

# Medidas Operantes de Limiar Auditivo em Crianças com Surdez Pré-Lingual, Usuárias de Implante Coclear

## *Operant Measures of Auditory Threshold in Prelingually Deaf Children with Cochlear Implant*

Wagner R. da Silva<sup>\*,a</sup>, Deisy das Graças de Souza<sup>a</sup>, Maria Cecília Bevilacqua<sup>b</sup>,  
Márcia Y. T. Kimura<sup>b</sup>, & Jair Lopes Jr.<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil, <sup>b</sup>Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil  
& <sup>c</sup>Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, Brasil

### **Resumo**

Limiares auditivos de crianças surdas pré-linguais usuárias de implante coclear foram avaliados com estimulação elétrica em um dos eletrodos mediais. A avaliação empregou um procedimento operante do tipo *go/no go* para ensinar uma discriminação simples, evidenciada por uma resposta motora, entre presença e ausência do estímulo auditivo. Estabelecida a linha de base, a manipulação na intensidade do estímulo foi implementada de acordo com o método psicofísico de escada modificado, começando por uma seqüência descendente. Os sete participantes do estudo mostraram perda da precisão no responder sob controle do estímulo quando a intensidade diminuía além de um certo valor e a precisão era recuperada quando a intensidade era novamente aumentada, o que permitiu a identificação de limiares individuais. Os resultados sugerem que o método psicofísico combinado com o procedimento operante pode ser uma alternativa viável para avaliar limiar auditivo de pessoas sem linguagem em situação clínica de regulagem do implante coclear.

*Palavras-chave:* Implante Coclear; Discriminação Operante; Procedimento *go/no go*; Limiar Auditivo; Surdez Pré-lingual; Crianças.

### **Abstract**

Auditory thresholds of prelingually deaf children who received cochlear implants were evaluated for the electrical stimulation to one of the medial electrodes. A *go/no go* operant procedure was used to teach a simple discrimination, indicated by a motor response, between the presence versus the absence of an auditory stimulus. Simple discrimination was used as a baseline upon which the electrical stimulus's intensity was manipulated in a decreasing sequence followed by an increasing sequence, according to a modified psychophysical staircase method. The accuracy of responding in the presence of the electrical stimulus was reduced for all seven participants when the stimulus intensity decreased below a certain value and was recovered when the stimulus intensity was increased to the previous level. The experimental design allowed reliable identification of individual thresholds. The results suggest that the psychophysical paradigm in combination with the operant procedure might be useful for the evaluation of the auditory threshold for purposes of cochlear implant fitting in clinical settings.

*Keywords:* Cochlear Implant; Operant Discrimination; *go/no go* Procedure; Auditory Threshold; Prelingual Deafness; Children.

Deficiência auditiva neurossensorial é caracterizada por lesões no Órgão de Corti e/ou no nervo auditivo que impedem que o ciclo de audição se complete (Hungria,

1987). O implante coclear, um dispositivo eletrônico bem sucedido de interação máquina-cérebro (Nicolelis, 2001), fornece estimulação elétrica direta nas fibras residuais do nervo auditivo e possibilita que indivíduos surdos detectem sons do ambiente e da fala (Rizzi & Bevilacqua, 2003). Componentes externos do implante captam e transformam sons do ambiente em impulsos elétricos que são enviados a componentes eletrônicos internos, implantados de forma cirúrgica, estimulando um feixe de eletrodos inserido dentro da cóclea (Bevilacqua, Costa, & Moret, 2003).

A quantidade de corrente necessária para eliciar sensação auditiva com estimulação elétrica é diferente para

\* Endereço para correspondência: Alameda das Angélicas, 1-22, Parque Vista Alegre, Bauru, SP, Brasil, CEP 17020-380. Tel.: (14) 3277 1104 ou (14) 9733 3933. E-mail: [wagnergerio@uol.com.br](mailto:wagnergerio@uol.com.br)

A presente pesquisa foi apoiada pela *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)*, Processos # 2003/09928-4; 2008/57705-8 e Bolsa de Pós-doutorado para Wagner R. da Silva) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Processo 573972/2008-7). Os autores agradecem o cuidadoso trabalho dos revisores.

cada usuário e para cada eletrodo do implante coclear. Devido a essa característica é necessário estabelecer, como parâmetros de intensidade da estimulação elétrica, a quantidade mínima de corrente necessária para gerar sensação auditiva (limiar auditivo) e a máxima corrente que pode ser aplicada sem que haja desconforto auditivo (máximo conforto auditivo). O procedimento padrão para determinação destes parâmetros é chamado de “mapeamento” ou “programação” do implante (Clark, Cowan, & Dowell, 1997).

Em indivíduos com surdez neurossenssorial a lesão no nervo auditivo reduz a quantidade de células excitáveis em relação às disponíveis em ouvintes e, portanto, a extensão fisiológica no nervo auditivo que permite produzir estimulação elétrica direta é menor em implantados. Por essa razão, as informações dos sinais auditivos do ambiente (frequência, intensidade e duração) têm que ser ajustadas para estimular áreas fisiológicas comprimidas, o que torna crucial a definição de medidas de limiar e de máximo conforto auditivo com precisão, para o máximo aproveitamento das áreas fisiológicas disponíveis para a compreensão dos sons do ambiente e da fala, sem desconforto (Clark et al., 1997; Sheppard, 2005; Wieringen & Wouters, 2001). A precisão das medidas depende de habilidades do implantado para fornecer informações durante o mapeamento sobre a sensação auditiva gerada pelo implante (Bevilacqua & Moret, 1997). Em crianças pequenas, com surdez pré-lingual, tais habilidades podem encontrar-se ausentes, devido à pouca experiência auditiva e à limitação de linguagem que é característica dessa população (e.g., Thai-van et al., 2004). Essa dificuldade vem sendo uma fonte de preocupação diante de demonstrações de que o máximo benefício da reabilitação auditiva pode ser alcançado quanto mais cedo for realizado o implante (Anderson et al., 2004; Bevilacqua et al., 2003); contudo, sem a avaliação de medidas de limiar e máximo conforto auditivo, a qualidade da regulação do implante coclear pode ficar comprometida.

Na prática clínica duas estratégias vêm sendo empregadas para medir limiar e máximo conforto auditivo com crianças implantadas pré-linguais. Em uma são aplicados os mesmos procedimentos realizados com implantados pós-linguais (adultos e crianças) e a observação comportamental serve como base para identificar as respostas à estimulação. São exemplos de respostas observáveis: mudanças abruptas de expressão facial, silêncio, buscar com os olhos, demonstrações de desconforto, indicações de dor, entre outros. Tais observações exigem a presença de um clínico com grande experiência. Além disso, as sessões de avaliação com crianças pequenas precisam ser curtas, separadas por intervalos, e requerem o uso de múltiplas atividades lúdicas visando manter a disposição da criança e sua atenção à tarefa (Cooper, 1991).

