostos procedimentos

operantes para realização de audiometria, com indivíduos humanos incapazes de seguir instruções verbais, devido a deficiência mental profunda, utilizando estímulos tangíveis, no lugar de visuais, como reforçadores. Participaram do estudo 50 crianças com diagnóstico de retardo mental profundo e que não apresentavam os comportamentos requeridos para realizar os testes de audiometria. O procedimento consistia de uma discriminação operante entre presença e ausência de tom puro. Para isso eram utilizados, como estímulo, tons puros, de diferentes frequências e intensidades, apresentados em um alto-falante ou um fone de ouvido; a resposta era a pressão a um botão que podia ser iluminado por trás; e a consequência (reforçador) era a apresentação de um comestível em uma bandeja. O botão de respostas e a bandeja compunham um aparato que ficava diante do participante. Os alimentos que serviriam como reforçadores eram definidos em testes prévios nos quais os participantes podiam escolher entre diferentes guloseimas; aquela escolhida pelo participante com maior frequência passava a ser utilizada na situação experimental. Inicialmente, em uma fase de ensino, o botão de resposta era iluminado e, de forma simultânea, o estímulo auditivo era apresentado com 500 Hz e 70 dB. Nas duas primeiras apresentações o experimentador chamava a atenção do participante para o estímulo, pressionava o botão e instigava o participante a pegar o reforçador. Nas duas apresentações seguintes, o experimentador conduzia a resposta, usando sua mão sobre a mão do participante. Na quinta apresentação, a resposta deveria ser apresentada sem ajuda. Após a resposta ter sido ensinada era, então, estabelecido o controle desta respostas pela presença de estímulo. Para isso, um período de 10 segundos de tom e botão iluminado era apresentado em intervalos variáveis de 10 ou 15 segundos, ou seja, eram introduzidos períodos de ausência do estímulo. Respostas durante os períodos de ausência de tom e luz atrasavam o início da presença de ambos em 5 ou 10 segundos. Estabelecido o controle da resposta pela presença de luz e do tom,

a luz era gradualmente retirada, em cinco passos consecutivos, até que a resposta ocorresse somente sob controle do tom. Na seqüência, utilizando o auto-falante e os fones de ouvido, em momentos diferentes, o tom era manipulado mantendo-se a freqüência constante e variando a intensidade e, em seguida, mantendo a intensidade constante e variando-se a freqüência. Em ambas as manipulações, a perda de controle do tom sobre a resposta servia de indicativo de limiar absoluto.

O procedimento utilizado neste estudo foi tecnicamente denominado como *tangible reinforcement operant conditional audiometry* (TROCA), denominação que destaca o uso de estímulos palpáveis (p.ex. comestíveis) como reforçadores. Uma variante deste procedimento foi aplicada neste mesmo estudo de Lloyd e cols. (1968), com seis dos 50 participantes. Foi denominado *social reinforcement operant conditional audiometry* (SROCA) e difere do anterior somente no uso de reforçadores sociais, ou seja, as conseqüências eram providas pelo comportamento do outro (p.ex. afago, elogios, incentivos, etc.). Os resultados deste estudo indicaram que o controle da resposta pelo tom foi estabelecido em 42 do total de 50 participantes, sendo que com 36 participantes o controle de estímulos foi desenvolvido utilizando comestíveis como reforçadores e com seis usando conseqüências sociais. Entre os 42 que demonstraram controle, com 39 foram obtidos dados que permitiram classificar a audição (normal ou com perda) e também categorizar as perdas, quando existiam (leve, moderada e severa). A partir destes dados, os autores sugeriram que ambos os procedimentos operantes (TROCA e SROCA) são modos de comunicar a tarefa que indivíduos não-verbais devem desempenhar, sem o uso de instrução verbal. Isto é possível porque procedimentos operantes envolvem planejamento de contingências ambientais para reforçamento que garantem aumento de freqüência de uma resposta desejada e o estabelecimento de uma relação de controle (funcional) entre um estímulo (ou propriedades deste) e esta

resposta. Com isso, as reações do indivíduo a estímulos auditivos (sensação) podem ser avaliadas. Em acréscimo, os resultados deste estudo servem como indicadores de que os dados gerados por ambos os procedimentos podem servir de parâmetros para uma avaliação audiométrica. Os autores indicaram, também, que os procedimentos utilizados poderiam ser aplicados a outras populações com limitações na linguagem, entre estas, indivíduos com surdez. O procedimento desenvolveu o que os autores chamaram de um procedimento de audiometria operante. Outros exemplos de seu uso são encontrados na literatura especializada (Aguayo, e Luciano, 1986; Lloyd, e Dahle, 1976; e Lloyd, e Cox, 1975; Primus, 1987; Primus e Thompsom, 1985).

Na literatura sobre implante coclear são encontrados estudos conduzidos com infra-humanos em que foram utilizados procedimentos operantes para determinação de limiar auditivo e posterior comparação com medidas eletrofisiológicas. Em um estudo conduzido por Beitel, Snyder, Schreiner, Raggio e Leake (2000), gatos eram tornados surdos pela injeção de uma substância ototóxica e submetidos a um implante de eletrodos na cóclea. Posteriormente, os gatos eram ensinados a emitir uma resposta que evitava a apresentação de um choque, se fosse apresentada durante a estimulação da cóclea pelo implante (procedimento de esquiva sinalizada). Em seguida, eram comparadas respostas eletrofisiológicas, utilizando a técnica de resposta auditiva do tronco cerebral à estimulação elétrica (BERA), e limiares de detecção do estímulo elétrico, obtidos com o procedimento operante. Os resultados indicaram que os limiares com BERA eram maiores, em intensidade, do que os produzidos pelo procedimento operante. Outro exemplo da utilização de procedimento operante na área de implante coclear encontra-se em Smith, Finley, Vandenhornet, Olszyk, e Konrad (1994). Neste estudo, era ensinada a quatro gatos uma resposta que, se produzida durante a apresentação de um estímulo acústico era seguida por comida. Tendo esta relação como

linha de base, fazia-se variar a intensidade do estímulo auditivo na direção descendente e a ausência de respostas na presença de estimulação servia como indicativo de limiar. Em seguida, foram implantados na cóclea dos gatos arranjos de quatro e oito eletrodos, precedendo-se a medidas de limiar para BERA. De modo geral, os resultados indicaram que para três dos quatro participantes foi obtida concordância e correlação entre valores operantes e BERA. Somente para um gato com arranjo de 8 eletrodos os dados não foram replicados.

O que foi exposto até aqui indica que a aplicação documentada de procedimentos operantes em audiologia ocorre, na maioria das vezes, fora da área de implante coclear, com maior frequência na avaliação de sensação de limiar auditivo produzida por estímulos acústicos. Os poucos estudos sobre implante coclear estão restritos à avaliação de limiar auditivo em animais, não havendo registro de dados desta natureza com humanos e nem para a avaliação de máximo conforto auditivo. Isto demonstra que, embora, procedimentos operantes sejam utilizados com sucesso na avaliação de diferentes sensações, incluindo as auditivas, inexistem dados sobre a eficiência destes procedimentos na avaliação de sensações produzidas pela estimulação elétrica da cóclea com humanos.

A partir da argumentação construída até o momento, pode-se dizer que a psicofísica e a análise do comportamento são duas áreas do conhecimento que podem sustentar a viabilidade metodológica de se medir, de forma direta, a sensação auditiva produzida pelo implante coclear em crianças com surdez pré-lingual. Mas, na medida em que os métodos psicofísicos, quando aplicados a indivíduos com limitações na linguagem, utilizam procedimentos da análise do comportamento para resolver o problema de impossibilidade de uso da instrução verbal, os procedimentos operantes podem ser considerados como tendo maior adequação na solução das limitações verbais de

crianças surdas, pré-linguais e implantadas, em uma avaliação de medidas de limiar a máximo conforto auditivo. Com isso, a tarefa necessária, a seguir, é definir quais procedimentos operantes poderiam ser utilizados.

Como medir sensação auditiva de forma operante

Nesta tarefa, além da literatura já indicada acima, outros dois aspectos foram considerados para definir quais procedimentos operantes utilizar no presente estudo. O primeiro se refere ao contexto clínico no qual este estudo foi realizado. Os centros que realizam implante coclear têm alta rotatividade de pacientes e o processo de reabilitação auditiva após o implante exige que, em retornos periódicos, os pacientes passem por uma rotina de procedimentos diferentes (Bevilacqua, Costa Filho, e Moret, 2003). No que diz respeito à viabilidade da realização do estudo, procedimentos simples poderiam garantir economia de tempo na aplicação e, assim, os dados poderiam ser obtidos sem comprometer a rotina dos pacientes. O segundo aspecto está relacionado às tarefas exigidas dos pacientes em avaliações de limiar e máximo conforto. Analisar estas tarefas de modo operante poderia indicar quais relações entre estímulos elétricos e respostas não-verbais deveriam ser estabelecidas através de reforçamento e serviriam de indicadores das medidas avaliadas. Em acréscimo, foi considerada, também, a intenção de que o presente estudo se constitua em um primeiro passo, na direção do desenvolvimento de uma tecnologia com aplicação prática no contexto clínico de reabilitação auditiva de crianças implantadas pré-linguais, o que requer procedimentos simples, que se mostrem eficientes e viáveis.

Tomando estes aspectos mencionados como critérios para definir os procedimentos que seriam utilizados no presente estudo, a literatura sugere que limiar auditivo pode ser avaliado com eficiência por procedimentos operantes de

discriminação. A versão mais simples deste procedimento envolve a discriminação entre presença e ausência de estímulo, com a resposta produzida em um *operandum*¹. Uma descrição da avaliação clínica do limiar auditivo indica que a criança implantada pré-lingual necessita apresentar uma ação quando a estimulação elétrica produzir sensação auditiva e deixar de exibir esta mesma ação quando a estimulação deixar de ser percebida. Do ponto de vista de uma análise operante, esta condição envolve um operante discriminado (Catania, 1999; Herrick, Myers, e Korotkin, 1959; Skinner, 1933, 1953). Este operante caracteriza-se pela apresentação de uma ação (verbal ou não-verbal) específica, diante de um estímulo ou evento ambiental também específico, que se constitui na ocasião em que a ação produz um evento reforçador como consequência. O processo que torna um operante discriminado consiste na emissão de uma ação que produz um evento reforçador somente quando, antecedendo a ação, esteja presente um mesmo evento ambiental; na ausência deste evento, emitir a ação não produz a consequência. No caso de testes clínicos para determinar o limiar auditivo, feito com indivíduos implantados pós-linguais, a possibilidade de comunicação entre o clínico e o indivíduo pode garantir que um operante discriminado seja estabelecido por meio de instrução, sem a necessidade exposição às contingências que geram o processo de discriminação (isto é, a instrução pode levar diretamente ao comportamento final, sem a etapa de aprendizagem). Por exemplo: a partir da instrução do clínico: “levante o braço somente quando você ouvir” o indivíduo pode levantar o braço sempre que o estímulo elétrico produzir sensação auditiva e não levantar na ausência da sensação. No caso de indivíduos pré-linguais, principalmente crianças, a comunicação com o clínico se mostra prejudicada e, conseqüentemente, dificulta o desenvolvimento do operante discriminado pela instrução. Contudo, teoricamente poderia ser estabelecido um

¹ A palavra significa operador e se refere ao que se utiliza nos experimentos para que a resposta seja produzida. Por exemplo, um botão em um aparato com o qual o participante interage.

operante discriminado sem o uso de instrução, utilizando um procedimento de discriminação simples, em que a presença da sensação auditiva, produzida pelo estímulo elétrico, passaria a controlar a apresentação, por parte do indivíduo implantado, de uma ação não-verbal, podendo, em seguida, a partir de variações na intensidade deste estímulo, ser avaliado o limiar auditivo.

Com relação ao máximo conforto, a literatura carece de estudos que sirvam de indicadores de um procedimento operante que seja simples e eficiente para realizar esta avaliação. Por isso, somente a análise da tarefa poderia fornecer informações úteis para definir um procedimento. Na avaliação clínica, os estímulos elétricos são aplicados em uma escala crescente de intensidade e o indivíduo implantado, tanto pré-lingual quanto pós-lingual, necessita, além de identificar uma sensação auditiva, avaliar se ela causa ou não desconforto e transmitir esta avaliação ao clínico. Com indivíduos pós-linguais, a tarefa é solicitada com o uso de instrução oral. No caso de crianças pré-linguais, devido à falta de um canal eficiente de comunicação, é freqüente o uso de escalas formadas por desenhos (por exemplo, de rostos, com expressões faciais que variam de serenas a dolorosas) que são contrastadas com o estímulo aplicado, cabendo à criança relacionar a intensidade da estimulação com uma das expressões faciais. Uma limitação na eficiência deste tipo de procedimento pode estar na necessidade da criança ter desenvolvido em seu repertório a capacidade de relacionar, de forma eficiente, um evento como símbolo de sensações auditivas, geradas pela estimulação elétrica da cóclea, ou seja, é preciso identificar se foi aprendida a habilidade de estabelecer significado para a sensação auditiva. De acordo com Cooper (1993), em ambos os casos (com pré e pós-linguais), invariavelmente o paciente passa por um nível de desconforto antes de ser capaz de indicar o que é confortável.

Em uma perspectiva operante, a tarefa na avaliação do máximo conforto envolve dois tipos de respostas que necessitam ser emitidas sob controle da intensidade do estímulo elétrico: uma quando a intensidade se mostrar confortável e, outra, no caso de desconforto. Portanto, duas respostas necessitam ser estabelecidas através do reforço operante, sendo que uma destas deve envolver estimulação aversiva. Os indivíduos geralmente fogem de condições aversivas presentes ou se esquivam de condições potencialmente aversivas (comportamentos de *fuga* e *esquiva*, respectivamente) e procedimentos de *fuga* e de *esquiva* são procedimentos operantes que instalam estes padrões de ação diante de eventos aversivos, que são estabelecidos e mantidos por reforçamento (Catania, 1999; Sidman, 1966). Até o momento, este texto enfatizou que o efeito de aumento na probabilidade de que a ação volte a ocorrer se deve à produção de uma consequência pela resposta. O termo técnico que define este tipo de relação é o reforçamento positivo, no qual o positivo indica que a consequência foi produzida pela resposta. No caso de fuga e esquiva, o reforçamento é de outra natureza, pois o aumento na probabilidade da resposta ocorre porque esta resposta elimina ou evita o estímulo aversivo. Nestas duas condições, o termo técnico utilizado é reforçamento negativo. O uso da palavra negativo enfatiza que a resposta interrompe ou impede que ocorra um estímulo aversivo. A partir desta análise, um procedimento operante com a finalidade de avaliar máximo conforto auditivo, com crianças implantadas pré-linguais, poderia tentar desenvolver duas relações: uma entre resposta não-verbal e intensidade confortável de estimulação elétrica, estabelecida e mantida por reforço positivo; e outra entre uma resposta não-verbal, diferente da anterior, e intensidade desconfortável de estimulação elétrica, estabelecida e mantida por reforço negativo. Desenvolvidas estas duas relações de forma consistente, a aplicação de uma escala ascendente de variação na intensidade

do estímulo elétrico poderia indicar o ponto onde se inicia o desconforto auditivo e, conseqüentemente, um valor de máximo conforto.

Considerando a possível viabilidade desses dois tipos de procedimentos operantes na indicação de valores de limiar e máximo conforto auditivo, parece importante verificar se os procedimentos funcionam para as finalidades necessárias e, em caso positivo, qual a relação entre os resultados comportamentais e medidas de respostas eletrofisiológicas e, também, medidas obtidas por procedimentos clínicos. Esta verificação poderia acrescentar outros parâmetros na avaliação da utilidade de procedimentos operantes na mensuração de sensação auditiva com crianças implantadas pré-linguais.

