UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

AMANDA GIORGETTO RODRIGUES

**Caracterização do potencial evocado auditivo cortical P1-N1-
P2 em crianças com estimulação bimodal**

BAURU
2016

AMANDA GIORGETTO RODRIGUES

**Caracterização do potencial evocado auditivo cortical P1-N1-P2 em
crianças com estimulação bimodal**

Dissertação apresentada a Faculdade de
Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em Ciências no
Programa de Fonoaudiologia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Kátia de Freitas Alvarenga

Versão corrigida

BAURU
2016

R618c Rodrigues, Amanda Giorgetto
Caracterização do potencial evocado auditivo
cortical P1-N1-P2 em crianças com estimulação
bimodal / Amanda Giorgetto Rodrigues. – Bauru,
2015.
135 p : il. ; 31cm.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de
Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo

Orientador: Prof^a. Dr^a. Kátia de Freitas
Alvarenga

Nota: A versão original desta dissertação/tese encontra-se disponível no Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB/USP.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação/tese, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data:

Comitê de Ética da FOB-USP
Protocolo nº:
Data:

DEDICATÓRIA

A **Deus** por ser meu guia, demonstrando Sua forte e constante presença colocando em meu caminho as melhores pessoas em seus melhores momentos.

Aos meus **pais**, por me apoiarem em todas as minhas decisões, com amor, compreensão, paciência, carinho e dedicação. Obrigada por serem meus pilares e exemplos de vida, obrigada por aceitar minhas falhas e faltas, obrigada por compreender as inúmeras ausências, obrigada por sempre terem uma palavra de incentivo e carinho. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

À **Faculdade de Odontologia de Bauru**, por me proporcionar o melhor ambiente de formação profissional e pessoal, tendo excelência no desempenho das três frentes a que se propõe: Ensino, pesquisa e extensão.

As **comissões de coordenação de Pós-Graduação em fonoaudiologia e a Pós-Graduação**, FOB-USP, por todo suporte e apoio para com todos os alunos de pós-graduação.

Ao **Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais** por ter feito parte fundamental em toda a minha formação profissional, tornando-me alguém melhor à partir das experiências que obtive em toda minha trajetória.

À **Profª Drª Kátia de Freitas Alvarenga** por ter aflorado em mim a vontade de me aprofundar e compreender melhor esse fantástico mundo da audilogia. A senhora, todo o meu respeito, carinho, amor e admiração, sempre serei grata àquela, que em inúmeros momentos me preparou para ser alguém melhor, tanto na vida pessoal quanto profissional. Obrigada pelos vários momentos em que gentilmente, compartilhou comigo seu vasto conhecimento.

À **Profª Drª Adriane de Lima Moret Mortari** por ser uma excelente profissional tanto dentro das salas de aulas, quanto assumindo a árdua tarefa da coordenação do Centro de Pesquisas Audiológicas (CPA) desempenhando, ambas com maestria.

Ao **Prof Dr Orozimbo Alves Costa Filho** por partilhar comigo um pouco do seu vasto conhecimento.

À toda **equipe do CPA**, que fez parte da minha vida durante todos os anos da pós-graduação, desde a especialização ao mestrado, tenho orgulho em dizer que um dia fui parte desta equipe. As fonoaudiólogas **Karina, Bete, Eliene, Liège, Leandra, Luzia e Júlia**, meu muito obrigada pelo apoio profissional em solucionar minhas dúvidas e questionamentos, aos médicos **Dr Luiz Fernando, Dr Eduardo e**

Dr José Carlos e Dr Carlos Henrique, a assistente social **Talita**, às psicólogas **Midori e Marirane**, por colocarem em prática a multidisciplinaridade, a todos os momentos descontraídos e de aprendizado com os residentes que passaram por mim e minha turma de especialização.

As secretárias e amigas **Rô, Dabi, Karina, Claudinha e Renata**, pela prontidão e paciência.

Aos **pacientes e suas famílias** por serem parte fundamental em minha trajetória, sendo o meio pelo qual aprendi dia-a-dia com sua experiência e ensinamentos. Obrigada pela paciência e disponibilidade durante a realização dos exames.

Às Fonoaudiólogas e amigas **Letícia e Thaís Maia** por compartilharem, além da orientadora, todas as angustias, alegrias, ânimos e desânimos em todas as situações diárias na vida de um pós-graduando. As fonoaudiólogas e companheiras de mestrado **Taci, Gabi, Marina** e as alunas de doutorado **Mary Re, Maria Jaqueline, Ademir e Mariane** pela convivência, apoio e amizade de vocês.

Às fonoaudiólogas **Raquel Agostinho, Luciane Mariotto, Agnes e Alana** pelas segundas-feiras na clínica de Audiologia infantil.