Outra estratégia para regular o implante coclear com crianças pré-linguais implica no uso de técnicas para a geração de medidas eletrofisiológicas que permitem esti-

mar medidas de limiar e máximo conforto, independente das habilidades dos implantados em relatar as sensações auditivas produzidas pela estimulação elétrica. Essas técnicas envolvem a mensuração da eliciação de respostas fisiológicas no sistema auditivo durante a estimulação elétrica via implante coclear. Algumas respostas podem ser medidas no tronco cerebral auditivo (e.g., Thai-van et al., 2007) e no nervo auditivo (e.g., Brotos, van Dijk, & Killan, 2006). Outro tipo de resposta eliciada fisiologicamente é o reflexo estapediano produzido no ouvido médio, mas esta permite apenas estimativas de máximo conforto auditivo para o estímulo elétrico (e.g., Caner, Olgun, Gultekin, & Balaban, 2007). Estudos sobre respostas no tronco cerebral (EABR) e no nervo auditivo (ECAP), realizados com adultos e com crianças pós-linguais, compararam medidas de limiar e máximo conforto auditivo obtidas por técnicas eletrofisiológicas com as mesmas medidas obtidas por relato verbal, sem encontrar evidências inquestionáveis de correlação (Firszt, Chambers, Rotz, & Novak, 1999; Morita, Naito, Hirai, Yamaguchi, & Ito, 2003; Potts, Skinner, Gotter, Strube, & Brenner, 2007; Zimmerling & Hachmair, 2002). *Inversamente, estudos* em que o reflexo estapediano serviu de parâmetro para estimar máximo conforto mostraram correlação alta e consistente com medidas obtidas com relato verbal de adultos implantados poslinguais (Gordon, Papsin, & Harrison, 2007; Shallop & Ash, 1995; Stephan & Welzl-Müller, 2000); porém, este reflexo nem sempre é eliciado (e.g., Todd, Ajayi, Hasenstab, Webster, & Boyd, 2003), o que inviabiliza o uso universal dessa medida para estimativa do nível de conforto auditivo com qualquer implantado.

O presente estudo desenvolveu e avaliou a viabilidade de um procedimento operante que independe de habilidades orais dos participantes e do uso de respostas eletrofisiológicas, como alternativa para a determinação de limiar auditivo de crianças implantadas pré-linguais. O procedimento incorpora características descritas em estudos que utilizaram procedimentos operantes para avaliar limiar absoluto em organismos infra-humanos (e.g., Blough, 1958; Clevenger & Restrepo, 2006; Gerken & Sandlin, 1977; Langemann, Gauger, & Klump, 1998; Pflingst & Morris, 1993) e em crianças pequenas que apresentavam limitações na compreensão de instruções e ou e na emissão de respostas verbais necessárias em avaliações de limiar (e.g., Berg & Smith, 1983; Moore, Wilson, & Thompson, 1977; Primus & Thompson, 1985; Sinnott, Pisoni, & Aslin, 1983). Nestes estudos discriminações operantes eram ensinadas com procedimentos do tipo *go/no go* (responder ou deixar de responder) que permitem estabelecer relações funcionais entre a presença de estímulos e a emissão de respostas motoras (e.g., pressão a uma alavanca, movimento de cabeça, apertar um botão etc.) *versus* a não emissão de respostas na ausência do estímulo. Uma discriminação bem estabelecida servia como linha de base para avaliar o efeito de variações em alguma dimensão do estímulo sobre a precisão da discriminação

e, a partir da perda de discriminação, realizar medidas de limiar absoluto. A precisão da discriminação é indicada por um índice de discriminação (respostas discriminadas divididas pelo total de respostas emitidas na presença e na ausência do estímulo) que varia de 0 a 1,0; quanto mais próximo de 1,0, mais precisa a discriminação.

Para a determinação do limiar o presente estudo empregou uma variação do método psicofísico dos limites (Burns & Hinchcliffe, 1957; Feitosa, 1996; Levitt, 1968) identificado como método da escada (Levitt, 1971). Por este método a intensidade do estímulo é manipulada em seqüência, de descendente para ascendente ou *vice-versa*, até que se obtenha uma mudança (reversão) na resposta medida, de positiva para negativa ou *vice-versa* (e.g., Békésy, 1947; Blough, 1958; Buss, Hall, Grose, & Dev, 2001; Gray & Rubel, 1984). A variação na intensidade pode ser realizada em unidades iguais em cada direção (e.g., 2-down, 2-up) ou em unidades assimétricas (e.g., 5-down, 2-up), o que confere ao método bastante flexibilidade.

No presente estudo o procedimento de discriminação do tipo *go/no go* implementado por meio de microcomputador foi empregado para desenvolver uma relação funcional entre a presença do estímulo elétrico gerado via implante coclear e uma resposta motora de pressionar a tecla do *mouse*. Isto é, os participantes foram ensinados a pressionar a tecla na presença da estimulação e a não pressionar em sua ausência. A partir dessa linha de base, a intensidade de corrente ia sendo gradualmente reduzida (de acordo com o método de escada de Levitt, 1971), até que ocorresse redução no índice de discriminação (pela omissão de resposta durante a estimulação e/ou pela apresentação da resposta na ausência de estimulação); nesse ponto (reversão) a intensidade voltava a ser aumentada (variação ascendente), até que o responder voltasse a ficar sob controle da presença do estímulo. A deterioração da discriminação operante (pela não detecção do estímulo) e sua recuperação foram tomadas como base para a identificação da faixa de intensidade em que se inclui o limiar auditivo para cada usuário de implante. Considerando que em procedimentos clínicos para a programação do processador de fala em implantes cocleares a definição de limiar se refere à menor quantidade de corrente que pode eliciar consistentemente uma sensação auditiva (Clark et al., 1997), o presente estudo empregou este critério na identificação de limiares individuais a partir da discriminação operante.

## Método

### Participantes

Participaram deste estudo sete crianças com surdez pré-lingual<sup>1</sup> que receberam implante coclear multicanal tipo

Nucleus 24® no Centro de Pesquisas Audiológicas (CPA) do HRAC, pertencente à USP em Bauru. A Tabela 1 apresenta dados de caracterização dos participantes. Quatro crianças eram meninas e três eram meninos; suas idades variavam entre cinco e sete anos; elas haviam sido expostas a privação sensorial por um período entre dois e cinco anos e vinham usando o implante por um período entre 11 meses e 2 anos. A pesquisa foi conduzida durante o retorno dos participantes para monitoração periódica do implante.

Tabela 1

*Sexo, Idade, Tempo de Implante e Duração da Privação Sensorial dos Participantes*

Participantes	Sexo	Idade (anos e meses)	Tempo de implante	Privação sensorial
ANC	F	6a 7m	11m	5a 8m
GBR	M	6a 11m	2a 3m	4a 8m
GSV	M	6a 7m	1a 10m	4a 9m
JLA	F	4a 9m	2a 4m	2a 5m
TMR	F	6a 2m	2a 4m	3a 10m
VNC	M	7a 6m	1a 1m	6a 5m
VVN	F	5a 6m	1a 10m	3a 8m

### Material e Equipamentos

Dois microcomputadores do tipo PC foram utilizados para gerenciar o procedimento operante e o procedimento de estimulação elétrica. O microcomputador destinado ao procedimento operante, com 233 Mhz e 32 MB de RAM, foi equipado com o *software* AOLCAI® (da Silva, de Souza, Bevilacqua, & Savian, 2005) desenvolvido especificamente para gerenciamento dos procedimentos experimentais e registro dos dados comportamentais; era conectado a um monitor SVGA (14") colorido, no qual eram apresentados estímulos visuais. Outro microcomputador, de 166 Mhz com 16Mb de RAM, com monitor SVGA (14") colorido, era utilizado para controlar a estimulação elétrica por meio dos *softwares* Nucleus R126 2.1 e NRT 3.1, concebidos e fornecidos pela Cochlear Corporation®. A este último computador estava conectada uma interface (Cochlear Corporation®) operada por uma fonoaudióloga (M.Y.T.K) com experiência em regulagem do implante coclear.