OBJETIVOS

Estas elaborações teóricas, sobre as possibilidades de procedimentos operantes serem utilizados na obtenção de medidas de limiar auditivo e máximo conforto, podem mostrar algum valor científico somente se forem sustentadas por dados. Para isso, foi realizado o presente estudo, que teve como objetivo geral avaliar se procedimentos operantes seriam capazes de gerar padrões de comportamento que pudessem corresponder à sensação auditiva produzida por variações na intensidade da estimulação elétrica em crianças surdas pré-linguais submetidas a implante coclear. Este estudo teve ainda como objetivos específicos: a) avaliar se indicativos de medida de limiar auditivo seriam produzidos com o uso de um procedimento de discriminação operante; e b) se medidas de máximo conforto auditivo poderiam ser geradas por um procedimento que envolvesse reforçamento positivo e negativo. Para isso foram realizados dois experimentos. Adicionalmente, foram tomadas medidas eletrofisiológicas de ECAP e ESR e obtidos os registros de valores de limiares auditivos obtidos no retorno mais

recente dos participantes ao Centro de Pesquisas Audiológicas para uma análise comparativa com os resultados obtidos por meio de procedimentos operantes.

EXPERIMENTO 1

MÉTODO

Participantes

Foram selecionadas como participantes deste estudo sete crianças com idade entre 5 e 7 anos, com surdez neurossensorial profunda e pré-lingual, submetidas a implante coclear. Todas receberam o implante e realizam trabalho de reabilitação auditiva no Centro de Pesquisas Audiológicas (CPA) do Hospital de Reabilitação de Anomalias Crânio-faciais (HRAC) que é integrado à Universidade de São Paulo (USP). Além da idade, outro critério para seleção dos participantes foi a utilização do implante tipo “*Núcleos 24*®”. O recrutamento foi feito mediante indicação dos profissionais CPA que trabalham na reabilitação de indivíduos implantados. Os pais ou responsáveis foram consultados e deram anuência para a participação das crianças no estudo. Os Dados relevantes para a caracterização dos participantes mostrados na Tabela 1 são: o sexo, a idade, a etiologia da surdez, o tempo de uso implante coclear, o período de privação sensorial. Em acréscimo, posterior comparação com os resultados obtidos com procedimentos operantes, são mostrados na referida tabela medidas de ECAP e ESR, avaliadas somente com os participantes que realizaram o Experimento 2; e valores de limiar auditivo obtidos no último mapeamento que precedeu a aplicação dos procedimentos operantes para todos os participantes.

Na Tabela 1 se observa que quatro participantes eram do sexo feminino e três do sexo masculino; as idades variaram de cinco anos e seis meses a sete anos e seis meses. A etiologia da surdez foi identificada como meningite em um caso e como idiopática,

Tabela 1
Dados relevantes para caracterização dos participantes

Participantes	Sexo	Idade	Etiologia da surdez	Tempo de implante	Privação sensorial	Medida de ESR (mA)	Medida de ECAP (mA)	Medida de limiar no mapa (mA)
ANC	F	6a 7m	Idiopática	11m	5a 8m	223	172	143*
GBR	M	6a 11m	idiopática	2a 3m	4a 8m	212	185	140
GST	M	6a 7m	idiopática	1a 10m	4a 9m	**	**	155
JLA	F	4a 9m	Meningete	2a 4m	2a 5m	**	**	180
TMR	F	6a 2m	idiopática	2a 4m	3a 10	228	197	182
VNC	M	7a 6m	idiopática	1a 1m	6a 5m	198	178	143
VVN	F	5a 6m	idiopática	1a 10m	3a 8m	220	200	173

* Medidas obtidas no último mapeamento realizado antes da aplicação dos procedimentos.

** Participante não realizou o Experimento 2, por isso, medidas de ESR e ECAP não foram apresentadas.

isto é, causa não identificada para o restante dos participantes. A Tabela 1 mostra ainda que entre os participantes o tempo de uso do implante variou de 11 meses a dois anos e quatro meses e o período de privação sensorial ficou entre dois anos e cinco meses e seis anos e cinco meses.

Situação e equipamentos

O experimento foi realizado no CPA, em uma sala destinada a sessões de mapeamento e balanceamento de eletrodos dos implantes. Dois tipos de implante coclear são regulados nesta sala, que é dividida no centro por armários. O espaço onde era feito o experimento tinha aproximadamente 4,0 x 2,0 metros de área e durante a execução do experimento o outro espaço da sala podia estar, ocasionalmente, sendo ocupado, simultaneamente, por outro profissional e seu paciente. Por procederem de diferentes locais do país, os participantes permaneciam, no máximo, três dias no CPA, tendo uma rotina de atendimentos previamente agendados com diferentes profissionais. Por isso, as sessões experimentais eram realizadas nos intervalos desta rotina e tinham durações variadas, chegando a 40 minutos no máximo. Quando era possível realizar mais do que uma sessão por horário disponível, considerando a motivação e sinais de cansaço dos participantes, era feito um intervalo de 10 a 15 minutos entre uma sessão e outra.

Neste experimento a estimulação foi aplicada utilizando-se com todos os participantes somente o eletrodo 15, localizado na região medial da cóclea. O uso desta região da cóclea se justifica por minimizar possíveis dificuldades dos participantes com frequências graves e agudas. Foi aplicada a estratégia ACE e o modo de estimulação MP1 + 2, com velocidade de estimulação de 1200 Hz e intervalo entre estímulos de 500 ms. Dois microcomputadores do tipo PC foram utilizados. Um de 233 Mhz e 32 MB de

RAM, com monitor SVGA (14") colorido, foi equipado com o *software* AOLCAI® (da Silva, Souza, Bevilacqua e Savian, 2004) criado especificamente para gerenciamento dos procedimentos experimentais e registro dos dados comportamentais. Outro de 166 Mhz com 16Mb de RAM, com monitor SVGA (14") colorido, era responsável por controlar a estimulação elétrica e produzir medidas de ECAP, através do *softwares* Nucleus R126 2.1 e NRT 3.1, ambos concebidos e fornecidos pela Cochlear Corporation®. A este último computador estava conectada uma interface PPS (Cochlear Corporation®) e os *softwares* instalados neste mesmo PC eram operado por uma fonoaudióloga, com experiência em mapeamento e balanceamento de eletrodos do implante coclear.

Medidas de limiar do mapa

Como parte do delineamento deste estudo, para posterior comparação com medidas operantes de limiar auditivo foram registrados valores de limiar auditivo, obtidos no último retorno dos participantes ao CPA para realizarem as rotinas de regulagem do implantes. Em média o tempo entre a última avaliação clínica e a obtenção da medida operante de limiar foi de 3 meses. As avaliações de limiar foram feitas utilizando métodos normalmente utilizados em centros de pesquisa e reabilitação de implantados e os valores obtidos estão colocados na Tabela 1.

Procedimento geral

Com o objetivo de avaliar se medidas de limiar auditivo eram produzidas a partir de uma discriminação operante, sem o uso de habilidades orais, foi utilizado um procedimento de discriminação simples sucessiva entre presença (S+) e ausência (S-)²

² Respostas em S+ (presença da estimulação) eram consequenciadas com a apresentação de desenho animado por um certo período de tempo; respostas em S- (ausência de estimulação) produziam tela preta

de estimulação auditiva. A Figura 3 apresenta um diagrama com as duas condições experimentais envolvidas (presença ou ausência de estimulação).

Ambas as situações de estímulo eram iniciadas com a exibição de uma tela padrão, em que o monitor ficava dividido em duas partes, uma tomando a porção superior e central exibida em cinza e outra na porção inferior em preto. Sobre esta última, no centro, era exibido um quadrado em verde (4,0 x 4,0 cm). Como mostra o diagrama da Figura 3, na presença de estimulação auditiva (S+), a tela padrão era exibida durante 10 segundos. Sob esta condição de estímulo duas contingências poderiam ocorrer: uma com resposta e outra sem resposta ao quadrado verde durante a exibição do estímulo. Pressões sobre o quadrado verde, com o uso do *mouse*, durante o intervalo, interrompiam a estimulação auditiva e produziam a exibição de um desenho animado na parte cinza da tela, por 15 segundos, enquanto o quadrado verde deixava de ser exibido; finalizado o desenho, era exibida por dois segundos a tela de intervalo, em cinza e preto, sem o quadrado verde, após os quais, este voltava a ficar disponível. Não havendo pressão sobre o quadrado verde durante a exibição da tela padrão e estimulação da cóclea, ao final dos 10 segundos era exibida a tela de intervalo por dois segundos. Os períodos de presença de estimulação auditiva alternavam-se semi-aleatoriamente com períodos sem estimulação. Na ausência de estimulação auditiva (S-), como mostra a Figura 3, a tela padrão era apresentada por 10 segundos e nessa condição também havia duas contingências possíveis: a ocorrência ou não de respostas ao quadrado verde diante da ausência de estimulação. Quando respostas ocorriam dentro do intervalo sem estímulo, estas eram seguidas pela tela de intervalo por dois segundos. Não ocorrendo pressões dentro do intervalo, ao final dos 10 segundos também era exibida a tela de intervalo por dois segundos.

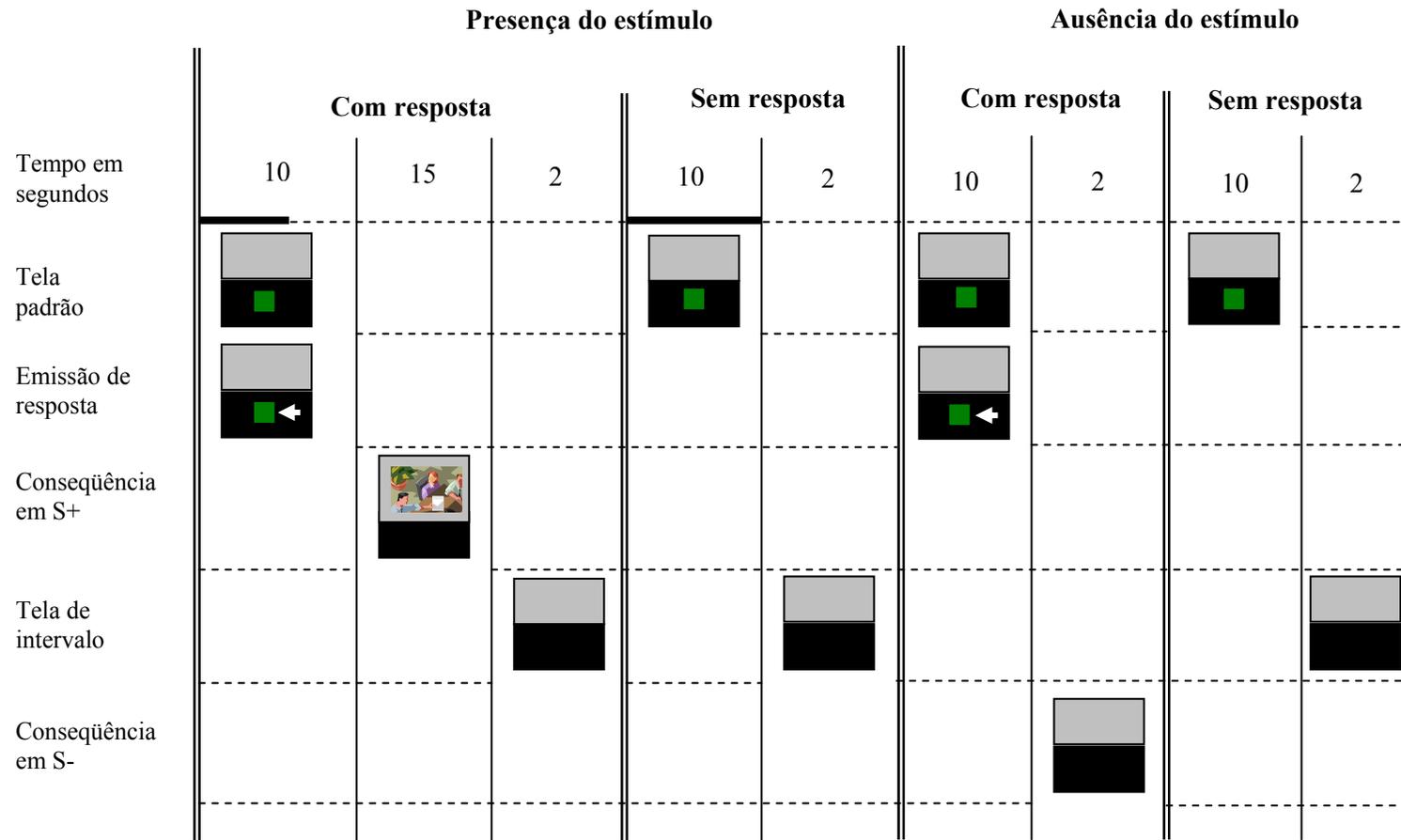


Figura 3 - Diagrama das condições experimentais empregadas no procedimento. No intervalo com presença de estímulo (S^+), que se iniciava com a tela padrão e estimulação elétrica com intensidade constante, respostas dos participantes eram seguidas pela apresentação de desenho animado (conseqüência para respostas ao S^+) por 15 s, terminados os quais a tela de intervalo era apresentada por 2 s. Transcorrido o intervalo, a tela padrão era reapresentada. Se o período de S^+ terminasse sem respostas (depois de 10 s), era apresentada a tela de intervalo. Durante o intervalo sem estímulo (S^-), na presença da tela padrão, respostas dos participantes produziam a tela de intervalo por 2 s, o que também ocorria se não houvesse resposta após 10 s. Ao final da tela de intervalo era apresentada novamente a tela padrão.

O delineamento deste experimento previu a utilização deste mesmo procedimento em uma fase de ensino da discriminação e em outra fase de teste, quando se utilizou o que foi ensinado para avaliar limiar auditivo. Durante toda a fase de ensino os processadores de fala dos participantes permaneciam ativos, o que permitia o uso de estímulos gerados pelo *software* que controlou o procedimento, que eram liberados nas caixas acústicas do microcomputador. Com isso, a estimulação auditiva de origem acústica ativava os processadores de fala de cada participante que, por sua vez, transformavam este estímulo em elétrico possibilitando, assim, que a cóclea fosse estimulada utilizando o conjunto de eletrodos implantados. A intensidade do estímulo acústico durante a execução do procedimento de ensino foi mantida em 77 dB, que era suficiente para gerar percepção auditiva através do implante coclear; portanto nesta fase inicial o mesmo computador gerava o estímulo auditivo e controlava procedimento.

Na fase de teste o processador de fala do participante era conectado, através de uma interface, ao outro computador operado por uma fonoaudióloga, enquanto o procedimento operante permanecia sendo gerenciado pelo mesmo computador utilizado na fase de ensino. Portanto, nesta fase eram necessários dois computadores e o auxílio da fonoaudióloga para aplicação do procedimento de discriminação. Com isso, o participante deixava de ter acesso aos sons do ambiente e a estimulação auditiva passava a ser gerada pelo *software* que era normalmente utilizado no mapeamento de eletrodos e permitia a geração de estímulos elétricos sem a necessidade de uma estimulação acústica, além de possibilitar que a fonoaudióloga definisse previamente frequência e intensidade do estímulo e os eletrodos que seriam utilizados. Tais possibilidades permitiram, como colocado antes (ver seção de situação e equipamentos), utilizar somente o eletrodo 15 na fase de testes. Ainda em relação à fase de testes, utilizou-se, para avaliar as medidas de limiar, o procedimento utilizado no CPA, que

ligeiramente diferente do método psicofísico das escalas. Abaixo, se encontra uma caracterização desta forma de serem obtidas as medidas quando é descrito o procedimento na sua fase de teste.