Aos amigos que fiz durante a faculdade e que permaneceram em minha vida, **Pri, Mari, Carol, Rezão, Livinha**, e àqueles de sempre e para sempre **Carô e Marcelo**, minha prima querida que se uniu a mim em uma profissão tão linda como a fonoaudiologia **Renata Giorgetto**. Amo vocês.

Aos novos companheiros de rotina e vida da Audibel, em especial as fonoaudiólogas **Adriany, Suellen, Gabi, Laís, Dani, Jessica**, obrigada por compreenderem minhas ausências e angustias. *Agradeço também à fonoaudióloga* **Adriana Cruz**, por acreditar em meu potencial e me apoiar em minhas escolhas.

Ao **Gustavo**, sou grata por sempre estar ao meu lado, me fazendo mais forte com seu apoio incondicional em todas as minhas decisões. Obrigada pela compreensão quando estive ausente.

A **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** pelo apoio financeiro.

A todos de que forma direta ou indireta participaram desta trajetória, meu **muito obrigada**.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota”

Theodore Roosevelt

RESUMO

Introdução: O implante coclear (IC) amplamente aceito como forma de intervenção e (re) habilitação nas perdas auditivas severas e profundas nas diversas faixas etárias. Contudo observa-se no usuário do IC unilateral queixas como localização e compreensão sonora em meio ao ruído, gerado pelo padrão anormal de estimulação sensorial. A fim de fornecer os benefícios da audição binaural, é preconizado a estimulação bilateral, seja por meio do IC bilateral ou com a adaptação de um aparelho de amplificação sonora individual (AASI) contralateralmente ao IC. Esta última condição é referida como estimulação bimodal, quando temos, concomitantemente dois modos de estimulação: Elétrica (IC) e acústica (AASI). Não há dados suficientes na literatura voltados à população infantil que esclareça ou demonstre o desenvolvimento do córtex auditivo na audição bimodal. Ressalta-se que não foram encontrados estudos em crianças. **Objetivo:** Caracterizar o PEAC complexo P1, N1 P2 em usuários da estimulação bimodal e verificar se há correlação com testes de percepção de fala. **Metodologia:** Estudo descritivo de séries de casos, com a realização do PEAC em cinco crianças usuárias da estimulação bimodal, a partir da metodologia proposta por Ventura (2008) utilizando o sistema Smart EP USB Jr da Intelligent Hearing Systems. Foi utilizado o som de fala /da/, apresentado em campo livre. O exame será realizado em três situações: Somente IC, IC e AASI e somente AASI. A análise dos dados dos potenciais corticais foi realizada após a marcação da presença ou ausência dos componentes do complexo P1-N1-P2 por dois juízes com experiência em potenciais evocados. **Resultados:** Foi obtida a captação do PEAC em todas as crianças em todas as situações de teste, além do que foi possível observar a correlação destes com os testes de percepção auditiva da fala. Foi possível verificar que o registro dos PEAC é um procedimento viável para a avaliação da criança com estimulação bimodal, porém, ainda não há dados suficientes quanto a utilização deste para a avaliação e indicação do IC bilateral.

Palavras-chave: Implante Coclear. Potenciais Evocados Auditivos. Auxiliares de Audição.

ABSTRACT

Characterization of cortical auditory evoked potential P1-N1-P2 in children with bimodal stimulation