### Procedimento Geral

A coleta de dados foi realizada no centro de pesquisas em uma sala destinada a sessões de regulagem dos implantes Nucleus 24®, que tinha aproximadamente 4,0 x 2,0m de área. Por procederem de diferentes locais do país, os participantes permaneciam na instituição por um período máximo de três dias e tinham uma rotina de atendimentos previamente agendados com diferentes profissionais. Por isso, as sessões experimentais eram realizadas nos intervalos desta rotina, com duração entre 30 e 40

<sup>1</sup> O projeto desta pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Reabilitação de Anomalias Crânio-faciais da Universidade de São Paulo (HRAC-USP), Ofício No. 334/2005 de 16/12/2005.

minutos. Quando era possível realizar mais do que uma sessão por horário disponível, respeitadas a motivação ou a disposição dos participantes, era feito um intervalo de 10 a 15 minutos, entre uma sessão e outra.

A estimulação elétrica pode ser aplicada a cada eletrodo individualmente; a sensação de frequência varia ao longo da faixa de eletrodos nas três regiões que compõem a cóclea (basal, medial e apical) e pode variar para cada eletrodo. No presente estudo a estimulação foi aplicada na região medial da cóclea, de modo a produzir sensação de frequência média constante e sensação de intensidade que podia variar de acordo com a intensidade de corrente programada. Foi estimulado o eletrodo 15, escolhido arbitrariamente entre os que permitem estimular a região medial, como um modelo ou preparação experimental para teste do procedimento. A identificação dos valores de intensidade de corrente elétrica aplicada no eletrodo 15 seguiu o procedimento padrão na área de implante coclear que utiliza uma unidade arbitrária e identificada como unidade de corrente (UC) que varia entre 1 e 225 correspondendo, aproximadamente, a valores entre 0,001 e 1,75 miliamperes (mA), respectivamente (Guedes et al., 2003).

O procedimento era conduzido com o participante sentado diante da tela do computador que gerenciava o procedimento operante, tendo o *mouse* disponível para apresentação da resposta motora. Ao lado direito do participante permanecia a fonoaudióloga que operava o computador para controle da estimulação elétrica. O experimentador ficava atrás do participante. O responsável pela criança também poderia permanecer na situação, caso a criança não aceitasse ficar sozinha, e era posicionado ao lado do experimentador.

A tarefa experimental, apresentada na tela do microcomputador, consistia em posicionar o cursor do *mouse* sobre um quadrado verde localizado na parte inferior da tela cinza (ver Figura 1) e pressionar a tecla do *mouse* na presença, mas não na ausência, do estímulo auditivo. Respostas corretas produziam a apresentação de um desenho animado por 15 segundos (ver procedimento); caso contrário, a tela permanecia cinza. Terminada a apresentação do desenho, a tela voltava a apresentar o quadrado verde, quando novas respostas podiam produzir exposição do desenho por mais 15 segundos, se emitidas na presença do estímulo auditivo. Respostas incorretas (na ausência de estimulação) produziam mudança na cor da tela por um curto intervalo entre tentativas, depois do qual a tela voltava a ficar cinza e o quadrado verde ficava disponível para respostas. Tratava-se, portanto, de um procedimento de tentativas discretas. A apresentação de períodos curtos de desenho animado era empregada como consequência para a resposta de pressionar a tecla; se tivesse função reforçadora, deveria fortalecer a resposta, selecionando a relação entre ocorrência da resposta e presença do estímulo antecedente. Depois que o participante aprendia a discriminação, isto é, passava a emitir

respostas motoras somente na presença do estímulo auditivo e deixava de emitir a mesma resposta na ausência do estímulo, o desempenho discriminado continuava sendo monitorado e a intensidade do estímulo passava a ser manipulada visando identificar intensidades de corrente elétrica que mantinham a ocorrência de respostas e aquelas em cuja presença as respostas deixavam de ocorrer mesmo durante a estimulação auditiva permitindo, assim, indicar medidas de limiar. As duas fases, de ensino e de teste, serão detalhadas a seguir.

*Fase de Ensino.* A avaliação de limiar auditivo com o indivíduo implantado geralmente é realizada com o processador de fala do implante conectado ao computador via interface e, assim, a estimulação elétrica é produzida diretamente no nervo auditivo (e não captada do ambiente) por meio de um *software* específico para cada tipo de implante coclear. Na etapa inicial de ensino deste estudo, porém, o participante permanecia com o processador de fala ligado e a estimulação sonora, produzida pelo computador que gerenciava o procedimento operante, era captada diretamente no ambiente; somente depois que a discriminação de som estava estabelecida é que a estimulação elétrica passava a ser apresentada; assim era possível verificar se ambos os tipos de estimulação eram equivalentes quanto ao controle de estímulos sobre o comportamento do participante e evitar que os participantes fossem expostos a uma seqüência longa de estimulação elétrica direta do nervo auditivo, o que poderia gerar desconforto.

O estímulo auditivo acústico captado do ambiente era gerado pelo *software* AOLCAI® e apresentado por meio das caixas de som do computador. O estímulo tinha 77 dB de intensidade (selecionada com base na experiência da fonoaudióloga, especializada no mapeamento de implantes). Esta intensidade era suficiente para gerar detecção auditiva via implante com todos os participantes; 10 pulsos com duração de um segundo cada eram apresentados sucessivamente com intervalos de 10 milissegundos entre uma apresentação e outra. Portanto, nessa fase a estimulação elétrica era feita de forma indireta, pois o implante convertia o estímulo acústico em elétrico.

Para ensinar a discriminação operante foi empregado o procedimento padrão de treino discriminativo (Keller & Schoenfeld, 1950) que envolvia a alternância entre a presença de estímulo acústico (S+) e sua ausência (S-). Respostas na presença do estímulo (S+) produziam a consequência programada; respostas na sua ausência produziam apenas o intervalo entre tentativas. A Figura 1 apresenta um diagrama de uma amostra do procedimento, representando um episódio em que o S+ era apresentado (painel esquerdo, Presença) e outro na ausência dos estímulos auditivos (painel direito, Ausência), com a indicação dos eventos previstos caso uma resposta fosse ou não emitida. Na condição S+ cada tentativa era iniciada com apresentação da tela padrão e do estímulo

acústico (linha 2), por no máximo 10 segundos (linha 1). Nesta tela o monitor ficava dividido em duas partes: a porção superior e central apresentada em cinza e a parte inferior em preto, sobre a qual, no centro, era apresentado um quadrado verde (4,0 x 4,0cm) no qual deveria ser produzida a resposta; o participante respondia posicionando o cursor sobre o quadrado e pressionando o botão esquerdo do *mouse*. Se pressões sobre o quadrado verde ocorressem dentro do intervalo (antes que os 10 segundos se esgotassem), o estímulo auditivo era interrompido, o quadrado verde desaparecia da tela e um desenho animado era apresentado por 15 segundos (linha 4). O desenho apresentado como consequência tinha uma du-

ração total de duas horas e foi fracionado para apresentações em períodos consecutivos de 15 segundos cada. Após a apresentação do desenho a tela inteira ficava cinza por dois segundos (linha 5). Se não ocorressem pressões ao quadrado durante o S+, ao longo do período de 10 segundos, a tentativa também terminava com a apresentação da tela de intervalo por dois segundos. Na condição S-, uma pressão ao botão produzia imediatamente o intervalo entre tentativas; se nenhuma resposta fosse emitida durante o intervalo de 10 segundos de S-, seu término era seguido pelo intervalo entre tentativas. Portanto, a apresentação do desenho animado ocorria apenas quando o participante respondesse na presença de estímulo acústico.