Ensino da discriminação entre presença e ausência de estimulação elétrica

Nesta fase do procedimento, o objetivo foi ensinar o participante a pressionar o quadrado verde, produzindo como consequência à exibição do desenho animado, somente quando antecedendo a resposta ocorresse uma estimulação auditiva. Na ausência do estímulo auditivo, respostas ao quadrado verde não deveriam ser emitidas.

Pré-treino (ensinando a tarefa)

Com a finalidade de ensinar o participante a pressionar o quadrado verde com o uso do *mouse* e, também, que havia relação de consequência entre o pressionar e a exibição do desenho animado, o experimento era iniciado com uma fonoaudióloga apresentando o modelo de como executar a tarefa. Para isso, a estimulação sonora era produzida pelo alto-falante do computador (estímulo acústico) que controlava o procedimento. O estímulo tinha duração de um segundo e podia ser apresentado por até 10 vezes consecutivas, portanto, a estimulação acústica poderia durar até 10 segundos. Como colocado acima, a intensidade de cada um dos estímulos era de 77dB, mas uma descrição do som produzido utilizando palavras pode ser imprecisa, por isso, opta-se aqui por indicar que se tratava de um som que podia ser detectado com o uso do implante enquanto o participante permanecia com o processador de fala ativo.

Continuando a descrição do pré-treino, por cinco vezes consecutivas a fonoaudióloga pressionava o quadrado verde somente na presença de som (estímulo antecedente positivo), produzindo, assim, o desenho animado como consequência. A intensidade deste som era suficiente para detecção pelo participante, e era verificada

pela fonoaudióloga, perguntando ao participante se estava percebendo o som, enquanto ela oferecia o modelo. Na seqüência, o participante deveria realizar a tarefa, também por cinco vezes, sem auxílio da fonoaudióloga. Caso isto não ocorresse de forma imediata, a profissional conduzia a mão da criança até o *mouse*, mantinha sua mão sobre a da criança, fazendo com que o botão esquerdo do *mouse* fosse pressionado no momento correto. Isto era feito por até cinco vezes consecutivas, quando, então, esta instigação física era retirada gradualmente: primeiro com a profissional segurando somente a mão, não mais apertando o botão do *mouse* junto com a criança; em seguida, segurando somente o punho, depois o ante-braço e, finalmente, retirando totalmente a ajuda.

Ensino da discriminação

Garantida a aprendizagem da tarefa, tinha início o ensino da discriminação entre presença e ausência de estimulação elétrica. Nesta fase o processador de fala do participante permanecia ligado e era mantido o estímulo acústico com a mesma intensidade utilizada no pré-treino. O ensino da discriminação era iniciado com um bloco de 10 tentativas, todas com apresentação do estímulo acústico (S+). Cada tentativa deste bloco era iniciada com a exibição da tela padrão (ver Figura 3) e apresentação do estímulo acústico, por no máximo 10 segundos. Pressões sobre o quadrado verde, dentro deste intervalo, eram seguidas pela interrupção do estímulo e exibição do desenho por 15 segundos. A tentativa era finalizada após dois segundos de tela de intervalo, que seguia a apresentação do desenho. Após as 10 tentativas iniciais com S+ eram conduzidos blocos de 50 tentativas, sendo 25 com presença de estímulo acústico (S+) e 25 na ausência deste estímulo (S-), numa ordem semi-aleatória, com no máximo três tentativas seguidas do mesmo tipo. Cada tentativa era iniciada com a exibição da tela padrão e apresentação ou não da estimulação acústica, dependendo da

ordem de cada bloco; respostas sobre o quadrado verde eram seguidas pela exibição do desenho e posterior exibição da tela de intervalo quando havia estimulação ou somente apresentação da tela de intervalo, na ausência de estímulo; após os dois segundos de intervalo a tentativa era encerrada (ver diagrama Figura 3).

A avaliação da intensidade de corrente elétrica que poderia ser definida como limiar auditivo, nos testes, dependia de o participante ter aprendido a pressionar o quadrado verde na presença de sensação auditiva, produzida a partir do estímulo acústico, e deixar de emitir esta resposta na ausência desta sensação. Para que isso ocorresse, o treino deveria ser capaz de estabelecer de forma consistente duas relações como uma linha de base sobre a qual seriam realizados os testes para avaliar o limiar auditivo: uma entre presença de estimulação (S+) e emissão da resposta de pressionar o quadrado verde e outra entre a ausência de estímulo (S-) e deixar de emitir essa resposta. Para garantir aprendizagem nestas condições de estímulo (S+ e S-), foram definidos dois critérios de aprendizagem para a fase de treino, que deveriam ser exibidos nos últimos quatro minutos de um bloco de 50 tentativas: um exigia um desempenho entre 90% e 100% de pressões ao quadrado verde na presença do estímulo; e outro estabelecia necessidade de manutenção em zero de respostas na ausência de estimulação.

Avaliação do limiar absoluto

Para avaliar o limiar auditivo era mantido o mesmo procedimento utilizado na fase de ensino, e o processador de fala era conectado à interface PPS que, por sua vez, estava ligada ao outro computador. Com isso, na fase de teste, a estimulação auditiva passava a ser produzida pela fonoaudióloga com o uso do *software* utilizado na regulagem de implantes cocleares e o estímulo acústico continuava a ser produzido pelo

software e no computador que controlava o procedimento operante, mas tendo como função apenas sinalizar à fonoaudióloga o momento que o estímulo auditivo deveria ser produzido. Assim como o estímulo acústico cada pulso elétrico tinha duração de um segundo e eram programados até 10 pulsos consecutivos, portanto, ambos os estímulos poderiam durar até 10 segundos.

Em blocos de 10 tentativas, sendo cinco com estímulo e cinco sem estímulo, apresentadas em ordem semi-aleatória, eram avaliadas diferentes intensidades de corrente elétrica em ordem descendente. Em cada bloco a intensidade da estimulação era mantida constante durante cinco tentativas com estímulo. Ao final de cada bloco o experimento era interrompido por no máximo dois minutos, tempo utilizado pela fonoaudióloga e o experimentador para programar a intensidade seguinte a ser avaliada. A quantidade da redução e os parâmetros para definir os valores de intensidade testados foram definidos em consultas aos profissionais que realizavam mapeamento de eletrodos. As orientações dadas permitiram estabelecer a área dinâmica (diferença entre limiar e máximo conforto auditivo) obtida no mapeamento de cada participante como parâmetro básico e definir a seguinte ordem descendente de teste: primeiro era testado um valor correspondente ao ponto médio entre a medida de limiar e máximo conforto auditivo, como forma de avaliar a linha de base ensinada no treino, agora com o estímulo elétrico sendo gerado no computador utilizado na regulagem dos implantes; em seguida, era testado um valor equivalente ao ponto médio entre a primeira intensidade testada e o limiar auditivo obtido no mapeamento; e desta intensidade em diante a redução era feita de cinco em cinco miliamperes até que se encontrasse uma medida de limiar. Para alguns participantes a redução se deu de dez em dez miliamperes devido à reduzida disponibilidade de tempo destes participantes para realizar o estudo.

Os procedimentos clínicos de mapeamento de eletrodos definem limiar auditivo para implantados como o último nível de intensidade de corrente elétrica que produz 100% de respostas, em uma seqüência de estimulação. Neste experimento foi utilizado este critério para indicar a medida de limiar auditivo para cada participante. Isto implicou na necessidade de manter a redução da intensidade de corrente elétrica até que o desempenho indicasse a deterioração na discriminação ensinada na fase de treino. Como indicativos de deterioração foram considerados como padrões de respostas possíveis em um mesmo nível de intensidade: 1) respostas na ausência de estimulação mantidas em zero e porcentagem de respostas na presença do estímulo com valores entre 50% e 60%; 2) respostas na presença de estímulo com escore entre 80% e 100% e porcentagem de respostas na ausência acima de 40%; 3) porcentagem de respostas tanto na presença quanto na ausência com valores entre 60% e 40%. Quando na seqüência descendente um nível de intensidade testado produzia um destes desempenhos indicadores de deterioração da discriminação, o procedimento previa um novo teste com a intensidade imediatamente anterior a esta última, se o resultado indicasse o retorno da discriminação o procedimento era encerrado, caso contrário, o procedimento era interrompido para avaliação dos dados e, posterior tomada de decisão.

RESULTADOS

A Figura 4 apresenta resultados na fase de ensino da discriminação (à esquerda) e na fase de teste do limiar auditivo (à direita). Para representar o desempenho na fase de ensino, os gráficos mostram as relações entre o numero de respostas acumuladas e o tempo em minutos para respostas na presença (quadrado cheio) e ausência (triangulo vazio) de estímulo auditivo. Como medidas dos resultados na fase de testes do limiar auditivo para o estímulo elétrico, os gráficos exibem relações entre a porcentagem de

intervalos com respostas na presença (quadrado cheio) e ausência (triângulo vazio) de estímulo e a seqüência descendente de intensidades testadas.

Na fase de ensino, após serem expostos ao pré-treino (ver seção de procedimento), todos os participantes demonstraram aprendizagem da discriminação, sendo necessário somente um bloco de tentativas para atingirem o critério de aprendizagem (últimos quatro minutos de sessão com 100% de discriminação). Para cinco participantes (VVN, GBR, TMR, GST, JLA), ambas as curvas de respostas acumuladas (presença e ausência de estímulo) por minuto iniciam o bloco com tendência de inclinação positiva e permanecem assim até, no mínimo, o minuto quatro e, no máximo, o minuto sete; é dentro deste período que começa a haver diferenciação, com a curva que representa respostas acumuladas na ausência de estímulo passando a ser achatada e mantendo-se assim, e a curva de respostas na presença de estímulo mantendo aceleração positiva até o final. Os desempenhos de ANC e VNC mostram diferenciação nas curvas desde o início até o final do bloco, com VNC apresentando uma ligeira inclinação positiva na curva de respostas acumuladas na ausência de estímulo no minuto oito, que volta se mostrar achatada a partir do minuto seguinte. Estes dados indicam que para cinco participantes o pré-treino e até sete minutos, no máximo, de procedimento de ensino eram suficientes para o início da discriminação entre presença e ausência de estímulo auditivo; e para dois, apenas com o pré-treino houve início da discriminação.

Tendo a discriminação simples como uma linha de base, foram realizados os testes para avaliar o limiar auditivo. No tratamento destes dados foram considerados os desempenhos dos participantes nas duas condições de estímulo (S+ e S-) separadamente, em cada nível de intensidade avaliado. Por isso, a Figura 4 (à direita) mostra a porcentagem de tentativas com respostas na presença e na ausência de

estimulação. Isto significa que, dentro dos testes (ver descrição de procedimento) era possível um total de cinco respostas na presença do estímulo (tentativas com S+) e cinco respostas na ausência deste estímulo (tentativas com S-), e foram consideradas para análise as porcentagens de respostas variando de zero a 100% nestas tentativas. Esta opção de análise se justifica por possibilitar indicar o total de respostas quando há unicamente estimulação elétrica em comparação com esta totalidade diante apenas da ausência de estimulação. A partir desta forma de análise dos dados, os resultados mostram que para todos os participantes foi possível verificar uma intensidade que produziu deterioração na discriminação ensinada. Abaixo segue uma descrição dos resultados obtidos com cada participante.

Com o participante VVN, os resultados mostrados na Figura 4 indicam que foram avaliados nove níveis de intensidades de corrente elétrica em uma sessão. Entre 190 e 170 mA o desempenho manteve-se com ocorrência de 100% de tentativas com resposta em S+ e zero nas tentativas em S-. Nas intensidades de 165 e 160 mA, ocorreu uma ligeira elevação para 20% de tentativas com resposta em S-, o que corresponde a apenas uma resposta em cinco intervalos sem estímulo. Na intensidade de 155 mA as ocorrências tentativas com resposta em S+ ficaram próximas a 55% e nas tentativas em S- atingiram 40%, o que sugere a deterioração da discriminação que vinha sendo apresentada. De acordo com o que previa o delineamento do teste (ver seção de procedimento), na seqüência foi avaliada novamente a intensidade de 160 mA; com resultado que mostra 100% tentativas com resposta em S+ e zero nas tentativas em S-.

Com o participante ANC, a discriminação se mostra intacta ao longo de 10 níveis intensidades de corrente elétrica avaliados, entre 188 a 140 mA, pois em todas as intensidades houve 100% tentativas com resposta em S+ e entre zero e 40% nas tentativas em S-. Somente em 135 mA é que se verifica a deterioração na discriminação,

com redução para 60% de tentativas com resposta em S+ e exibição de 20% de tentativas com resposta em S-. E seguida, no retorno a 140 mA, a discriminação volta a ser exibida com 100% de tentativas com resposta em S+ e zero nas tentativas em S-.

VNC realizou uma seqüência de teste com cinco níveis de intensidades, e o desempenho mostra manutenção da discriminação de 170 a 150 mA, com 100% de tentativas com resposta em S+ e zero nas tentativas em S-. Em 145 mA, embora as tentativas com resposta em S- a tenha se mantido em zero, houve uma queda na porcentagem de tentativas com resposta em S+ para 60%, sugerindo perda de discriminação. Na segunda avaliação de 150 mA, mesmo com a ligeira elevação na porcentagem tentativas com resposta em S- para 20% pode-se considerar a discriminação como recuperada a partir do retorno da porcentagem de tentativas com resposta em S+ para 100%.

Com GBR foram testados seis níveis de intensidades, entre 175 e 147 mA. O desempenho mostra escores entre 80% e 100% de tentativas com resposta em S+ e de zero a 20% nas tentativas com resposta em S-, o que indica manutenção da discriminação; em 142 a porcentagem de tentativas com resposta em S+ foi reduzida para 60% e a porcentagem de tentativas com resposta em S- chegou a 40%, mostrando a deterioração na discriminação; e no retorno a 147mA o desempenho replica o resultado da primeira avaliação desta intensidade.

JLA, ao longo de uma seqüência de oito níveis intensidades, mostra que de 196 a 181 mA a discriminação é mantida com 100% de tentativas com resposta em S+ e em zero nas tentativas com resposta em S-. Em 176 mA ocorre ausência total de respostas em ambos os tipos de tentativas, o que poderia indicar que a discriminação foi perdida, mas no segundo teste de 181 mA o desempenho ainda mostra sinais de deterioração, com 60% de tentativas com resposta em S+ e 20% em tentativas com resposta em S-.

Com isso, a opção na seqüência foi testar novamente a intensidade imediatamente anterior a 181, que era 186; o resultado mostra que houve uma melhora na discriminação com 100% de tentativas com resposta em S+ e, embora tenha ocorrido um aumento na porcentagem tentativas com resposta em S- para 40%, esse desempenho foi considerado como indicativo de uma discriminação consistente. Na seqüência foi testada novamente a intensidade de 181 mA e o desempenho sugere nova deterioração na discriminação, com 20% de tentativas com resposta em S+ e zero nas tentativas em S-.

Com GST foram avaliados seis níveis de intensidades. Entre 180 e 157 mA houve manutenção da discriminação, com a porcentagem de tentativas com resposta em S+ se mantendo em 100%, enquanto que nas tentativas com resposta em S- houve uma variação entre zero a 20%. Em 152 mA não ocorreram tentativas com resposta em S+ e houve 20% de tentativas com resposta em S-, o que mostra a deterioração da discriminação nesta intensidade. Na segunda avaliação em 157 mA o resultado mostra recuperação da discriminação com 100% de tentativas com resposta em S+ e 20% de tentativas com resposta em S-.