Introduction: The cochlear implant (CI) is already accepted in the area, as an intervention (re)habilitation in severe and profound hearing loss in different age groups. However, it is observed in the unilateral CI users have complaints such as sound localization and understanding speech in noise. Recent studies with Cortical Auditory Evoked Potential (CAEP) demonstrated the fact that the CI cannot favors the ipsilateral development of the auditory pathway as expected. Therefore, unilateral CI users have an abnormal pattern of sensory stimulation. In this sense, the patient is advised and encouraged as to the fitting of hearing aids (HA) in no-implanted ear, especially in the presence of residual acoustic hearing in order to provide the benefits of binaural hearing. This condition is referred to bimodal hearing, when combining electric stimulation from the CI with acoustic stimulation from the contralateral ear provides to HA. Not enough data in the literature has focused on the child population to clarify or demonstrate the development of the auditory cortex in the bimodal hearing. **Objective:** To characterize the CAEP complex P1-N1-P2 users of bimodal stimulation and check for correlation with performance on tests of speech perception. **Methods:** A cross-sectional observational study, with the completion of the CAEP in six children using the Bimodal stimulation, the CAEP recording will be based in the methodology proposed by VENTURA (2008) using the system Smart EP USB Jr Intelligent Hearing Systems. The speech sound / of /, presented in free field, will be used. The potential will be recorded in three situations: monaural hearing (only CI); Bimodal hearing (IC and HA) and monaural hearing (only HA). The examination will be held in three situations: monaural hearing (only IC); Bimodal hearing (IC and hearing aids) and hearing monaural (only the hearing aid). Data analysis of the cortical potential was performed after the marking of the presence or absence of the components of the N1-P1-P2 complex by two judges experienced in evoked potentials. It was verified that the record of the ECCP is a viable procedure for the assessment of children with bimodal stimulation and can assist in bilateral IC nomination process or the maintenance of bimodal stimulation. **Key words:** Cochlear Implants; Cortical Auditory Evoked Potential; Hearing Aids.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Registro do potencial evocado auditivo cortical nas três situações teste propostas: Aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e bimodal.....	89
Figura 2 - Registro do potencial evocado auditivo cortical nas três situações teste propostas: Aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e bimodal.....	90
Figura 3 Registro do potencial evocado auditivo cortical nas três situações teste propostas: Aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e bimodal.....	92
Figura 4 Registro do potencial evocado auditivo cortical nas três situações teste propostas: Aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e bimodal.....	94
Figura 5 Registro do potencial evocado auditivo cortical nas três situações teste propostas: Aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e bimodal.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da casuística quanto ao gênero, data de nascimento, idade e momento da deficiência auditiva.....	76
Tabela 2 - Correlação entre a força de concordância e o valor de Kappa.....	83
Tabela 3 Interpretação do Coeficiente de Correlação Interclasse.....	83
Tabela 4 Informações referente a idade no momento da adaptação do AASI, da ativação dos eletrodos, na execução dos testes propostos na metodologia, assim como, experiência auditiva com cada um dos dispositivos e bimodal.....	87
Tabela 5 Características do implante coclear: marca, modelo do dispositivo, estratégias de processamento do sinal e do aparelho de amplificação sonora individual: marca e modelo.....	88
Tabela 6 Limiars tonais da orelha não implantada, limiars amplificados obtidos com o uso do aparelho de amplificação convencional e limiars obtidos com o uso do implante coclear.....	88
Tabela 7 Valores de latência (ms) e Amplitude (μ V) dos potenciais evocados nas três situações teste: aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e Estimulação Bimodal.....	89
Tabela 8 Resultado para os testes de percepção de fala proposto no protocolo GASP e percepção de dissílabos, nas três situações teste propostas: Aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e estimulação bimodal.....	89
Tabela 9 Limiars tonais da orelha não implantada, limiars amplificados	

	obtidos com o uso do aparelho de amplificação convencional e limiares obtidos com o uso do implante coclear.....	90
Tabela 10	Valores de latência (ms) e Amplitude (μ V) dos potências captados nas três situações teste: AASI, IC e Estimulação Bimodal.....	91
Tabela 11	Resultado para os testes de percepção de fala proposto no protocolo GASP, percepção de dissílabos e lista de sentenças no silêncio e no ruído para as três condições de estimulação: AASI, IC e Estimulação Bimodal.....	91
Tabela 12	Limiões tonais da orelha não implantada, limiões amplificados obtidos com o uso do aparelho de amplificação convencional e limiões obtidos com o uso do implante coclear.....	92
Tabela 13	Valores de latência (ms) e Amplitude (μ V) dos potências captados nas três situações teste: AASI, IC e Estimulação Bimodal.....	92
Tabela 14	Resultado para os testes de sentenças no silêncio e no ruído para as três condições de estimulação: AASI, IC e Estimulação Bimodal.	93
Tabela 15	Resultado para os testes de sentenças com o dispositivo de amplificação antes da realização do IC.....	93
Tabela 16	Limiões tonais da orelha não implantada, limiões amplificados obtidos com o uso do aparelho de amplificação convencional e limiões obtidos com o uso do implante coclear.....	93
Tabela 17	Valores de latência (ms) e Amplitude (μ V) dos potências captados nas três situações teste: AASI, IC e Estimulação Bimodal.....	94
Tabela 18	Resultados obtidos para a percepção de sentenças no silêncio e no ruído, propostas por Oliveira (1992) HINT (BEVILACQUA,	

2008).....	95
Tabela 19 Limiares tonais da orelha não implantada, limiares amplificados obtidos com o uso do aparelho de amplificação convencional e limiares obtidos com o uso do implante coclear.....	95
Tabela 20 Valores de latência (ms) e Amplitude (μ V) dos potenciais captados nas três situações teste: AASI, IC e Estimulação Bimodal.....	96
Tabela 21 Resultado para os testes de percepção de fala proposto no protocolo GASP e percepção de dissílabos (percentual de acerto de fonemas e palavras) para as três condições de estimulação: AASI, IC e Estimulação Bimodal.....	96