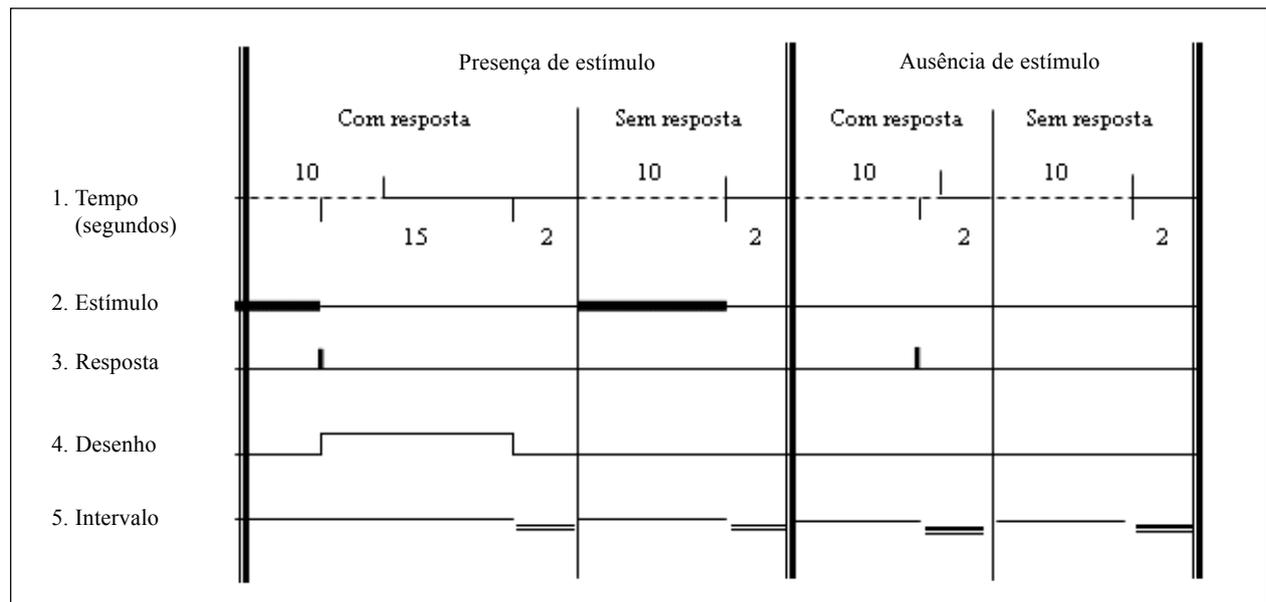


Figura 1. Diagrama das condições experimentais empregadas no procedimento

Nota. Nas linhas estão representados os eventos: o tempo em segundos (linha 1); a apresentação dos estímulos auditivos como linha cheia grossa (linha 2); a emissão de resposta indicada por uma marca vertical (linha 3); a duração da apresentação da consequência (desenho animado) indicada pelo deslocamento da linha para acima (linha 4); e o intervalo entre tentativas, representado pela linha dupla, deslocada para baixo. As colunas apresentam amostras de segmentos do procedimento na Presença e na Ausência do estímulo, com ou sem ocorrência da resposta.

O procedimento era iniciado com um bloco de 10 tentativas de S+ com o objetivo de ensinar o participante a emitir a resposta e produzir a consequência. Em seguida, para ensinar a discriminação, isto é, que a resposta produzia a consequência somente diante de S+, era apresentado um bloco com 50 tentativas, 25 em S+ e 25 em S-, distribuídas em uma ordem semi-aleatória e com no máximo três tentativas consecutivas do mesmo tipo. O critério de aprendizagem era um índice de discriminação igual ou maior que 0,9. Se o critério não fosse atingido com as 60 tentativas iniciais, eram programados novos blocos com 50 tentativas, com novas seqüências na distribuição de tentativas S+ e S-.

*Fase de Teste.* Nesta fase o implante coclear era conectado ao segundo computador por meio da interface, o que

implicava que o participante deixava de ter acesso aos sons do ambiente e a estimulação elétrica passava a ser apresentada diretamente no nervo auditivo. A fonoaudióloga controlava a apresentação do estímulo e o ajuste da intensidade. O participante continuava realizando a tarefa experimental (linha de base) no computador que gerenciava o procedimento de ensino. Como nesta fase o participante não tinha acesso aos sons do ambiente, o estímulo acústico continuava sendo apresentado nas caixas de som, como referência para a fonoaudióloga, que apresentava simultaneamente o estímulo elétrico.

O teste era conduzido em blocos de 10 tentativas cada, sendo cinco em S+ e cinco em S-, apresentadas em ordem semi-aleatória. Cada bloco avaliava uma intensidade. A ordem de apresentação das tentativas diferia de um

bloco para outro; também era realizado um intervalo (de no máximo cinco minutos) entre um bloco e outro, durante o qual novos blocos eram programados e o participante podia interagir com as pessoas presentes. Em cada bloco a intensidade da estimulação era mantida constante nas cinco tentativas em S+. A intensidade a ser empregada em cada bloco era previamente planejada e registrada em um protocolo, usado como roteiro pela fonoaudióloga. O protocolo era construído com base nos seguintes critérios: no primeiro bloco da Fase de Teste a intensidade deveria corresponder ao ponto médio entre as medidas de limiar e máximo conforto auditivo obtidas previamente nas sessões de regulagem do implante coclear com procedimentos clínicos. Essa intensidade era empregada para avaliar a linha de base com o estímulo elétrico. O critério para finalizar a avaliação era um índice de discriminação igual ou maior que 0,9. Caso o critério não fosse atingido, o participante deveria ser novamente exposto ao procedimento de ensino com o estímulo acústico e depois a um novo bloco com o estímulo elétrico. Quando o desempenho discriminado era mantido dentro do critério, a intensidade era manipulada em blocos consecutivos, inicialmente em variação descendente, seguida por uma seqüência ascendente (cf. Levitt, 1971). Os valores de unidade de corrente empregados na avaliação de linha de base e em cada bloco de teste são apresentados na Tabela 2. A primeira seqüência descendente era mantida até que se observasse perda da discriminação operante em um bloco (índice de discriminação menor que 0,8, ou seja, três ou mais erros em um bloco de 10 tentativas). Esse índice de discriminação era tomado como indicativo de não detecção do estímulo e a intensidade do estímulo auditivo então era aumentada no bloco seguinte; se a discriminação não fosse recuperada no primeiro aumento de intensidade, novo aumento deveria ser conduzido em um novo bloco ou em novos blocos, em uma seqüência ascendente, até que se observasse recuperação da discriminação (índice de discriminação igual ou maior que 0,8 por bloco). Com este delineamento, quando foi possível realizar somente uma reversão, o valor de limiar auditivo era a intensidade máxima sob a qual o desempenho discriminado voltava a ocorrer com consistência. Quando eram realizadas duas reversões o valor de limiar correspondia à mínima intensidade que produzia novamente deterioração na discriminação na segunda seqüência descendente.

## Resultados

### *Fase de Ensino*

A Figura 2 apresenta dados da aquisição da discriminação entre presença e ausência do estímulo auditivo. Para cada participante são apresentados o índice de discriminação (gráfico superior) e a frequência acumulada de respostas (*R/min.*, gráfico inferior) ao longo da sessão experimental. Todos os participantes atingiram o critério

de aprendizagem (índice de discriminação igual ou maior que 0,9) na primeira exposição ao bloco de 50 tentativas. A duração da sessão foi curta, variando entre 11 e 13 minutos para participantes individuais. No início da sessão o responder era indiscriminado para a maioria dos participantes, como mostram as curvas de respostas acumuladas (em S+ e S-) e os índices de discriminação instáveis. À medida que o procedimento prosseguia, o responder começou a se concentrar na presença dos estímulos auditivos, como indicado pela aceleração constante ou positiva nas curvas acumuladas (quadrados cheios), enquanto as respostas na ausência do estímulo tenderam a diminuir, como indicado pela aceleração negativa nas curvas relativas ao S- (triângulos vazios). A discrepância entre as duas curvas e os elevados índices de discriminação no final da sessão indicam discriminação bem estabelecida com todos os participantes.