Como se observa na Figura 4, TMR realizou uma seqüência de teste, com uma redução na intensidade de 10 em 10 miliamperes, diferindo dos demais participantes. Isto ocorreu devido a menor disponibilidade de tempo desta participante para realizar o experimento. Seis níveis de intensidades foram testados com TMR. De 197 a 177 mA, a discriminação se manteve inalterada, com 100% de tentativas com resposta em S+ e entre zero e 20% nas tentativas com resposta em S-; em 167 mA a porcentagem de tentativas com resposta em S+ teve uma ligeira queda para 80%, mas a porcentagem de respostas nas tentativas com resposta em S- apresentou elevação acentuada, chegando a 60%, o que indica perda de discriminação. Devido à redução na intensidade ter sido

feita com um valor maior do que o previsto no delineamento do teste, a elevação da intensidade após a queda na discriminação foi feita com 5 mA, sendo testada, então a intensidade de 172 mA. O desempenho neste teste indica o retorno da discriminação, com 100% de tentativas com resposta em S+ e zero nas tentativas em S-. Com a finalidade de garantir a consistência na medida de limiar, a intensidade de 167 mA foi testada novamente e o resultado confirma a deterioração na discriminação, pois, mesmo com 100% de tentativas com resposta em S+, a porcentagem de tentativas com resposta S- ficou acima de 50%.

EXPERIMENTO 2

MÉTODO

Participantes, situação e equipamentos.

Cinco das sete crianças com surdez neurosensorial profunda e pré-lingual, submetidas a implante coclear, selecionadas para o presente estudo, que completaram o Experimento 1, também realizaram o Experimento 2. Neste experimento, estavam presentes as mesmas condições de coleta de dados e os equipamentos empregados no Experimento 1.

Medidas de potencial evocado eletricamente (ECAP) e reflexo estapediano (ESR)

O delineamento do estudo previu a avaliação de medidas de ESR e ECAP na mesma data em que foram realizadas sessões experimentais, para comparação com os valores de máximo conforto sugeridos pelo procedimento operante. Ambas as medidas foram obtidas com os participantes sentados em uma cadeira, tendo a sua frente uma mesa que podia conter jogos, brinquedos ou lápis para colorir e papel. O processador de fala, também em ambas as avaliações, era conectado a interface PPS, que se encontrava ligada ao PC que continha os *softwares* Nucleus R126 2.1® e NRT3.1®. O participante permanecia brincando, jogando ou colorindo, enquanto, utilizando NRT, uma audiologista manipulava os softwares e obtinha as medidas de ECAP. A Tabela 2 mostra os parâmetros utilizados na avaliação do limiar de NRT, para cada participante. Com a medida de ESR a mesma audiologista manipulava os softwares para produzir o estímulo elétrico e o Impedance Audiometer AZ7 (Inter Acoustic®) para registrar o limiar do reflexo estapediano. Os valores obtidos para ambas as medidas estão na Tabela 1.

Procedimento geral

O objetivo deste procedimento foi avaliar a possibilidade de se obter medidas de máximo conforto auditivo de forma operante, sem a necessidade de habilidades orais dos participantes. Para isso, os participantes foram expostos a uma condição experimental que, inicialmente, previa estabelecer dois operantes: no primeiro, a ausência de resposta sobre um quadrado vermelho disponível na tela do computador, durante um período de estimulação elétrica em um nível de intensidade x , era seguida de um período de exibição de desenho animado na tela do computador (reforço positivo), caracterizando o reforçamento contínuo de omissões de resposta; no segundo, a resposta ao quadrado vermelho na tela, durante a estimulação elétrica mantida no nível de intensidade x produzia a redução deste nível e nova omissão de resposta sob estimulação reduzida era novamente seguida de reforçamento pelo desenho animado. A partir do ensino da resposta ao quadrado vermelho e da ausência de resposta como uma linha de base, podia-se variar a intensidade do estímulo apresentado na direção ascendente, nesta condição experimental, e a ausência ou presença de respostas poderiam servir como indicadores de conforto ou desconforto para cada nível de intensidade utilizado, permitindo, assim, identificar, ao longo da seqüência ascendente, o ponto de máximo conforto auditivo.

A aplicação do procedimento envolveu o uso do mesmo *software* utilizado no Experimento 1; por isso, foram mantidas a tela de intervalo, a exibição do desenho animado e tela padrão com as mesmas dimensões e formas alterando somente a cor do botão, nesta última tela, para vermelho. Foi acrescentada também uma tela toda em vermelho, cuja função será descrita abaixo. Este experimento foi realizado com o processador de fala dos participantes conectado à interface PPS, o que permitia a

Tabela 2
Parâmetros utilizados na avaliação do limiar de ECAP para os participantes que realizaram o Experimento 2.

	Eletrodo sonda	Eletrodo de registro	Ganho (dB)	Atraso (ms)	pw	Razão (Hz)
ANC	15	17	60	95	-	80
VNC	15	17	60	97	25	80
GBR	15	17	60	45	25	80
VVN	15	18	60	135	25	80
TMR	15	17	60	96	-	80

a liberação do estímulo elétrico pelo computador operado pela fonoaudióloga (ver situação e equipamentos, Experimento 1). Os estímulos elétricos neste experimento possuíam as mesmas características dos estímulos utilizados na fase de teste do Experimento 1; e também eram apresentados utilizando somente o eletrodo 15. A Figura 5 mostra um diagrama que representa as condições que faziam parte do experimento.

Estabelecendo a omissão de resposta

O procedimento iniciava com o participante diante da tela padrão, tendo o botão vermelho exibido, mas sem acesso ao *mouse*. Simultaneamente, um estímulo elétrico era apresentado durante 10 segundos, com intensidade confortável. Como na fase de teste do Experimento 1, o estímulo era formado por uma seqüência de 10 pulsos com duração de um segundo cada. Esta intensidade confortável era definida utilizando-se a área dinâmica obtida no mapeamento de eletrodos (diferença entre limiar e máximo conforto): encontrava-se o ponto médio e a este valor eram acrescidos 5 mA. Ao final dos 10 segundos o botão vermelho deixava de ser exibido e o desenho animado era apresentado no centro da tela do computador por um período de 20 segundos, seguidos por dois segundos com exibição da tela de intervalo, finalizando uma tentativa. Esta seqüência era repetida durante cinco vezes consecutivas, após as quais o experimento era interrompido.

Ensinando a função da resposta

O objetivo nesta fase de experimento era utilizar um procedimento operante de fuga, que se caracteriza pela emissão de uma resposta que interrompe um estímulo aversivo. Tal conseqüência passa, então, a funcionar com reforçador negativo para a

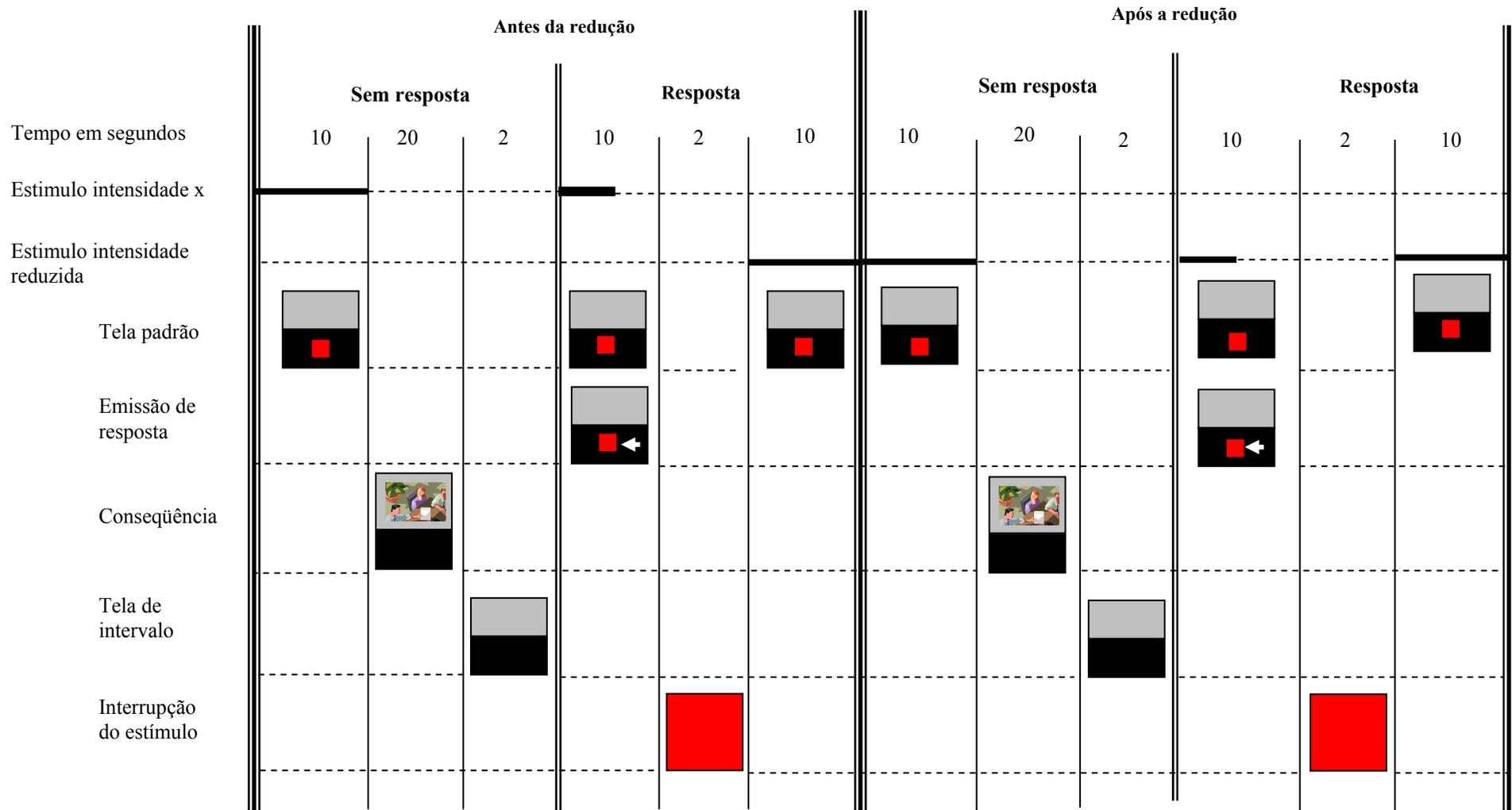


Figura 5 - Diagrama das condições do Experimento 2. Na presença de estímulo elétrico, duas condições eram possíveis. Na ausência de resposta durante os 10 s de estimulação, ocorria apresentação do desenho animado por 20 s, terminados os quais a tela de intervalo era apresentada por 2 s (Sem resposta). Transcorrido o intervalo, a tela padrão era reapresentada. Se ocorresse resposta durante a estimulação elétrica, havia interrupção do estímulo e a tela ficava vermelha por 2 segundos, após os quais um novo intervalo era iniciado, tendo o estímulo com intensidade reduzida. Durante esse período, ausência de respostas era seguida pelo desenho por 20 s e da tela de intervalo por 2 s (Com resposta 2). No caso de resposta durante o intervalo, o estímulo era interrompido, a tela vermelha era exibida por 2 s e, em seguida, reiniciado o período com o estímulo mantido em intensidade reduzida. Esta última seqüência era repetida até que respostas deixassem de ocorrer por 10 s, quando era apresentado o desenho animado.

resposta, pois aumenta a probabilidade que esta mesma resposta seja emitida na presença deste mesmo estímulo aversivo. Para estabelecer este operante, o participante deveria ser exposto à estimulação elétrica aversiva, o que poderia gerar a recusa do participante em continuar na tarefa. Visando evitar essa exposição, tentou-se ensinar ao participante que a função da resposta ao quadrado vermelho era reduzir a intensidade da estimulação elétrica apresentada em um nível confortável de intensidade. Para isso, após cinco tentativas, sem exigência de respostas, o procedimento era reiniciado mantendo o estímulo elétrico sem alteração de intensidade, com a tela padrão exibindo o botão vermelho e, desta vez, com o mouse disponível para o participante. Nesta condição o participante poderia pressionar o botão vermelho ou esperar para ver o desenho sem responder. No caso de ausência de resposta do participante durante a estimulação, após 10 segundos o desenho animado era exibido, seguindo-se a tela de intervalo por dois segundos e início de nova tentativa com o estímulo na mesma intensidade. Se o participante mantivesse a ausência de respostas por duas tentativas seguidas, ele era instigado, na terceira, a pressionar o botão pelo experimentador, que apontava para o botão sinalizando, sem palavras, a resposta que deveria ser dada. Quando a resposta era emitida, o estímulo elétrico era interrompido, pela fonoaudióloga, e uma tela toda vermelha apresentada por dois segundos. A função desta tela era possibilitar que a fonoaudióloga alterasse a intensidade do estímulo elétrico. Após os dois segundos, o estímulo elétrico voltava a ser aplicado, com a intensidade 10 mA menor que a anterior a resposta, juntamente com a tela padrão e o botão vermelho disponível. A duração deste estímulo era de 10 segundos, que eram seguidos pela exibição do desenho animado por 20 segundos e pela tela de intervalo por dois segundos, caso não houvesse nova pressão ao botão vermelho. Se fosse apresentada resposta de pressão

novamente, o estímulo era interrompido e a tela vermelha voltava a ser apresentada por dois segundos, seguida de nova apresentação do estímulo elétrico, sem alteração na intensidade, que era mantida no mesmo valor utilizado após a redução. Com isso, caso o participante mantivesse o responder depois da primeira resposta que produziu a redução na intensidade, isto atrasaria a exibição do desenho, pois, este seria produzido somente se não ocorresse respostas por 10 segundos consecutivos de estimulação elétrica em intensidade reduzida. Após a exibição do desenho, a tela de intervalo era apresentada por dois segundos, finalizando a tentativa. Na seqüência, uma nova tentativa era iniciada com o estímulo elétrico voltando à mesma intensidade utilizada antes da redução e isto era feito até ocorresse ausência de resposta ao botão vermelho nesta intensidade por 10 segundos consecutivos e o desenho fosse, então, exibido sem redução na intensidade do estímulo. Este desempenho era considerado critério de aprendizagem para encerramento da fase de ensino. Caso isso não ocorresse em cinco tentativas consecutivas, a intensidade do estímulo poderia ser reduzida em 5 mA e, se mesmo assim não fosse atingido o critério, o experimento poderia ser interrompido para tomada de decisão.

Avaliação do máximo conforto auditivo

Tendo o que foi ensinado como linha de base, era realizada a avaliação do máximo conforto. Para isso, após atingir o critério de aprendizagem, em cada nova tentativa era avaliada uma nova intensidade, dentro de uma seqüência ascendente, cujos valores eram elevados de cinco em cinco mA, a partir da intensidade utilizada para ensino. Na seqüência de testes eram mantidas as mesmas condições experimentais. A única alteração era que a cada nova intensidade avaliada, a ausência de resposta, implicava na elevação da intensidade na tentativa seguinte. Além disso, independentemente da intensidade avaliada,

a redução após a resposta, nos testes, era feita sempre para o mesmo valor utilizado após a resposta na fase de ensino. Nesta condição, a partir do ensino da função da resposta ao quadrado vermelho, era esperado que quando o estímulo se tornasse aversivo o participante utilizasse a resposta para interromper o estímulo elétrico. Quando uma dada intensidade produzia a resposta de pressão ao botão vermelho, na tentativa seguinte era testado novamente o valor imediatamente anterior ao que produziu a resposta. Se o participante outra vez deixasse de responder, o experimento era encerrado; caso contrário, o experimento era interrompido para tomada de decisão. Era considerada medida de máximo conforto a última intensidade que gerou ausência de resposta e manutenção deste desempenho na segunda avaliação.

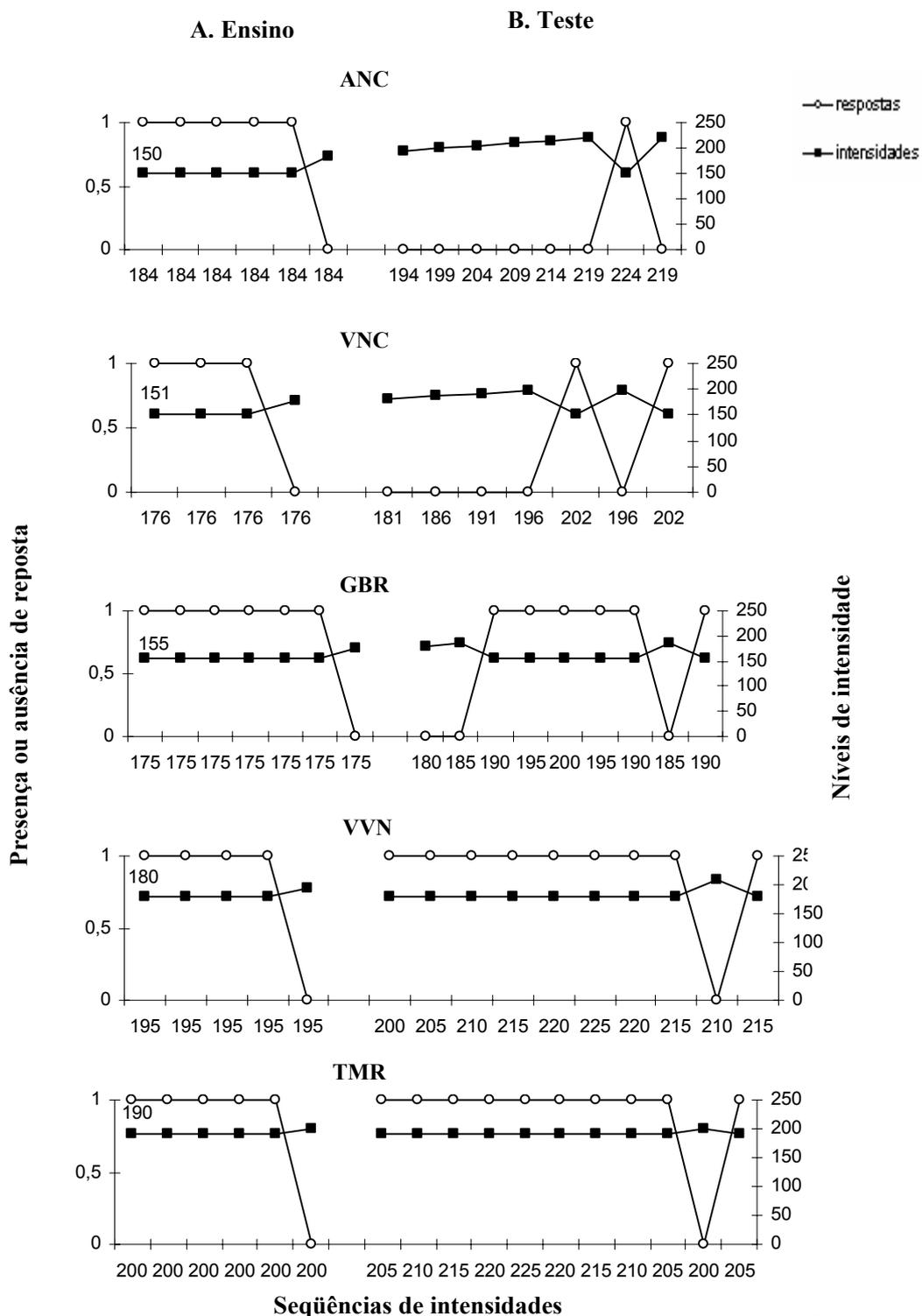
RESULTADOS

Os dados obtidos no Experimento 2 são mostrados na Figura 6, que mostra, para cada participante, a seqüência de intensidades aplicadas nas fases de ensino e teste (eixo x), se houve ou não resposta ao quadrado vermelho durante o período de estimulação, com zero indicado ausência e 1 a presença de resposta (eixo y à esquerda) e os níveis de intensidade da estimulação com a ausência ou após a resposta (eixo y à direita). Nos gráficos, curvas com círculos vazios indicam momentos de presença e ausência de respostas e as curvas com quadrados cheios mostram quando havia manutenção ou redução da intensidade em cada valor avaliado. Dos sete participantes do estudo, GST não realizou este experimento, por se recusar a continuar após o final do Experimento 1; e JLA iniciou o Experimento 2, mas também se recusou a continuar a tarefa ainda na fase de ensino. Entre os cinco participantes restantes todos atingiram o critério na fase de ensino (ver seção de

método, Experimento 2). Abaixo segue descrição dos resultados obtidos com cada participante na fase de avaliação do máximo conforto.

Com o participante ANC, a intensidade de 184 mA foi utilizada para ensinar a função da resposta e a redução após a resposta foi para 150 mA. Nesta fase, a curva de respostas mostra que foram necessárias seis apresentações consecutivas do estímulo elétrico em intensidade de 184 para que a resposta deixasse de ser apresentada, o que se constituía no critério de aprendizagem (ver seção de procedimento). Na fase de teste foram avaliadas as intensidades de 194, 199, 204, 209, 214, 219, 224; até a intensidade de 219 mA, a curva de respostas permaneceu em zero e a de níveis de intensidade manteve aceleração positiva, indicando ausência de resposta e elevação contínua de intensidade. Em 224 mA, a curva de resposta mostra um pico e a de intensidades cai a 150 mA, mostrando que houve uma resposta seguida de redução na intensidade. Na seqüência, como previa o delineamento do teste (ver seção de método), a intensidade de 219 mA foi testada novamente, com desempenho que mostra a curva de repostas acumulada voltando a zero e a de intensidades sendo elevada a 219 mA. Com isso, 224 mA pode ser sugerida como intensidade aversiva, pois foi suficiente para produzir uma resposta ao quadrado vermelho.

Para o participante VNC, os resultados foram semelhantes aos obtidos com VVN. Na fase de ensino foi utilizada a intensidade de 176 mA para ensinar a função da resposta e a redução se deu para 151 mA. A curva de respostas mostra que quatro repetições da intensidade de ensino foram suficientes para que a resposta deixasse de ocorrer. Na fase de testes foram avaliadas as intensidades de 181, 186, 191, 196 e 202; até a intensidade de 196 mA, a curva de respostas permaneceu em zero e a de intensidade manteve aceleração positiva, indicando ausência de resposta e manutenção na elevação da intensidade. Em 202



mA, a curva de resposta atinge o valor unitário de intensidades com a 151 mA, indicando que uma

Figura 6 – Ao longo do eixo x esta a seqüência de níveis de intensidade utilizados nas fases de ensino (A) e teste (B). O eixo y à esquerda indica presença ou ausência de resposta (círculos vazios) e o eixo y à direita mostra os níveis de intensidade (quadrados cheios) da ocorrência ou não de resposta em cada nível de intensidade aplicado

testada novamente, com desempenho que mostra a curva de repostas acumulada voltando a zero e a de intensidades sendo elevada a 196 mA. Uma segunda avaliação de 202 mA foi feita e o resultado replicou o mostrado antes. Assim, 202 mA pode ser sugerida como uma intensidade aversiva.

Para o participante GBR, 175 mA foi a intensidade utilizada para ensinar a função da resposta e a redução permanecia em 155 mA. Foram necessárias sete apresentações consecutivas da intensidade de ensino para que a resposta deixasse de ser emitida. Na fase de testes, inicialmente, até 185 mA respostas não foram emitidas e a intensidade se manteve em elevação, em 190 mA uma resposta foi apresentada e a intensidade foi reduzida para 155 mA. Devido à proximidade com o valor de ensino e considerando uma possível perda de linha de base, a elevação na intensidade permaneceu sendo realizada até 200 mA e os resultados mostram manutenção de repostas sem alteração nas intensidades. Aqui duas opções poderiam ser consideradas: manter a elevação da intensidade ou retornar ao início da seqüência. Neste caso, a escolha foi voltar ao valor inicial do teste, mas utilizando uma seqüência descendente; assim, 195, 190 e 185 mA foram avaliadas consecutivamente, e os dados mostram que somente em 185 mA a resposta deixou de ser emitida. Em seguida, como forma de verificar a consistência do desempenho, 190 mA foi novamente testada e a resposta voltou a ocorrer, reduzindo a intensidade. Com isso, 190 mA pode ser considerada uma intensidade aversiva, mesmo estando próxima ao valor da intensidade de ensino.

Durante a fase de ensino, a intensidade de 195 mA foi aplicada com o participante VVN e 180 mA era o valor para o qual a intensidade era reduzida. O desempenho deste participante mostra que cinco apresentações consecutivas da intensidade de ensino foram suficientes para que a resposta deixasse de exibida. Na fase de testes, desde o início e até a

intensidade de 225 mA houve manutenção de resposta, o que manteve a intensidade sendo reduzida para 180 mA. Considerando que um valor excessivamente alto de corrente elétrica havia sido alcançado sem mudança de desempenho, a opção foi tentar uma escala descendente iniciando em 220 mA. Nesta seqüência, em 210 mA o participante deixou de responder, mantendo a intensidade sem alteração. Em seguida, 215 mA foi avaliada novamente para verificar a consistência do desempenho, e o resultado foi o retorno da resposta que reduzia a intensidade. Deste modo, 215 mA pode ser sugerido como uma intensidade aversiva, porque produziu respostas nas duas apresentações.

Com TMR os dados obtidos são semelhantes aos encontrados com VVN. Na fase de ensino foi utilizada a intensidade de 200 mA e a redução ocorria para o valor de 190 mA. Seis apresentações da intensidade de ensino foram necessárias para que a resposta deixasse de ser realizada. Na fase de testes, assim como verificado no desempenho de VVN, desde o início e até a intensidade de 225 mA, a resposta foi mantida. Considerando os resultados com VVN, aqui também a opção foi aplicar uma seqüência descendente, iniciando em 220 mA, mas, diferentemente do participante anterior, a resposta deixou de ser emitida somente quando foi atingida a intensidade de ensino, isto é, 200 mA. Na seqüência, foi avaliada novamente a intensidade de 205 mA, com retorno da resposta que reduzia a intensidade. A partir do desempenho, 205 mA poderia ser sugerido como intensidade aversiva; todavia, a proximidade deste valor ao daquele utilizado na fase de ensino deva ser considerada.

RESULTADO GERAL

De modo geral, em ambos os experimentos foram obtidos valores operantes que podem ser sugeridos como correspondentes à sensação auditiva produzida pela estimulação elétrica através do implante coclear com crianças pré-linguais. No Experimento 1, para todos os sete participantes foi obtido um valor de intensidade do estímulo elétrico que produziu deterioração na discriminação ensinada. Em acréscimo, a reavaliação do valor imediatamente anterior àquele que produziu a deterioração atestou, também para todos os participantes, que o desempenho na discriminação esteve funcionalmente relacionado à variação na intensidade do estímulo elétrico em escalas descendentes de valores. No Experimento 2, dos cinco participantes que completaram o procedimento, três (ANC, VNC e GBR) indicam, em escalas ascendentes de valores, intensidades que, quando aplicadas, produziam a resposta que interrompia e, em seguida, reduzia a intensidade do estímulo elétrico. Para os demais (VVN e TMR), embora tenham atingido o critério de aprendizagem, a resposta permaneceu sendo apresentada em seqüências ascendentes até valores excessivamente altos, e somente em seqüências descendentes foi possível encontrar valores sob os quais a resposta deixava de ser apresentada, o que mantinha o estímulo sendo aplicado e sem alteração na intensidade. Além disso, as reaplicações de valores de intensidades que ficaram imediatamente antes dos que produziram a resposta ou fizeram com que a resposta deixasse de ser emitida sugerem que o desempenho variou (ANC, VNC e GBR) ou passou a variar (VVN e TMR) em função da intensidade do estímulo elétrico.

Como previa o delineamento do estudo (ver seção de objetivos) foram coletados dados de limiar obtidos no último mapeamento feito antes da aplicação dos procedimentos e, também, medidas de respostas eletrofisiológicas de ECAP e ESR na mesma data em que

foram realizados os experimentos. A partir dos dados dos dois experimentos realizados, podem ser feitas comparações entre medidas operantes de limiar e máximo conforto auditivo e as mesmas medidas obtidas com o procedimento de mapeamento de eletrodos. A Figura 7 mostra os valores das últimas intensidades que produziram a discriminação ao longo da seqüência testada no Experimento 1 e valores obtidos na avaliação clínica de limiar para todos os participantes. Para a maioria dos participantes os valores são semelhantes com diferenças de no máximo 7 mA, mas para dois (VVN e TMR) os valores obtidos no Experimento 1 ficaram entre 10 e 13 mA abaixo das medidas obtidas por procedimento clínico. A Figura 8 mostra os valores de ECAP, ESR e valores correspondentes à última intensidade na qual foi mantida a ausência de resposta (ANC, VNC e GBR) em seqüências ascendentes de valores e sob os quais a resposta deixou de ser emitida em seqüências descendentes, obtidos no Experimento 2. Relacionando as valores do experimento com as medidas de ESR, três participantes (ANC, VNC e VVN) mostram resultados semelhantes, com as medidas operantes ficando entre 2 e 10 mA abaixo dos valores de limiar do reflexo estapediano. Para os outros dois (GBR e TMR) a diferença é acentuada, com os valores de ESR chegando a ser 28 mA maiores do que as medidas operantes. Entre valores de ECAP e os obtido no Experimento 2 a relação indica que as medidas são iguais para um participante (GBR) e próximas para dois (VVN e TMR), com os valores do experimento ficando entre 3 e 10 mA acima do valor de ECAP. Para os demais (ANC e VNC) as valores indicados pelo Experimento 2 mostram-se acima dos valores de NRT, com diferenças entre 18 e 47 mA

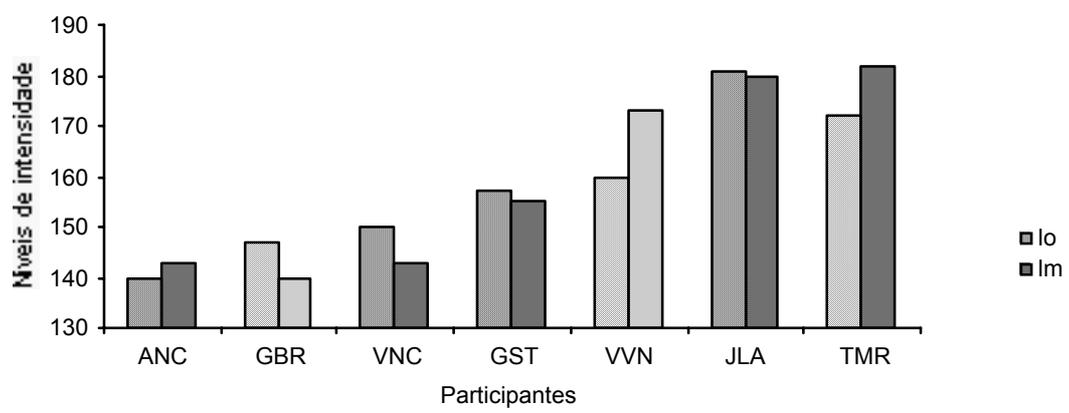


Figura 7 - Valores de intensidade obtidos como resultados do Experimento 1 (limiar operante) e das avaliações de T registrados na última avaliação clínica antes do experimento (lm) para cada participante.