### *Fase de Teste*

A Figura 3 apresenta o índice de discriminação na fase de teste, quando a intensidade era manipulada a cada bloco de 10 tentativas e o estímulo elétrico era apresentado diretamente na cóclea. O primeiro ponto refere-se à intensidade de linha de base (imediatamente após a sessão inicial, com o estímulo acústico, cujos dados foram mostrados na Figura 2), a partir da qual foram definidas as demais intensidades para cada participante individual. Cada ponto é a média das 10 tentativas de cada bloco (5 de S+ e 5 de S-). Verifica-se que na linha de base o índice de discriminação de todos os participantes foi mantido acima de 0,8 no primeiro bloco, portanto muito próximo do índice obtido por meio do processador de fala. À medida que a intensidade do estímulo elétrico foi sendo reduzida, a discriminação ainda foi mantida até intensidades bem menores que a de linha de base para a maioria dos participantes, indicando que o estímulo continuava sendo detectado. A perturbação na discriminação operante ocorreu abruptamente para a maioria dos participantes (exceto para VVN, que mostrou um decréscimo gradual). A partir da intensidade em que ocorreu a deterioração da discriminação (índice < que 0,8), a intensidade foi novamente aumentada em cinco unidades de corrente por bloco e todos os participantes mostraram recuperação da discriminação já no primeiro bloco com a intensidade mais alta, ou seja, a intensidade sob qual a discriminação voltou a ocorrer era igual à menor intensidade que havia mantido o índice de discriminação acima de 0,8 ao longo da variação descendente. Com dois participantes (JLA e TMR) foi possível replicar a redução na intensidade (segunda reversão), o que confirmou novamente a perda da discriminação na intensidade mais baixa. A pronta recuperação da discriminação operante pode ser tomada como indício de que o componente crítico era a intensidade do estímulo (que podia ou não ser detectado).

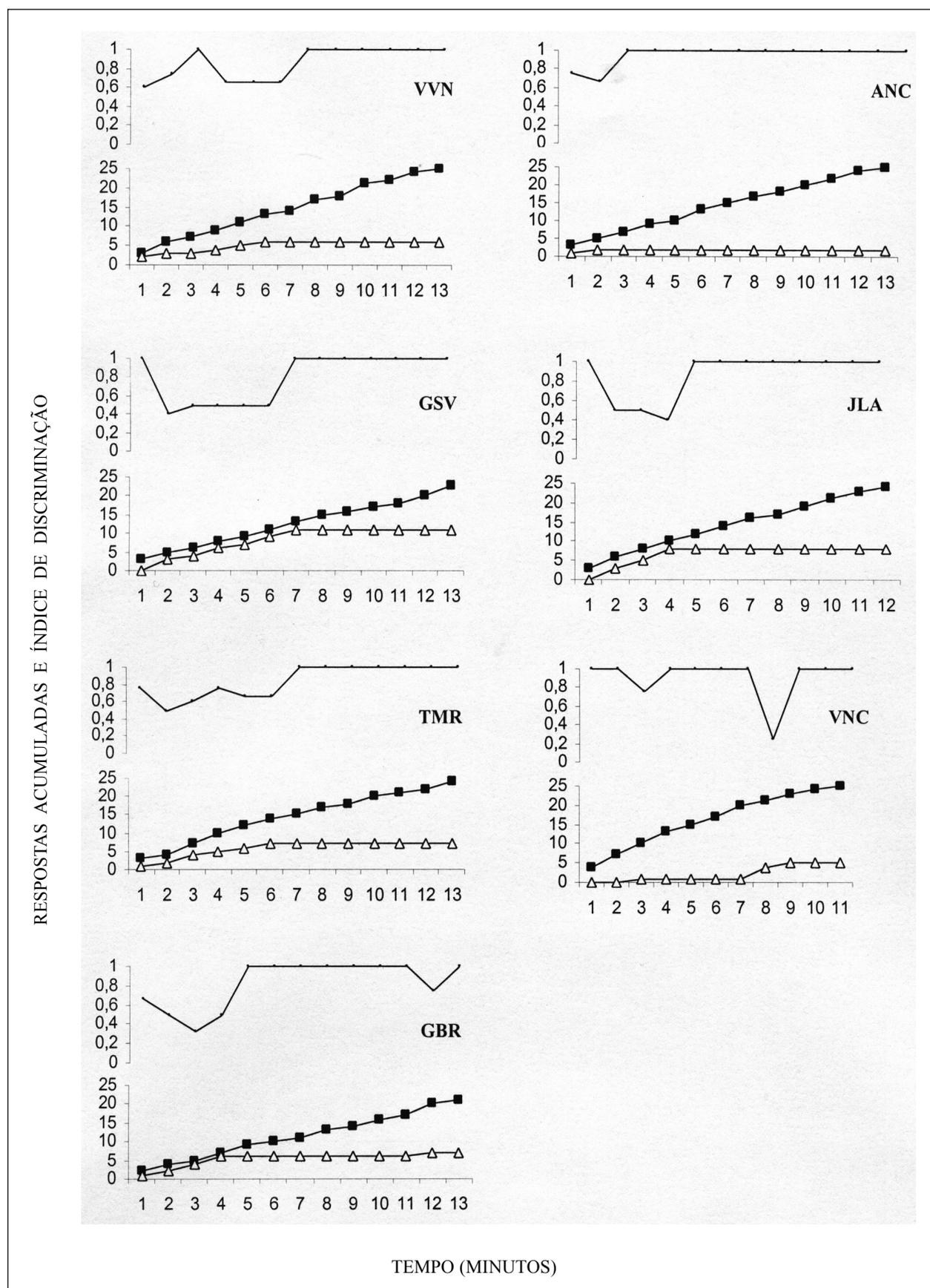


Figura 2. Índice de discriminação e respostas acumuladas (R/min) na Fase de Ensino  
 Nota. Quadrados cheios representam respostas na presença do estímulo auditivo (S+) e triângulos vazios representam respostas na ausência do estímulo (S-).