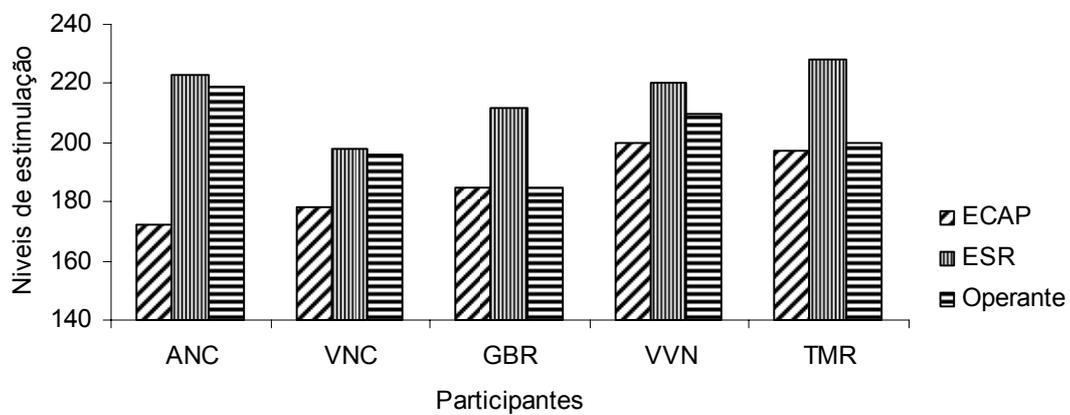


Figura 8 - Níveis de intensidade obtidos como resultados do Experimento 2 (operante) e das avaliações de limiar para respostas eletrofisiológicas do potencial de ação eletricamente evocado (ECAP) e reflexo estapediano (ESR), para cada participante.

DISCUSSÃO GERAL

O presente estudo apresentou como objetivo principal avaliar se procedimentos operantes, empregados com crianças surdas pré-linguais submetidas a implante coclear, seriam capazes de gerar padrões de comportamento que pudessem corresponder à sensação auditiva produzida por variações na intensidade da estimulação elétrica. Utilizando a estimulação gerada em um eletrodo (15), o Experimento 1 demonstrou o estabelecimento de uma discriminação simples sucessiva entre presença e ausência de estímulo elétrico e avaliou, em uma escala descendente de intensidade de estimulação elétrica, aquela que produzia deterioração na discriminação ensinada ao participante. O Experimento 2 buscou identificar, em uma escala ascendente de intensidade de estimulação elétrica, aquela que produzia a utilização de uma resposta ensinada para produzir interrupção seguida de redução na intensidade do estímulo. Os resultados de ambos os experimentos foram comparados com medidas eletrofisiológicas de ECAP e ESR, obtidas na mesma data em que os experimentos foram realizados e, também, com valores de limiar obtidos no último mapeamento que antecedeu os experimentos.

Seleção pelas conseqüências como determinante dos resultados

Na perspectiva da Análise do Comportamento, o desenvolvimento das relações funcionais verificadas em ambos os experimentos pode ser explicado através do modelo de seleção pelas conseqüências. No Experimento 1, a presença do estímulo elétrico era seguida de resposta de pressão ao quadrado porque, de forma consistente, a resposta produzia o desenho animado (reforçamento positivo) somente quando o estímulo elétrico estava presente; na ausência deste estímulo respostas não produziam a conseqüência. Com isso, foi

estabelecida uma relação em que a presença ou ausência de resposta variava como função da intensidade do estímulo em uma escala descendente. No Experimento 2, duas conseqüências deveriam selecionar o desempenho esperado. Uma era o desenho animado, que deveria selecionar a manutenção da ausência de respostas ao quadrado vermelho durante a estimulação elétrica. Outra era a interrupção do estímulo, seguida de seu retorno com intensidade menor (reforçamento negativo), que selecionaria sob qual intensidade do estímulo a resposta seria necessária. A partir de ambas as conseqüências, a variação entre presença ou ausência de resposta ao quadrado vermelho deveria variar em função da intensidade do estímulo elétrico em uma escala ascendente.

A partir da Análise do Comportamento, também é possível sustentar os resultados do presente estudo como medidas de limiar e máximo conforto auditivo. Ambos os valores devem corresponder à sensação auditiva produzida pela estimulação elétrica. Ocorrendo dentro do indivíduo, é necessária alguma manifestação externa para que a sensação seja identificada. Utilizando o modelo de seleção por conseqüências, tais manifestações podem ser consideradas como ações ou respostas externas, que ocorrem na presença do estímulo elétrico e são mantidas por certas conseqüências. Com isso, as conseqüências podem selecionar relações funcionais entre diferentes dimensões do estímulo (intensidade, frequência, duração, etc.) e respostas externas, sejam verbais ou não. A questão é identificar como estas relações funcionais podem ser consideradas como correspondentes à sensação auditiva. Durante a estimulação elétrica da cóclea, de forma invariável ocorrem respostas no sistema auditivo (no nervo auditivo e no córtex auditivo); portanto, é possível considerar que variações no estímulo produzirão alterações nas respostas do sistema auditivo. A partir desta relação, se outra relação funcional entre o mesmo estímulo elétrico e uma resposta motora (externa) é estabelecida, tem-se a possibilidade de que uma dada variação na

resposta interna seja medida pela variação na resposta externa. Deste modo, a resposta motora pode funcionar como uma extensão da resposta que ocorre no sistema auditivo e isso pode sustentar a idéia de que os dados obtidos em ambos os experimentos, do presente estudo, seriam correspondentes à sensação auditiva e, por isso, podem ser considerados como medidas de limiar e máximo conforto auditivo.

Medidas de limiar

De modo geral, no Experimento 1 todos os participantes mostraram manutenção da discriminação entre presença e ausência do estímulo elétrico em uma seqüência inicial de intensidades, deterioração desta discriminação na presença de uma dada intensidade e a recuperação imediata da discriminação quando a intensidade era novamente aumentada. Na comparação entre os resultados do Experimento 1 e valores de limiar obtidos no mapa dos participantes, os valores foram muito semelhantes (na maioria) ou as medidas operantes ficaram abaixo dos valores do mapa. Com isso, é possível considerar que a fase de ensino se mostrou eficiente para desenvolver, de forma consistente, a discriminação entre presença e ausência do estímulo auditivo, para todos os participantes. Na fase de teste, a intensidade do estímulo elétrico era variada na direção descendente e as freqüências com que respostas eram apresentadas, na ausência e presença do estímulo, serviram como indicativos do grau de detecção deste mesmo estímulo elétrico por todos os participantes (ver Figura 4, painéis à direita). Neste experimento foi adotado o critério utilizado em procedimentos clínicos de mapeamento para definir valores de T, que é a última intensidade de corrente elétrica que produz 100% de respostas somente na presença do estímulo, em uma seqüência de intensidades. Considerando este critério, os dados obtidos e o tipo de análise adotada neste

estudo, os seguintes valores podem ser sugeridos como medidas de limiar: 160 mA para VVN; 140 mA para ANC; 150 mA para VNC; 147 mA para GRL; 186 mA para TMR; 157 mA para GST; e 172 mA para JLA.

Na relação entre medidas de limiar obtidas por procedimento operante e através de procedimentos clínicos de mapeamento, os dados permitem sugerir duas possíveis contribuições de um procedimento operante na avaliação de medidas de limiar. Uma contribuição pode ocorrer na forma de confirmação das medidas alcançadas no mapeamento, a partir de uma relação de proximidade entre medidas operantes e medidas de mapeamento verificadas para a maioria dos participantes. Outra contribuição pode ser no refinamento, pois os dados mostram que para dois participantes as medidas operantes são menores que as de mapeamento, sugerindo que procedimentos operantes reduziram o limiar auditivo definido com os métodos clínicos.

Medidas de máximo conforto

No Experimento 2, entre os cinco participantes que realizaram o procedimento, dois mostraram, durante as seqüências ascendentes de testes, ausência de respostas durante uma seqüência inicial de intensidades, uma resposta apresentada a uma dada intensidade e o retorno da ausência de resposta, quando a intensidade que antecedeu aquela que gerou uma resposta era testada novamente. Para os demais, foram aplicadas escalas ascendentes e descendentes; para um (GBR) a resposta foi apresentada no início da seqüência ascendente e deixou de ocorrer na seqüência descendente. Entre os outros participantes (VVN e TMR), respostas ocorreram durante toda a seqüência ascendente e deixaram de ocorrer somente na seqüência descendente.

Diferente do primeiro experimento, os resultados no Experimento 2 foram consistentes com o esperado somente para dois participantes (ANC e VNC), ou seja, estes aprenderam que a resposta produzia interrupção do estímulo seguida de redução na intensidade deste mesmo estímulo, e a presença da resposta a uma dada intensidade sugeriu o ponto na escala ascendente em que o estímulo passou a ser aversivo. Este dado sugere que para estes participantes a resposta operante de fuga (Catania, 1999) pôde ser verificada na primeira exposição a uma intensidade de estímulo elétrico aversiva, a partir somente do que foi ensinado utilizando um estímulo com intensidade confortável. Todavia, com os demais participantes a função da resposta parece não ter sido aprendida na fase de ensino, pois respostas foram apresentadas ao longo de toda a seqüência ascendente de testes (VVN e TMR) ou no início desta seqüência (GBR) e se mantiveram até intensidades excessivamente altas. A alternativa empregada para tentar resolver este problema foi utilizar escalas descendentes, que produziram como dado um valor de intensidade sob o qual a resposta deixava de ser apresentada. Estes resultados indicam que para a maioria dos participantes a omissão de resposta serviu para indicar a intensidade na qual o estímulo deixou de ser aversivo, o que contraria a previsão do procedimento que era de possibilitar que a resposta operante de fuga pudesse indicar a intensidade com a qual o estímulo começa a ser percebido como aversivo. Em função disto, os valores indicados pelo desempenho nas seqüências descendentes que poderiam indicar máximo conforto carecem de consistência. Isto porque o desempenho pode ser interpretado também como medida de generalização da intensidade utilizada na fase de ensino, durante a exposição do participante ao ensino da omissão de resposta. Uma possível evidência nesta direção está na proximidade (VVN e GBR) ou igualdade (TMR) entre os valores sob os quais a resposta deixou de ser apresentada e os valores utilizados na fase de treino. A partir dos dados

obtidos e da perspectiva de análise adotada, somente os seguintes valores podem ser sugeridos como medidas de máximo conforto de forma consistente: 219 mA (ANC) e 196 mA (VNC). Os demais valores podem ser sugeridos, mas apontando-se a necessidade de maior consistência: 185 mA (GBR); 210 mA (TMR) e 200 mA (VVN).

Na comparação dos dados operantes com respostas eletrofisiológicas, as medidas operantes de máximo conforto (ver Figura 8), embora necessitem de maior consistência, mostram-se próximas a valores de limiar em ESR (reflexo estapediano eletricamente evocado) para três participantes (ANC, VNC e VVN), sendo que dois entre estes (ANC e VNC) apresentaram valores operantes praticamente iguais aos de ESR. Este dado replica os encontrados por Shalop & Ash (1995) que compararam medidas de limiar em ESR com valores de máximo conforto e desconforto obtidos por diferentes métodos psicofísicos em adultos implantados, com resultados que mostram forte correlação entre as medidas de ESR e valores de máximo conforto. Com isso, as medidas operantes de máximo conforto obtidas, principalmente, com ANC e VNC, ganham maior consistência. Com relação aos participantes TMR e GBR, as diferenças entre ESR e medidas operantes de máximo conforto foram acentuadas, o que sugere mais fortemente uma inconsistência destas medidas operantes, já ressaltada quando se discutiu a ineficiência da fase de ensino do Experimento 2.

Entre valores de limiar de ECAP (potencial de ação composto eletricamente evocado) e medidas operantes de máximo conforto, os dados mostram que as medidas operantes ficaram acima ou muito próximas aos limiares de ECAP. Hugges et. al. (2001) realizaram um estudo longitudinal com crianças e adultos usuários do implante Nucleus 24 no qual, entre outras comparações, foram relacionadas medidas de limiar e máximo

conforto, obtidas por métodos psicofísicos com limiares de ECAP em cinco registros ao longo do primeiro ano de uso do implante (0, 6, 12, 18, 24 meses). Os resultados mostraram que entre medidas de máximo conforto e limiares de ECAP, a partir dos primeiros meses e até 24 meses de uso do implante, os valores de máximo conforto eram maiores do que os de ECAP para adultos e crianças, mas a diferença era acentuada entre as crianças. Os dados do presente estudo replicaram parcialmente os dados do estudo referido, pois os valores de máximo conforto foram maiores para três participantes (ANC, VNC e VVN) e para dois entre estes (ANC e VCN) a diferença se mostrou acentuada na comparação com limiares de ECAP.

Replicabilidade: estratégia que sustenta evidencia de limiar e máximo conforto operante.

Os dados obtidos com a participante JLA no Experimento 1 apresentam uma diferença em relação ao demais. Durante a seqüência descendente de intensidades que avaliou o limiar (ver Figura 4, painel da esquerda), entre 196 e 181 mA a discriminação se manteve intacta e quando foi atingida a intensidade de 176 mA houve deterioração total da discriminação. Na reaplicação de 181 mA, diferente do que aconteceu com os demais participantes, a discriminação manteve-se deteriorada e somente quando a intensidade foi elevada para 186 mA é que a discriminação voltou a ocorrer. Uma terceira avaliação com a intensidade de 181 mA voltou a deteriorar a discriminação. Considerando a teoria da detecção do sinal (ver introdução), estes dados sugerem que alarmes falsos podem ter ocorrido na primeira avaliação de 181 mA, possibilidade que pode ser considerada somente através dos dados das segunda e terceira avaliação de 181 mA. Este dado permite questionar se utilizar escalas descendentes e ascendentes em conjunto seria uma forma de

evitar erros na interpretação de dados limiares com crianças implantadas pré-linguais, causados por falso alarme e, também, por omissão. Estudos futuros poderiam delinear procedimentos que avaliassem limiar auditivo com essa população, envolvendo escalas ascendentes e descendentes aplicadas no mesmo participante.

O desempenho de JLA fornece uma oportunidade para discussão sobre a confiabilidade dos dados obtidos no presente estudo. Como já dito antes (ver introdução), pesquisas realizadas na área de regulação de implante coclear utilizam grupos grandes de participantes, determinam valores mínimos de estímulo elétrico que eliciam respostas fisiológicas, identificam medidas de limiar e máximo conforto auditivo através de repostas comportamentais e medem a correlação matemática entre os dois tipos de medida. O presente estudo buscou seguir a maneira usual com que são produzidos dados na Análise do Comportamento. Este modo se caracteriza pela observação de respostas em organismos considerados isoladamente e colocados em condições experimentais controladas. Nesta situação, um aspecto da resposta é isolado como variável dependente e, então, é avaliado se manipulações no ambiente experimental apresentam relações funcionais, ordenadas e sistemáticas com a resposta (Todorov, 1970). Tomando esta forma de produção de dados como base, o presente estudo contou com um grupo de sete participantes; definiu a resposta de pressão ao quadrado na tela do computador, com o uso do *mouse* como resposta; estabeleceu relações funcionais entre eventos do ambiente experimental (antecedentes e conseqüências) e a resposta; finalmente, manipulando um aspecto de uma das variáveis ambientais (a intensidade do estímulo) avaliou os efeitos sobre a resposta.

No formato de pesquisa adotado, o objetivo fundamental era verificar se alterações na resposta poderiam servir de informações sobre os efeitos da intensidade do estímulo elétrico na percepção auditiva. Para isso, seria necessário gerar evidências de que a resposta

variava em função de variações na intensidade do estímulo. Sidman (1960) trata da maneira pela qual o pesquisador utiliza os dados de seu experimento como evidências científicas de um fato ou conhecimento sobre a realidade. O tema é tratado em detalhes pelo autor, mas para os propósitos da presente discussão somente a *replicação* é colocada aqui, e tratada de maneira geral, devido à relação deste aspecto com os dados obtidos no presente estudo.

Sidman (1960) identifica replicação como um teste de sondagem empírica da confiabilidade dos dados de um experimento. O termo confiabilidade refere-se à demonstração de que o dado é uma evidência científica. Um dos principais argumentos do autor está centrado no fato de que a interpretação do pesquisador sobre seus dados, tomado como critério único, é passível de erros e, portanto, técnicas objetivas, como a replicação, necessitam ser aplicadas para sustentar os dados como evidência científica. Existem vários tipos de replicação e, a partir da categorização feita por Sidman (1960), pode-se dizer que o presente estudo utilizou a replicação direta, que foi avaliada entre os participantes (entre-sujeitos) e para um mesmo participante tomado individualmente (intra-sujeitos). De maneira geral, a produção do mesmo dado experimental em diferentes condições pelo mesmo experimentador caracteriza uma replicação direta. Na replicação inter-sujeitos o mesmo método experimental é aplicado com mais de um participante, para avaliar se o mesmo dado se mantém com participantes diferentes. Na replicação intra-sujeitos o método é manipulado e se avalia a manutenção do dado nas diferentes condições.