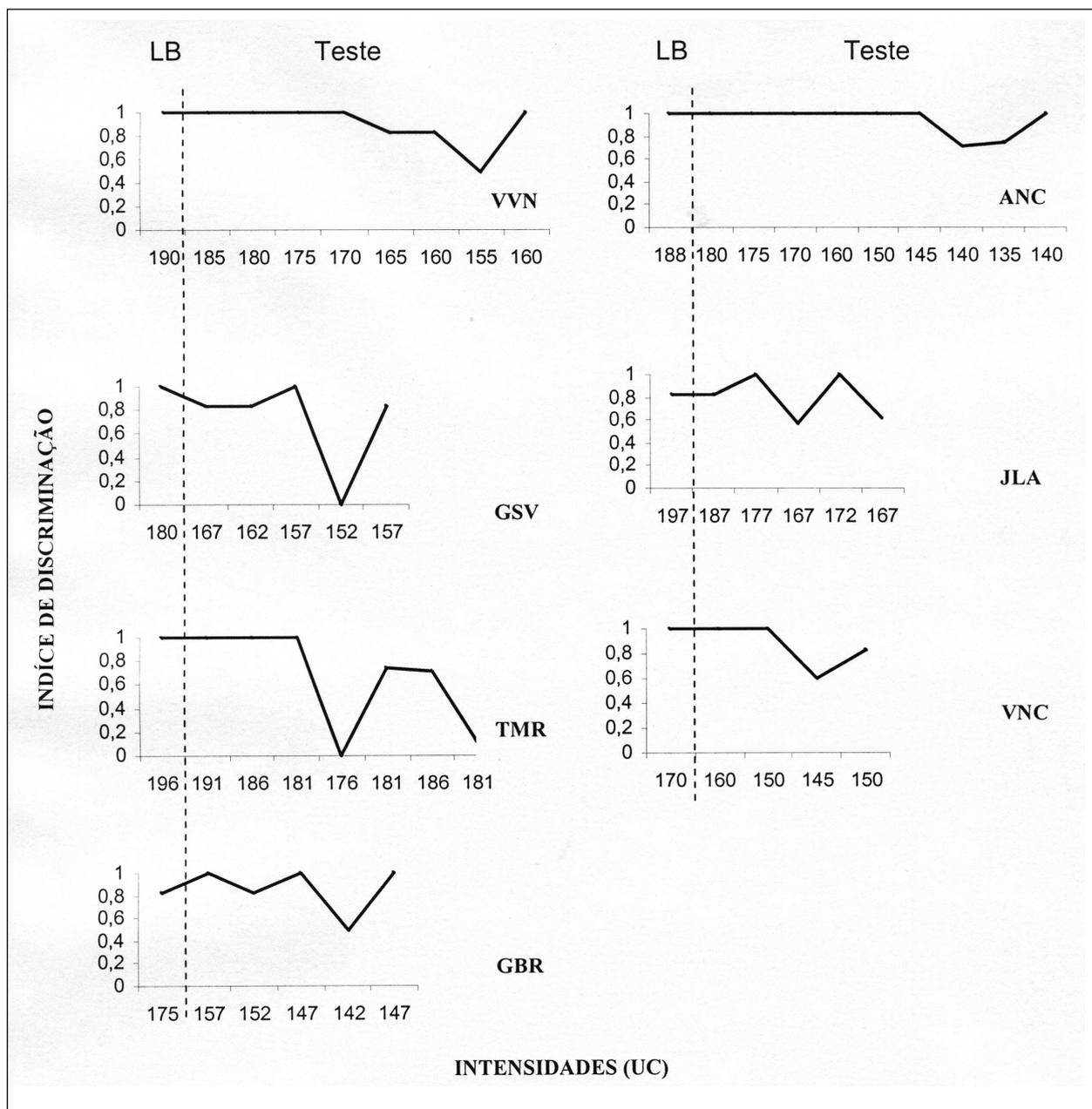


Figura 3. Índice de discriminação na avaliação de linha de base (LB) e ao longo da seqüência de intensidades manipuladas em blocos de 10 tentativas na fase de Teste

A partir dos resultados obtidos com o procedimento operante e com base no critério que estabelece a menor quantidade de corrente que elicia consistentemente uma sensação auditiva como limiar auditivo para usuários de implante (Clark et al., 1997), foram definidos os limiares individuais registrados na última coluna da Tabela 2. Pode-se observar que os valores apresentam variabilidade individual, mas situam-se em uma faixa entre 140 e 186 UC.

### Discussão

Para todos os participantes do presente estudo o emprego de uma consequência programada (desenho ani-

mado) para uma resposta motora produzida somente durante a apresentação do estímulo elétrico permitiu estabelecer uma relação funcional entre estimulação elétrica e a resposta, com a qual foi possível indicar a detecção ou não do estímulo elétrico por meio da presença ou ausência de resposta (Figura 2). O procedimento de reversão permitiu separar com clareza a discriminação (desempenho sob controle de estímulos) e a detecção do estímulo, uma vez que a discriminação era imediatamente recuperada a níveis prévios quando a intensidade era aumentada (e o estímulo a ser discriminado era detectado). Se a discriminação tivesse realmente se deteriorado, sua recuperação (reaprendizagem)

Tabela 2

*Unidades de Corrente na Linha de Base e em Blocos Sucessivos na Fase de Teste e Intensidade Identificada como Limiar Auditivo para Estimulação Elétrica no Eletrodo 15 para cada Participante*

Participantes	LB	Intensidades em blocos sucessivos de teste (UC)								Limiar (UC)	
ANC	188	180	175	170	160	150	145	140	<b>135</b>	140	140
GBR	175	157	152	147	<b>142</b>	147					147
VNC	170	160	150	<b>145</b>	150						150
GSV	180	167	162	157	<b>152</b>	157					157
VVN	190	185	175	170	165	160	<b>155</b>	160			160
JLA	197	187	177	<b>167</b>	172	<b>167</b>					172
TMR	196	191	186	181	<b>176</b>	181	186	<b>181</b>			186

*Nota.* Negritos indicam as menores intensidades que não mantiveram o desempenho discriminado.

deveria ter requerido pelo menos algumas tentativas; a recuperação imediata do desempenho sugere que a discriminação estava mantida e que, portanto, o não responder deveria indicar não detecção da presença do estímulo. Assim, o procedimento permitiu acessar diretamente mínimos valores de intensidade de corrente elétrica que produziam sensação auditiva em indivíduos usuários de implante coclear – ou seja, que controlavam a emissão de respostas e foram indicados como medidas de limiar auditivo (Figura 3, Tabela 2). Portanto, o procedimento operante permitiu estabelecer um comportamento discriminado em que a resposta sob controle do estímulo elétrico era motora, dispensando habilidades orais e/ou respostas eletrofisiológicas para indicar a detecção ou não de estímulos auditivos produzidos por meio do implante coclear, na avaliação de limiar auditivo com crianças implantadas com surdez pré-lingual. O efeito observado no presente estudo é confiável e estende para a população estudada as descobertas de estudos prévios com infra-humanos (e.g., Blough, 1958; Clevenger & Restrepo, 2006; Gerken & Sandlin, 1977; Langemann et al., 1998; Pfingst & Morris, 1993) e crianças pequenas ouvintes (e.g. Moore, Wilson, & Thompson, 1977; Primus & Thompson, 1985; Sinnott et al., 1983).

Uma característica importante do procedimento, a ser incorporada na avaliação clínica, foi o emprego de estímulos acústicos na fase inicial de ensino e sua substituição pelo estímulo elétrico depois de estabelecida a discriminação operante. Os dados do primeiro bloco na Fase de Teste (Figura 3), que avaliava a manutenção da linha de base na transição de um tipo de estimulação para outra, mostraram que a discriminação se manteve acurada quando o estímulo passou a ser produzido diretamente no nervo auditivo. A afirmação é verdadeira mesmo para a primeira tentativa em S+ nesse primeiro bloco: todos os participantes apresentaram imediatamente a resposta quando o estímulo foi produzido diretamente no nervo auditivo pela primeira vez, sugerindo uma generalização operante (e.g., Jenkins & Harrison, 1960) de uma modalidade para outra. De acordo com Catania (1999) a gene-

ralização se refere à dispersão do efeito do reforço na presença de S+ para outros estímulos não-correlacionados diretamente com este reforço e a manutenção desta dispersão depende de quanto o S+ e os outros estímulos são semelhantes entre si. Assim, a generalização sugerida no presente estudo pode indicar que a estimulação acústica e a produzida diretamente no nervo auditivo partilham semelhanças suficientes para que avaliação operante de limiar seja feita com uma ou ambas as formas de estimulação. Portanto, a estratégia de empregar o estímulo acústico como forma de evitar uma extensiva exposição dos participantes à estimulação elétrica direta mostrou-se adequada e promissora.