No presente estudo, os dois experimentos foram aplicados em crianças implantadas com diferenças em termos de idade, tempo de uso de implante, tempo de privação sensorial e etiologia de surdez (ver Tabela 1). Os dados obtidos demonstram que todos os participantes apresentaram o mesmo resultado no Experimento 1 (ver Figura 4), ou seja, apreenderam a discriminação entre presença e ausência do estímulo acústico; mantiveram a

discriminação durante a variação descendente na intensidade do estímulo elétrico; apresentaram deterioração na discriminação em uma dada intensidade na escala de variação; e mostraram retorno do desempenho discriminativo quando a intensidade era variada na direção ascendente. No Experimento 2, entre cinco participantes, dois (VNC e ANC, ver Figura 6) deixaram de apresentar a resposta durante a estimulação elétrica a uma dada intensidade, no final da fase de ensino; mantiveram este desempenho durante a variação ascendente de intensidade deste mesmo estímulo; apresentaram resposta a uma dada intensidade nesta escala de variação; e voltaram a deixar de responder durante a estimulação variada na direção descendente. Estes desempenhos podem sustentar que os dados do presente estudo foram replicados diretamente inter-sujeitos, com maior consistência para o Experimento 1.

Nas fases de teste de ambos os experimentos ocorreram reversões na direção com que foram manipuladas as intensidades dos estímulos elétricos, de descendente para ascendente e *vice-versa*, para o mesmo participante. No Experimento 1, com todos os participantes, quando era atingida a deterioração na discriminação, procedia-se à reversão na variação do estímulo de descendente para ascendente. Os resultados mostram que para todos os participantes a discriminação voltava a ocorrer ou era novamente deteriorada dependendo da variação ser ascendente ou descendente, respectivamente (ver Figura 4). No Experimento 2, previa-se que a reversão ocorreria após a resposta de fuga ser apresentada, passando a variação a ser feita de ascendente para descendente. Aqui os resultados mostram que para dois participantes (ver Figura 6) a mudança de uma variação ascendente para descendente produziu alteração na resposta. Os dados de ambos os experimentos, sugerem que uma replicação intra-sujeitos foi demonstrada. Sidman (1960) argumenta que a contribuição crucial da replicação intra-sujeito, para que os dados sejam evidências

experimentais de um fenômeno, reside na possibilidade de demonstrar as relações de controle que vigoram no experimento de forma clara e precisa.

No presente estudo, em ambos os experimentos, os desempenhos estabelecidos durante as fases de ensino se constituíram em uma linha base estável, cuja deterioração ao longo da variação no estímulo sugeria uma relação funcional entre intensidades do estímulo e presença ou ausência de respostas. Quando a replicação era demonstrada pela restauração da linha de base como resultado da reversão na direção da variação da intensidade, a relação funcional, antes sugerida, ganhava consistência. Com isso, o presente estudo demonstra, a partir de replicações diretas, tanto inter-sujeito como intra-sujeitos, que os dados obtidos constituem evidências de que relações funcionais entre respostas não-verbais e variações na intensidade do estímulo elétrico, estabelecidas e mantidas por contingências de reforçamento, podem servir como informações sobre a sensação auditiva produzida pela estimulação elétrica com crianças implantadas pré-linguais. Neste sentido a replicação constituiu uma importante estratégia para fornecer confiabilidade aos dados produzidos no estudo.

Uma análise do desempenho produzido pelos procedimentos operantes

Como foi dito antes, a base teórica que sustentou os procedimentos utilizados no presente estudo considera que as causas para o comportamento devem ser entendidas como relações funcionais entre o que os organismos fazem e o ambiente. A descrição destas relações implica identificar: a) a ocasião em que a ação ocorre (antecedente); b) a própria ação (resposta) e c) a alteração que esta mesma ação produz no ambiente (conseqüência) (Skinner, 1953). Estes três elementos compõem o operante discriminado, que é definido como a unidade básica de análise do comportamento. Em ambos os experimentos,

utilizados no presente estudo, os dados obtidos foram analisados a partir da interação entre os antecedentes e as respostas, considerando-se que as conseqüências foram mantidas constantes. Tal análise, feita anteriormente, permitiu identificar como os comportamentos foram estabelecidos (fases de ensino) e como alterações nas respostas produzidas por manipulações nos antecedentes, permitiriam sugerir medidas de sensação auditiva (fases de teste).

Uma outra forma de análise da interação entre os elementos que compõem o operante discriminado, proposta por Davison e Nevin (1999), aponta para a necessidade de se considerar como relações entre antecedentes e respostas e, também, relações entre respostas e conseqüências afetam simultaneamente o comportamento. Na presente discussão pretende-se apenas descrever de maneira geral o modelo de análise proposto por estes autores e, em seguida, visualizar os dados obtidos a partir desta perspectiva.

A proposta de Davison e Nevin (1999) baseia-se na teoria da detecção (ver introdução) que se opõe ao conceito clássico de limiar absoluto em psicofísica, na medida em que essa teoria considera que o indivíduo é quem decide sobre a presença ou ausência do estímulo. Para a análise dessa tomada de decisão são utilizados diferentes métodos experimentais, nos quais o delineamento básico envolve a apresentação de sinal e ruído juntos e ruído somente. Nestas condições, quatro tipos de respostas possíveis são analisados: *detecção correta*, que ocorre se um sinal é apresentado e a resposta é *sim*; *omissão*, caracterizada pela resposta *não* se o sinal está presente; *alarme falso*, que envolve resposta *sim* na ausência de sinal; e *rejeição correta*, quando se tem resposta *não* na ausência de sinal.

A proposta crucial da teoria da detecção do sinal que serve de base para o modelo de Davison e Nevin (1999) indica que dois parâmetros atuam separadamente na resposta apresentada pelo indivíduo nos experimentos: a sensibilidade ao sinal e o critério para resposta. O primeiro refere-se à sensação interna que o estímulo produz e que determina a presença ou ausência do sinal. Neste caso, a teoria da detecção do sinal apresenta a possibilidade de uma medida indireta obtida através de equações matemáticas, cujos dados são derivados das respostas medidas diante de sinal/ruído e ruído e apresentam como resultado a força do sinal. O segundo envolve informações sem relação com o estímulo, como a instrução apresentada durante o experimento, expectativas do participante em relação ao experimento, a história pré-experimental, conseqüências para as respostas apresentadas, etc. A mensuração da influência destas variáveis sobre a resposta também ocorre de forma indireta, com outras equações matemáticas que utilizam dados obtidos através de procedimentos nos quais se solicita ao participante estimar, por exemplo, o grau de confiança sobre a ausência e/ou presença do sinal. Estes dois parâmetros indicam que na teoria da detecção do sinal as respostas dos participantes nos experimentos dependem de outras variáveis, além das relacionadas a características físicas do estímulo. Para Nevin (1969) esta indicação da teoria da detecção do sinal seria crucial para a análise de operantes discriminados, pois sugere que além da relação entre antecedente e resposta, a relação entre resposta e conseqüência também tem efeitos sobre o operante discriminado. Em acréscimo, Davison e Nevin (1999) consideram que, além de relações entre antecedente-resposta e resposta-conseqüência, os efeitos de variações conjuntas em antecedentes e conseqüências são fundamentais na análise do operante discriminado. O modelo proposto por estes autores busca fornecer instrumentos para uma análise unificada, baseados em equações matemáticas que visam gerar medidas quantitativas dos efeitos simultâneos de antecedentes

e consequência sobre as respostas. A análise dos dados apresentada a seguir considera conjuntamente as relações antecedente-resposta e resposta-consequência em ambos os experimentos do presente estudo, sem no entanto utilizar instrumentos propostos por Davison e Nevin (1999).

O Experimento 1 empregou um procedimento típico de discriminação simples, no qual na presença do estímulo elétrico (S+), todas as respostas de pressão ao quadrado verde produziam a exibição de um desenho animado como consequência (esquema de reforçamento contínuo). Na ausência de estímulo (S-) respostas não eram seguidas da consequência programada (extinção). De acordo com Davison e Nevin (1999), em um procedimento deste tipo a quantidade de respostas apresentadas em S+ depende do esquema de reforçamento arranjado para esta condição, ou seja, a quantidade de vezes que a resposta produza consequência afeta diretamente a quantidade total de respostas diante de S+ apresentadas no experimento. Com relação a S-, os mesmos autores indicam que o número de respostas emitidas nesta condição depende da diferença física entre S- e S+, isto é, se os estímulos têm pouca diferença, maior quantidade de respostas é apresentada; ao contrário, se a diferença é acentuada, menor número de resposta ou mesmo nenhuma é emitida no S-. Com isso, os autores indicam que tanto antecedentes quanto as consequências afetam as respostas produzidas no experimento.

Os dados do presente estudo demonstram que, ao final da fase de ensino todos os participantes emitiam as respostas em todas as apresentações do estímulo e mantiveram em zero o número de respostas durante a ausência de estímulo. Com isso, todas as respostas emitidas na presença do estímulo produziam consequência (ver Figura 4, painel da esquerda). Quando a intensidade do estímulo foi reduzida, na fase de testes, respostas

ocorriam na ausência e presença de estímulo em porcentagens semelhantes para a maioria dos participantes (ver Figura 4, painel da direita); desse modo, respostas passaram a ser emitidas sem a produção de consequência ou deixaram ser apresentadas, quando a consequência estava programada. Portanto, no presente estudo a discriminação foi estabelecida porque as condições antecedentes eram diferentes e as respostas produziam consequências somente na presença do estímulo. Quando a diferença entre os antecedentes era reduzida, a regularidade na produção de consequência era afetada, fazendo com que a quantidade de respostas fosse alterada independentemente da estimulação. Este desempenho irregular indicava que para o participante, a partir de uma dada intensidade, não havia diferença entre presença e ausência de estímulo e que, portanto, presença e ausência de estímulo eram indiscrimináveis, o que fornecia um parâmetro operante não-verbal para definir uma medida de limiar.

O Experimento 2 previa duas possibilidades de desempenho na presença do estímulo elétrico (ver seção de método). Na primeira, a ausência de resposta era seguida de apresentação do desenho animado. Na segunda, a resposta, se emitida, produzia como consequência a interrupção do estímulo, seguida do reinício deste mesmo estímulo com intensidade reduzida. Com isso, a presença de respostas sugeria que a intensidade aplicada durante a estimulação era desconfortável. Em termos operantes, em apresentações sucessivas de estimulação o participante poderia escolher, durante o período em que o estímulo era apresentado, entre a omissão de resposta mantida por reforçamento contínuo (desenho animado) ou um operante de fuga mantido por reforçamento negativo (interrupção do estímulo). Portanto, o procedimento envolvia dois operantes discriminados: em um deles, na presença do estímulo antecedente em intensidade confortável, ausência de

resposta era seguida de reforçamento; no outro, diante de intensidade desconfortável, a resposta era, também, seguida de reforçamento.

Considerando a previsão de desempenho, outros pontos do procedimento, além da ineficiência da fase de treino apontada antes, podem ser discutidos como tendo possíveis relações com os resultados obtidos, a partir da proposta de análise de Davison e Nevin (1999). O procedimento previa, na fase de testes, que durante a apresentação sucessiva de estímulos com elevação da intensidade a cada apresentação, a resposta funcionasse como operante de fuga quando o estímulo se tornasse aversivo. Isso aconteceu para dois participantes (ANC e VNC, ver Figura 6); para os demais este desempenho não foi verificado. Uma análise das relações entre antecedentes e respostas sugere que uma possível razão para estes resultados negativos pode estar na opção por não ensinar diretamente a resposta de fuga utilizando estímulo aversivo (ver seção de método); com isso, a resposta produzia a interrupção do estímulo somente em intensidade não aversivas, ou seja, não havia reforçamento para respostas. Na ausência de respostas ocorria a produção de desenho animado, isto é, a resposta era reforçada. Portanto, o procedimento falhou, para a maioria dos participantes, em estabelecer que intensidade aversiva se constituísse em ocasião para que a resposta produzisse reforçamento.

Analisando as relações entre respostas e consequência, outra possível razão para os dados inconsistentes do Experimento 2 pode estar no modo como foram arranjadas as consequências para presença e ausência de resposta. Para a última, o reforçamento era produzido imediatamente após o final do período de estimulação. Quando ocorriam respostas, havia a interrupção do estímulo, seguida de seu reinício com intensidade reduzida. Caso respostas não fossem emitidas durante a estimulação com intensidade

reduzida, ao final do período se seguia a exibição de desenho, e se nova resposta era apresentada neste mesmo período, o estímulo era interrompido e reiniciado, em seguida, mantendo a mesma intensidade e a produção de desenho ao final do período. Com isso, o arranjo experimental contava com uma cadeia de respostas (Catania, 1999), cujo elo final era reforçamento por desenho animado. Portanto, a partir de uma análise das relações antecedente-resposta e resposta-conseqüência, constata-se que o procedimento permitia que reforçamento do mesmo tipo e em proporções iguais fosse obtido tanto por presença quanto por ausência de respostas, o que pode ter tornado a discriminabilidade dos operantes comprometida.

Embora o Experimento 2 tenha permitido que desempenhos não previstos fossem exibidos pela maioria dos participantes, resultados positivos foram obtidos apenas para dois participantes (ANC e VNC, ver Figura 6). Isto sugere que se a fase de ensino for eficiente em estabelecer os dois operantes discriminados previstos, principalmente o operante de fuga, o desempenho na fase de testes pode fornecer parâmetros para avaliação de máximo conforto auditivo, a partir de respostas não-verbais. Uma possibilidade a ser explorada em estudos futuros pode ser baseada no Experimento 1, no qual na fase de ensino foi utilizado estímulo acústico para ensinar a discriminação operante e, em seguida, na fase de teste, então empregados estímulos elétricos. Desse modo, estímulos acústicos poderiam ser utilizados também para ensinar o operante de fuga.

Viabilidade de medidas operantes

Considerando ambos os experimentos, outra possível contribuição do presente estudo foi mostrar indícios de que as medidas operantes podem ser relacionadas a outras medidas obtidas por métodos normalmente utilizados no trabalho clínico para definir limiar

e máximo conforto. A relevância disto pode estar na possibilidade dos procedimentos operantes utilizados neste estudo se tornarem formas alternativas e complementares para a realização de mapeamentos em crianças surdas pré-linguais, com as quais a obtenção de medidas precisas é difícil devido à ausência de habilidades orais.

Como afirmado na introdução deste texto, este estudo pretendeu utilizar procedimentos operantes como forma de substituir a instrução verbal com a população de crianças surdas, pré-linguais e implantadas, na avaliação de sensação auditiva produzida pela estimulação elétrica da cóclea. Em ambos os estudos, encontram-se evidências de que os procedimentos operantes podem suprir a impossibilidade de comunicação oral. No Experimento 1, os dados replicam a eficiência deste procedimentos demonstrada com outras populações e utilizando estímulo acústico na literatura. No Experimento 2, os resultados carecem de maior consistência, mas há indícios de que o procedimento operante pode substituir a instrução oral.

Outra aplicação para estes procedimentos operantes, que se pretendeu avaliar foi se a sensação auditiva poderia ser medida sem o uso de um método psicofísico específico. Para isso, foi tomada como modelo a forma como são obtidas as medidas de limiar e máximo conforto na prática clínica (ver descrição de procedimentos). Esta opção se justifica pela tentativa de que o presente estudo se constitua num primeiro passo em direção a uma tecnologia com aplicação imediata, uma vez que procedimentos que sejam semelhantes ao já utilizado na rotina do trabalho clínico têm maiores chances de serem dominados e utilizados por profissionais da audiolgia. Os resultados positivos evidenciam que houve eficiência na forma de produzir medidas de sensação auditiva, adotada neste estudo, mas é prudente dizer que os dados obtidos aqui carecem de maior precisão e

refinamento. Por exemplo, entre a medida de limiar e aquela imediatamente anterior, existe uma diferença de 5 mA, que poderia ser explorada se um método psicofísico, como o *método da escada*, fosse adotado em estudos futuros. Neste caso, o experimentador definiria previamente valores e amplitude de variação dos estímulos em uma escala, cuja aplicação poderia variar na direção descendente, com o valor de início estando claramente acima do limiar. Depois de garantida a aprendizagem dos operantes discriminados na fase de ensino, a escala seria utilizada na fase de testes. Inicialmente a escala seria aplicada integralmente até que o desempenho operante indicasse um valor de intensidade sob o qual ocorre deterioração na discriminação, no caso da avaliação de limiar, ou presença de resposta de fuga, nos testes para se obter medida de máximo conforto. Este valor encerraria a primeira série de aplicação da escala e, também, marcaria o ponto de início da segunda série. Deste mesmo modo, as séries seguintes seriam realizadas, ou seja, o valor que finalizou uma série seria utilizado para iniciar a série seguinte. Assim, valores de limiar e máximo conforto poderiam ser obtidos em cada série e uma média dos valores poderia ser obtida para cada medida.

Algumas limitações deste estudo devem ser consideradas na avaliação dos resultados. Foi utilizado somente um eletrodo para produzir a estimulação elétrica em ambos os experimentos, enquanto estudos prévios utilizaram uma quantidade maior de eletrodos em diferentes regiões da cóclea. Os participantes foram crianças pré-linguais mais velhas (entre 5 e 7 anos), sendo que maiores dificuldades na avaliação de limiar e máximo conforto auditivo ocorrem com crianças menores (abaixo de 4 anos) e a quantidade de participantes (sete) se mostra reduzida, quando comparada à de outros estudos. O procedimento utilizado no Experimento 2 necessita ser modificado na sua fase de ensino, para se avaliar sua utilidade na avaliação de máximo conforto auditivo. Todas estas

limitações são pontos importantes para serem explorados em estudos futuros e podem compor o início de uma linha de pesquisa cujo objetivo principal seja avaliar que contribuições procedimentos operantes podem oferecer ao processo de regulação do processador de fala de crianças surdas pré-linguais implantadas.

Finalizando, a principal contribuição do presente estudo está na produção de evidências de que procedimentos operantes podem vir a se constituir em um importante instrumento adicional para a realização de regulação do implante coclear de crianças pré-linguais, que apresentam repertório verbal comprometido. De forma mais precisa, o estudo constitui uma contribuição inicial para a produção de áreas dinâmicas com maior precisão, através de respostas não-orais obtidas sob contingências de reforçamento operante. A identificação desta contribuição abre um precedente importante para se avaliar a consistência e a generalidade dos dados alcançados e, também, o uso destes procedimentos no balanceamento de eletrodos com estas crianças, em estudos futuros. Considerando possíveis contribuições deste estudo para a Educação Especial, o desenvolvimento e ampliação destes resultados iniciais podem vir a gerar uma tecnologia operante que contribua para a regulação com maior precisão dos implantes cocleares, o que pode garantir maximização do uso dos implantes cocleares por crianças implantadas pré-linguais. Esta utilização maximizada poderia beneficiar o desenvolvimento da audição e da fala nesta população, tendo, assim, possível impacto no processo de aprendizagem de conteúdos educacionais. Estes possíveis benefícios do uso de procedimentos operantes necessitam de dados para deixarem de ser meras especulações; por isso, outra possibilidade de estudos futuros é a avaliação de efeitos da regulação do implante coclear realizada por procedimentos operantes sobre o desenvolvimento da audição, da fala e da aprendizagem escolar.

REFERÊNCIAS

- Abbas, P. J., Brown, C. J., Shallop, J. K., Firszt, J. B., Hughes, M. L., Hong, S. H., & Staller, S. J. (1999). Summary of results using the CI24M implant to record the electrically evoked compound action potential. *Ear and Hearing*, 20, 45-59.
- Aguaio, L. V., & Luciano, M. C. (1986). Audiometry operant in children with developmental retardation - comparison of 3 stimulus-control procedures. *Revista Latinoamericana de Psicologia* 18 (3), 405-424.
- Aubert, L. R., & Clark, G. M. (1994). Reliability and predictive value of the electrically evoked auditory brainstem response. *British Journal of Audiology*, 28 (3), 121-124.
- Battmer, R. D., Laszig, R., & Lehnhardt, E. (1990). Electrically elicited stapedius reflex in cochlear implant patients. *Ear and Hearing*, 11(5), 196-202.
- Beitel, R. E., Vollmer, M., Snyder, R. L., Schreiner, C.E., & Leake, P. A. (2000). Behavioral and neurophysiological thresholds for electrical cochlear stimulation in the deaf cat. *Audiology and Neurootology*, 5 (1), 31-38
- Bevilacqua, M. C., Costa Filho, O. A. & Moret, A. L. M. (1997). Reabilitação e implante coclear. Em O. Lopes Filho (Org), *Tratado de fonoaudiologia* (pp. 401-414). São Paulo: Roca.
- Bevilacqua, M. C., Costa Filho, O. A. & Moret, A. L. M. (2003). Implante coclear em crianças. Em A. H. Campos e O. O. Costa, *Tratado de otorrinolaringologia* (pp.268-277). São Paulo: Roca.
- Brown, C. J., Hughes, M. L., Lopez, S. M., & Abbas, P. J. (1999). Relationship between EABR thresholds and levels used to program the CLARION speech processor. *Annals of Otology Rhinology and Laryngology*, 108 (4), 50-57.
- Clark, G. M., Cowan, R. S. C., & Dowell, R. C. (1997). Speech processor programming. Em G. M. Clark, R. S. C. Cowan e R. C. Dowell, *Cochlear implantation for infants and children: advances* (pp. 149-170). San Diego: Singular Publishing Group. Inc.
- Catania, A. C. (1999). *Aprendizagem: comportamento, linguagem e cognição*. Porto Alegre: Artmed
- Clarke, G. P., & Sandford, M. D. (1995). Interactive computer system for tuning the cochlear 22-channel implant in young children. *Annals of Otology Rhinology and Laryngology, Suppl.*, 165-166.
- Clement, R. S., Carter, P. M., & Kipke, D. R. (2002). Measuring the electrical stapedius reflex with stapedius muscle electromyogram recordings. *Annals of Biomedical Engineering*, 30, 169-179.

- Cone-Wesson, B. (2003). Electrophysiologic assessment of hearing in infants: Compound nerve action potential, auditory brainstem response, and auditory steady state response. *Volta Review*, 103 (4), 253-279.
- Cooper, H. (1991). *Practical aspects of audiology cochlear implant a practical guide*. San Diego: Singular Publishing Group Inc
- Costa Filho, O. A. & Bevilacqua, M. C. (2003). Implantes cocleares (encaminhado para publicação). Em S. S. da Costa, O. L. da Costa e J. A. de Oliveira (Orgs.), *Otorrinolaringologia: princípios e prática* (v. , p. -). Porto Alegre.
- Costa Filho, O. A., Bevilacqua, M. C. & Freitas, J. A. S. *Som e silêncio*. Bauru: Centro de Pesquisas Audiológicas; Hospital de Reabilitação de Anomalias Crânio-faciais; Universidade de São Paulo; Fundação para o Estudo e Tratamento das Disformias Crânio-faciais; Unimagem Produções Audiovisuais, 1998. v. 1.1 CD-ROM.
- da Silva, W. R., Souza, D. G. Bevilacqua, M. C., & Savian, J. *Avaliação operante de limiar e conforto auditivo em implantados*. Bauru, 2003. CD-ROM.
- Davison, M., & Nevin, J. A. (1999). Stimuli, reinforcers, and behavior: an integration. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 71, 439-482.
- Dembiec, D. P., Snider, R. J., & Zanella, A. J. (2004). The effects of transport stress on tiger physiology and behavior. *Zoo Biology* 23 (4), 335-346.
- Feitosa, M. A. G. (1996). Teoria e métodos em psicofísica. Em L. Pasquali (Org.), *Teoria e métodos de medida em ciências do comportamento* (pp. 43-71). Brasília: Laboratório de Pesquisa em Avaliação e Medida / Instituto de Psicologia / UnB:INEP.
- Ferraro, F. A., & Kiefer, S. W. (2004). Behavioral analysis of male rat sexual motivation and performance following acute ethanol treatment. *Pharmacology Biochemistry and Behavior* 78 (3), 427-433.
- Harker, K. T., & Whishaw, I. Q. (2004). Impaired place navigation in place and matching-to-place swimming pool tasks follows both retrosplenial cortex lesions and cingulum bundle lesions in rats. *Hippocampus* 14 (2), 224-231.
- Hodges, A. V., Balkany, T. J., Ruth, R. A., Lambert, P. R., Dolan-Ash, S., & Schloffman, J. J. (1997). Electrical middle ear muscle reflex: use in cochlear implant programming. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 117 (3), 255-261.
- Hughes, M. L., Brown, C. J., Abbas, P. J., Wolaver, A. A., & Gervais, J. P. (2001). Comparison of EAP thresholds with MAP levels in the Nucleus 24 cochlear implant: data from children. *Ear and Hearing*, 21, 164-174.

- Hughes, M. L., Vande Werff, K. R., Brawn, J. B., Abbas, P. J., Kelsay, D. N. R., Teagle, H. F. B., & Lowder, M. W. (2001). A longitudinal study of electrode impedance, the electrically evoked compound action potential, and behavioral measures in nucleus 24 cochlear implant users. *Ear & Hearing, 22*, 471-486.
- Hungria, H. (1987). *Otorrinolaringologia*. Rio de Janeiro: Guanabara.
- Kreft, H. A., Donaldson, G. S., & Nelson, D. A. (2004). Effects of pulse rate and electrode array design on intensity discrimination in cochlear implant users. *Journal of the Acoustical Society of America, 116* (4), 2258-2268.
- Kileny, P. R., Zwolan, T. A., Zimmerman-Phillips, S., & Telian, S. A. (1994). Electrically evoked auditory brain-stem response in pediatric patients with cochlear implants. *Archives of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, 120* (10), 1083-1090.
- Lacopo, M. L., Nunes, P. R. & Siqueira, T. S. (1998). *Aparelho de amplificação sonora individual*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Educação de Surdos.
- Lambert, P. R., Ruth, R. A., & Hodges, A. V. (1991). Multichannel cochlear implant and electrically evoked auditory brainstem responses in a child with labyrinthitis ossificans. *Laryngoscope, 101* (1 Pt 1), 14-19.
- Leckie, T., & Yasinsac, A. (2004). Metadata for anomaly-based security protocol attack deduction. *Ieee Transactions on Knowledge and Data Engineering 16* (9), 1157-1168.
- Lloyd, L. L., & Cox, B. P. (1975). Behavioral audiometry with children. *Otolaryngologic Clinics of North America 8* (1), 89-107.
- Lloyd, L. L., & Dahle, A. J. (1976). Detection and diagnosis of a hearing impairment in child. *Volta Review 78* (4), 12-22.
- Lloyd, L. L., Spradlin, J. E., & Reid, M. J. (1968). An operant audiometric procedure for difficult-to-test patients. *Journal Speech and Hearing Disorders, 33* (3), 236-245.
- Morita, T., Naito, Y., Hirai T, Yamaguchi, S., & Ito, J. (2003). The relationship between the intraoperative ECAP threshold and postoperative behavioral levels: the difference between postlingually deafened adults and prelingually deafened pediatric cochlear implant users. *European Archives of Oto-rhino-laryngology, 260* (2), 67-72.
- Nevin, J. A. (1969). Signal detection theory and operant behavior: a review of David M. Green and John A. Swets' *Signal Detection Theory and Psychophysics*. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 12*, 475-480.
- Pfingst, B. E., Xu, L., & Thompson, C. S. (2004). Across-site threshold variation in cochlear implants: relation to speech recognition. *Audiology and Neuro-otology 9* (6), 341-352.

- Primus, M. A., & Thompson, G. (1985). Response strength of young-children in operant audiometry. *Journal of Speech and Hearing Research* 28 (4), 539-547.
- Primus, M. A. (1987). Response and reinforcement in operant audiometry. *Journal of Speech and Hearing Disorders* 52 (3), 294-299.
- Seeber, B. U., Baumann, U., & Fastl, H. (2004). Localization ability with bimodal hearing aids and bilateral cochlear implants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116 (3), 1698-1709.
- Sidman, M. (1960). *Tactics of scientific research*. N. York: Basic Books.
- Shallop, J. K., Goin, D. W., Vandyke, L., & Mischke, R. E. (1991). Prediction of behavioral threshold and comfort values for nucleus 22-channel implant patient from electrical auditory brain stem response test results. *Annals of Otology Rhinology and Laryngology*, 100, 896-898.
- Shallop, J. K., & Ash, K. R. (1995). Relationships among comfort levels determined by cochlear implant patient's self-programming audiologist's programming, and electrical stapedius reflex thresholds. *The Annals of Otology, Rhinology and Laryngology Supplement*, 166, 175- 176.
- Skinner, B. F. (1933). The rate of establishment of a discrimination. *Journal of General Psychology*, 9, 302-350.
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (1953). *Science and human behavior*. New York: Macmillan.
- Smith, D. W., Finley, C. C., van-den-Honert, C., Olszyk, V. B., & Konrad, K. E. (1994). Behavioral and electrophysiological responses to electrical stimulation in the cat. I. Absolute thresholds. *Hear Research*, 81 (1-2), 1-10.
- Spivak, L. G., & Chute, P. M. (1994). The relationship between electrical acoustic reflex thresholds and behavioral comfort levels in children and adult cochlear implant patients. *Ear and Hearing*, 15(2), 184-192.
- Spivak, L. G., Chute, P. M., Popp, A. L., & Parisier, S. C. (1994). Programming the cochlear implant based on electrical acoustic reflex threshold: patient performance. *Laryngoscope*. 104, 1225-1230.
- Thai-Van, H., Chanal, J. M., Coudert, C., Veuillet, E., Truy, E., & Collet, L. (2001). Relationship between NRT measurements and behavioral levels in children with the Nucleus 24 cochlear implant may change over time: preliminary report. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 58 (02), 153-162

- Todorovi, J. C. (1970). Análise experimental do comportamento de escolha: algumas considerações sobre método em psicologia. *Ciência e Cultura*, 23 (5), 585-594.
- U.S.A. (1994). *Technical reference manual: nucleus 22 channel cochlear implant system*. Englywood: Cochlea Corporation.
- Vasconcelos, A. M. S. & Wieselberg, M. (1994). *Aparelhos auditivos: Guia prático de cuidados e uso*. Carapicuíba: Pró-fono Departamento Editorial.
- Yazaki-Sugiyama, Y., & Mooney, R. (2004). Sequential learning from multiple tutors and serial retuning of auditory neurons in a brain area important to birdsong learning. *Journal of Neurophysiology* 92 (5), 2771-2788.
- Zehnder, A., Allum, J. H., Honegger, F., & Probst, R. (1999). The usefulness of intraoperatively registered, electrically evoked stapedius reflex for the programming of cochlear implants in children. *HNO*, 47(11), 970-975.
- Zimmerling, M. J., & Hochmair, E. S. (2002). EAP recordings in Ineraid patients- correlations with psychophysical measures and possible implications for patient fitting. *Ear and Hearing*, 23, 81-91.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)