Na Fase de Teste o objetivo fundamental era gerar evidências de que a resposta variava em função de alterações na intensidade do estímulo. Para isso, o delineamento do teste foi adaptado do método psicofísico de escada (Levitt, 1971), reduzindo ou aumentando a intensidade do estímulo elétrico entre blocos de tentativas, ao mesmo tempo em que dentro de cada bloco a intensidade era mantida constante. A variação na intensidade entre um bloco e outro era feita em cinco e/ou em dez unidades de corrente elétrica e o critério para encerrar o teste era identificar a primeira intensidade que não mais mantivesse o responder discriminado e voltar a demonstrar o controle discriminativo com uma intensidade mais elevada. Com este delineamento foi possível obter, para todos os participantes, desempenhos que mostraram manutenção, deterioração e retorno do desempenho discriminativo em função da variação na intensidade. Adicionalmente, com dois participantes foi possível replicar a perda da discriminação na intensidade mais baixa. Assim, embora por razões de logística na situação experimental não tenham sido empregadas entre seis e oito reversões para definir o valor de limiar absoluto, como sugere o método de escada, no presente estudo o procedimento operante mantido durante as duas fases e o delineamento de sujeito como seu próprio controle (Sidman, 1960) permitiram a replicação direta dos resultados tanto intra como entre participantes. Pode-se considerar, portanto, que foram pro-

duzidas evidências de aquisição e manutenção de uma relação de controle consistente do estímulo elétrico sobre a resposta, sob dadas condições de intensidade. Cabe ressaltar, porém, que o limiar deve ser indicado como uma faixa e não como um valor absoluto, tendo em vista os intervalos entre as intensidades manipuladas; valores mais precisos poderiam ter sido obtidos se tivesse sido possível realizar reversões com intervalos entre intensidades cada vez menores (não só de 5 em 5, mas talvez de 2 em 2 e até de 1 em 1 unidades de corrente).

Apesar dos aspectos promissores do procedimento, o estudo aponta algumas limitações no método que deveriam ser superadas com novos estudos, antes que o procedimento possa ser incorporado à rotina clínica. Por exemplo, o procedimento atende apenas parcialmente aos requisitos apontados por Wieringen e Wouters (2001) para a avaliação de parâmetros de regulação do implante coclear com crianças: os procedimentos devem empregar tarefas simples e que produzam medidas precisas no menor tempo possível. No procedimento desenvolvido a tarefa pode ser considerada simples, pois exigia apenas uma resposta motora na presença de um estímulo (mas não na sua ausência), porém, o tempo gasto para obter a medida de limiar pode ser questionado. Considerando os períodos de aquisição (Figura 2) e de avaliação, a duração total para a execução do procedimento variou de 30 a 40 minutos e esse tempo é relativamente longo, considerando-se a idade dos participantes, o conjunto das demais avaliações clínicas a que deveriam ser submetidas no curto período de dois a três dias e a necessidade de que a avaliação seja realizada para cada um dos eletrodos implantados. Uma análise mais detalhada dos dados sugere que talvez a duração possa ser reduzida, levando-se em consideração outros critérios, depois de uma nova verificação empírica de sua validade. Na Fase de Ensino de ensino, por exemplo, em vez do número fixo de tentativas, talvez pudesse ser definido um número consecutivo de tentativas corretas (por exemplo, 10 respostas em S+ e 10 não respostas em S-). Esta sugestão baseia-se no fato de que para a maioria dos participantes o critério de aprendizagem havia sido atingido e mantido a partir da metade da sessão (entre 4 e 7 minutos), como mostra a Figura 2. Na Fase de Teste, por sua vez, as avaliações envolveram entre 5 e 10 intensidades diferentes (Figura 3), expondo os participantes a um número de tentativas entre 50 e 100. Durante esses testes foi observada queda na motivação dos participantes, no interesse e na atenção à tarefa. Embora essas ocorrências não tenham, aparentemente, interferido com os principais efeitos descritos, dada a consistência observada entre desempenho discriminado e intensidade do estímulo, a manutenção de uma participação atenta e o conforto do avaliado são condições essenciais, tanto para a fidedignidade e validade dos dados, quanto por razões éticas.

Além disso, considerando que a avaliação de limiar auditivo para implantados deve ser realizada em todos os

eletrodos localizados nas três regiões da cóclea (Clark et al., 1997), o que amplia consideravelmente o tempo de avaliação, estudos futuros poderiam avaliar a eficácia e rapidez do procedimento empregando-se uma tarefa de operante livre, em vez das tentativas discretas empregadas no presente estudo. Esta sugestão baseia-se em um estudo de Hachiya e Ito (1991) no qual a aquisição foi mais rápida e estável sob um procedimento de discriminação com operante livre do que em um procedimento de tentativas discretas.

É preciso considerar, ainda, que no presente estudo as crianças tinham entre cinco e sete anos e os resultados não podem ser generalizados diretamente para crianças menores, que apresentam menor experiência auditiva, habilidades lingüísticas menos desenvolvidas antes da implantação (Thai-van et al., 2004) e requerem condições apropriadas ao seu nível de desenvolvimento comportamental para participação em situações experimentais (Gil, Oliveira, Sousa, & Faleiros, 2006; Weisberg, & Rovee-Collier, 1998). Estas considerações tornam-se especialmente importantes pelo fato de que o implante coclear vem sendo cada vez mais realizado em crianças em idades abaixo de 12 meses (e.g., Anderson et al., 2004), acarretando exigências adicionais para a implementação de um procedimento operante com populações nessa faixa etária. Portanto, com vistas à viabilidade de uma aplicação prática com crianças menores e para avaliação com todos os eletrodos, o potencial de uma avaliação operante de limiar auditivo, sugerido no presente estudo, deverá ser documentado em novos estudos com amostras com crianças mais jovens, que avaliem limiares auditivos com eletrodos nas diferentes regiões da cóclea e que busquem reduzir a quantidade de tentativas necessárias para realizar a avaliação.

### Considerações Finais

O presente estudo fornece indícios sobre a viabilidade de desenvolvimento de uma tecnologia operante como alternativa à necessidade de habilidades orais, experiência auditiva e uso de respostas eletrofisiológicas na regulação de implante coclear com crianças pré-lingüais. A eficácia do procedimento e o elevado grau de controle experimental alcançado evidenciam sua aplicabilidade na área de implante coclear; contudo, ainda será necessário aprimorar o procedimento para que, além de adequado no contexto de laboratório, ele também seja funcional na aplicação clínica, pelas demandas especiais que esse ambiente impõe à tarefa de avaliação auditiva.

### Referências

- Anderson, I., Weichbold, V., D' Haese, P. S. C., Szuchnik, J., Quevedo, M. S., Martin, J., et al. (2004). Cochlear implantation in children under the age of two: What do the outcomes show us? *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 68(4), 425-431.

- Békésy, G. V. (1947). A new audiometer. *Acta Otolaryngologica*, 35, 411-422.
- Berg, K. M., & Smith, M. C. (1983). Behavioral thresholds for tones during infancy. *Journal of Experimental Child Psychology*, 35(3), 409-425.
- Bevilacqua, M. C., & Moret, A. L. M. (1997). Reabilitação e implante coclear. In O. Lopes Filho (Ed.), *Tratado de Fonoaudiologia* (pp. 401-414). São Paulo, SP: Roca.
- Bevilacqua, M. C., Costa, O. A., Filho, & Moret, A. L. M. (2003). Implante coclear em crianças. In A. H. Campos & O. O. Costa (Eds.), *Tratado de Otorrinolaringologia* (pp. 268-277). São Paulo, SP: Roca.
- Blough, D. (1958). A method for obtaining psychophysical threshold from the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1(1), 31-43.
- Brotos, A., van Dijk, B., & Killian, M. (2006). An automated system that measures ECAP threshold with de Nucleus® Freedom cochlear implant via machine intelligence. *Artificial Intelligence in Medicine*, 40(1), 15-28.
- Burns, W., & Hinchcliffe, R. (1957). Comparison of the auditory threshold as measure by individual pure tone and by Békésy audiometry. *Journal of the Acoustical Society of America*, 29(12), 1274-1277.
- Buss, E., Hall, J. W., Grose, J. H., & Dev, M. B. (2001). A comparison of threshold estimation methods in children 6-11 years of age. *Journal of the Acoustical Society of America*, 109(2), 727-731.
- Caner, G., Olgun, L., Gultekin, G., & Balaban, M. (2007). Optimizing fitting in children using objective measures such as neural response imaging and electrically evoked stapedius reflex threshold. *Otology & Neurotology*, 28(5), 637-640.
- Catania, A. C. (1999). *Aprendizagem: Comportamento, linguagem e cognição* (4. ed.). Porto Alegre, RS: Artmed.
- Clark, G. M., Cowan, R. S. C., & Dowell, R. C. (1997). Speech processor programming. In G. M. Clark, R. S. C. Cowan, & R. C. Dowell (Eds.), *Cochlear implantation for infants and children: Advances* (pp. 149-170). San Diego, CA: Singular.
- Clevenger, A. M., & Restrepo, D. (2006). Evaluation of the validity of a maximum likelihood adaptive stair case procedure for measurement of olfactory detection threshold in mice. *Chemical Senses*, 31(1), 9-26.
- Cooper, H. (1991). *Practical aspects of audiology cochlear implant: A practical guide*. San Diego, CA: Singular.
- da Silva, W. R., de Souza, D. G., Bevilacqua, M. C., & Savian, J. R. (2005). *Avaliação operante de limiar e conforto auditivo (AOLCAI®)* [Computer software]. Bauru, SP.
- Feitosa, M. A. G. (1996). Teoria e métodos em psicofísica. In L. Pasquali (Ed.), *Teoria e métodos de medida em ciências do comportamento* (pp. 43-71). Brasília, DF: Editora da Universidade de Brasília.
- Firszt, J. R., Chambers, R. D., Rotz, L. A., & Novak, M. A. (1999). Electrically evoked potentials in adult and pediatric CLARION® implant users. *Annals of Otolaryngology and Laryngology*, 117, 58-63.
- Gerken, G. M., & Sandlin, D. (1977). Auditory reaction time and absolute threshold in cat. *Journal of the Acoustical Society of America*, 61(2), 602-607.
- Gil, M. S. C. A., Oliveira, T. P., Sousa, N. M., & Faleiros, D. A. M. (2006). Variáveis no ensino de discriminação para bebês. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 22(2), 146-152.
- Gordon, K. A., Papsin, B. C., & Harrison, R. V. (2007). Auditory brainstem activity and development evoked by apical versus basal cochlear implant electrode stimulation in children. *Clinical Neurophysiology*, 118(8), 1671-1684.
- Gray, L., & Rubel, E. W. (1984). Development of absolute threshold in chickens. *Journal of the Acoustical Society of America*, 77(3), 1162-1172.
- Guedes, M. C., Gomes, M. V. S. G., Sant'Ana, S. B. G., Peralta, C. G. O., Brito, R. V., Neto, Sanches, T. G., et al. (2003). Medidas de telemetria de resposta neural em usuários de implante coclear multicanal. *Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia*, 7(3), 197-204.
- Hachiya, S., & Ito, M. (1991). Effects of discrete-trial and free-operant procedures on the acquisition and maintenance of successive discrimination in rats. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 55(1), 3-10.
- Hungria, H. (1987). *Otorrinolaringologia*. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara.
- Jenkins, H. M., & Harrison, R. H. (1960). Effect of discrimination training on auditory generalization. *Journal of Experimental Psychology*, 59, 246-253.
- Keller, F. S., & Schoenfeld, N. (1950). *Principles of Psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Langemann, U., Gauger, B., & Klump, G. M. (1998). Auditory sensitivity in the Great Tit: Perception of signals in the presence and absence of noise. *Animal Behavior*, 56(3), 763-769.
- Levitt, H. (1968). Testing for sequential dependencies. *Journal of the Acoustical Society of America*, 43(1), 65-69.
- Levitt, H. (1971). Transformed up-down methods in psychoacoustics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 49(2), 467-477.
- Moore, J. M., Wilson, W. R., & Thompson, G. (1977). Visual reinforcement of head-turn responses in infants under 12 months of age. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 42(3), 328-334.
- 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 Otorhinolaryngology*, 260(2), 67-72.
- Nicolelis, M. A. L. (2001). Action from thoughts. *Nature*, 409, 403-407.
- Pfingst, B. E., & Morris, D. J. (1993). Stimulus features affecting psychophysical detection thresholds for electrical stimulation of the cochlea. II: Frequency and interpulse interval. *Journal of the Acoustical Society of America*, 94(3), 1287-1294.
- Potts, L. G., Skinner, M. W., Gotter, B. D., Strube, M. J., & Brenner, C. A. (2007). Relation between neural response telemetry thresholds, T- and C-levels, and loudness judgments in 12 adult nucleus 24 cochlear implant recipients. *Ear and Hearing*, 28(4), 495-511.
- Primus, A. M., & Thompson, G. (1985). Response strength of young children in operant audiometry. *Journal of Speech and Hearing Research*, 28(4), 539-547.
- Rizzi, F. M. L., & Bevilacqua, M. C. (2003). Efeito do número e localização dos eletrodos na cóclea na percepção da fala de indivíduos pós-linguais implantados. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 69(3), 364-369.
- 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 Otolaryngology and Laryngology Supplement*, 166, 175-176.
- Sheppard, S. (2005). Fitting and programming the external system. In B. McCormick, S. Archbold, M. Sheppard, & S. Sheppard (Eds.), *Cochlear implants for young children: The Nottingham approach to assessment and rehabilitation* (pp. 142-165). London: Whurr.

- Sidman, M. (1960). *Tactics of scientific research*. New York: Basic Books.
- Sinnott, J. M., Pisoni, D. B., & Aslin, R. N. (1983). A comparison of pure tone auditory thresholds in human infants and adults. *Infant Behavior & Development*, 6(1), 3-17.
- Stephan, K., & Welzl-Müller, K. (2000). Post-operative stapedius reflex tests with simultaneous loudness scaling in patients supplied with cochlear implants. *Audiology*, 39(1), 13-18.
- Thai-Van, H., Cozma, S., Bouitite, F., Disant, F., Truy, E., & Colett, E. (2007). The pattern of auditory brainstem response wave V maturation in cochlear implanted children. *Clinical Neurophysiology*, 118(3), 676-689.
- Thai-Van, H., Truy, E., Charasse, B., Boutitie, F., Chanal, J., Cochard, N., et al. (2004). Modeling the relationship between psychophysical perception and electrically evoked compound action potential threshold in young cochlear implant recipients: Clinical implication for implant fitting. *Clinical Neurophysiology*, 115(12), 2811-2824.
- Todd, N. W., Ajayi, E. F., Hasenstab, M. S., Webster, D. A., & Boyd, P. J. (2003). Childhood otitis media and electrically elicited stapedius reflexes in adult cochlear implantees. *Otology and Neurotology*, 24(4), 621-624.
- Weisberg, P., & Rovee-Collier, C. (1998). Behavioral processes of infants and young children. In A. Lattal & M. Perone (Eds.), *Handbook of research methods in human operant behavior* (pp. 378-416). New York: Plenum Press.
- Wieringen, A., & Wouters, J. (2001). Comparison of procedures to determine electrical stimulation threshold in cochlear implants users. *Ear and Hearing*, 22(6), 528-538.
- Zimmerling, M. G., & Hochmair, E. S. (2002). ECAP recordings in Ineraid patients: Correlations with psychophysical measures and possible implications for patient fitting. *Ear and Hearing*, 23(2), 81-91.