LISTA DE ABREVIATURA E SIMBOLOS

μV	Microvolt
AASI	Aparelho de amplificação Sonora individual
CPA	Centro de Pesquisas Audiológicas
dB	Decibel
dB NA	Decibel Nível de Audição
dB NPS	Decibel Nível de Pressão Sonora
DENA	Desordem do Espectro da Neuropatia Auditiva
GASP	Glendonald Auditory Screening Procedure
HINT	Hearing in Noise Test
Hz	Hertz
HRAC	Hospital Reabilitação de anomalias craniofacias
IC	Implante Coclear
IT-MAIS	The Infant-Toddler Meaningful Auditory Integration Scale
MUSS	Meaningful Use of Speech Scale
ms	Milissegundos
PEAC	Potencial evocado auditivo cortical
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	31
2	REVISÃO DE LITERATURA	35
2.1	Importância da audição binaural	35
2.2	Audição Bimodal	37
2.3	Potencial Evocado Auditivo Cortical e Implante Coclear	65
3	PROPOSIÇÃO	69
4	MATERIAL E MÉTODOS	73
4.1	Material e Método	73
4.2	Seleção da Casuística	75
4.3	Casuística	75
4.4	Métodos	76
4.4.1	Audiometria Tonal Limiar	76
4.4.2	Potencial Evocado Auditivo Cortical	77
4.5	Parâmetros para estimulação	78
4.6	Testes de Percepção Auditiva da fala	79
4.7	Análise dos resultados	81
5	RESULTADOS	87
5.1	Caracterização dos casos	87
5.2	Apresentação dos casos	88
6	DISCUSSÃO	99
7	CONCLUSÕES	109
	REFERÊNCIAS	113
	ANEXOS	

1 Introdução

1 INTRODUÇÃO

O implante coclear (IC) unilateral é amplamente aceito na área como forma de intervenção e (re) habilitação nas perdas auditivas severas e profundas nas diversas faixas etárias, proporcionando o desenvolvimento da função auditiva.

O avanço nos estudos na área, com o passar o tempo, permitiu a expansão quanto aos critérios para a indicação do IC, sendo possível a inclusão de candidatos com perdas auditivas bilaterais, dos quais uma orelha consegue desempenhar bons resultados com o aparelho de amplificação sonora individual (AASI) e a outra apresenta um resultado limitado.

Contudo, o IC unilateral traz consequências aos seus usuários como queixas específicas advindas da ausência da binauralidade, tais como a dificuldade de localização sonora e de percepção auditiva de fala no ruído. Assim, proporcionar os benefícios da audição binaural nestes pacientes é possível por meio do IC bilateral ou a partir da adaptação do AASI na orelha não implantada.

O IC bilateral vem se tornando cada vez mais comum na prática clínica, porém pode não ser uma opção recomendada para todos os pacientes, seja devido à etiologia da deficiência auditiva, fatores anatômicos, opção do paciente e, para alguns casos, pelo fato de haver um bom nível de audição residual na orelha não implantada. Neste último caso, é recomendado ao usuário do IC unilateral a adaptação do AASI, situação referida como estimulação bimodal.

Apesar da assimetria referente aos níveis de audição entre as orelhas e da diferença significativa quanto ao tipo de entrada do sinal recebido (sinal acústico do AASI e elétrico do IC), os usuários de audição bimodal podem desempenhar uma tarefa de integração complexa, que poderá refletir no benefício quanto às

habilidades auditivas, principalmente em situações com ruído de fundo (CHING e DILLON, 2001; POTTS et al., 2009).

Neste sentido, os estudos utilizam-se de métodos comportamentais na mensuração do benefício, não sendo encontrado na literatura pesquisada, estudos que tiveram como metodologia a pesquisa dos potenciais evocados auditivos corticais (PEAC) em crianças com estimulação bimodal.

Desta forma, pesquisar o complexo P1-N1-P2 nesta população permitirá compreender a resposta auditiva cortical nas diferentes situações de estimulação e a correlação com o benefício obtido na percepção auditiva da fala com a utilização dos dispositivos eletrônicos aplicados à surdez.

2 Revisão de Literatura

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da Binauralidade

Pessoas com audição considerada tipicamente normal, demonstram a capacidade de ouvir com ambas as orelhas, o que as permite perceber os sons ambientais, independentemente da direção de incidência destes, oferecendo o processamento binaural da informação.

O sistema auditivo, tem a capacidade de reduzir, parcialmente, o impacto negativo do ruído na inteligibilidade de fala, através da combinação de entradas de ambas as orelhas (DILLON, 2001; CHING, WANROOY, HILL e DILLON et al, 2005).

É sabido que apenas o fato de proporcionar a entrada acústica em ambas as orelhas, não é suficiente para restabelecer as funções binaurais, sendo estas tarefas complexas que se refletem desde de fenômenos físicos a relações de áreas centrais refletindo no desempenho de habilidades auditivas.

Tais habilidades auditivas ocorrem a partir de fenômenos acústicos que incluem o efeito sombra de cabeça, binaural *squelch* (silenciador) e a redundância binaural (somação) (DILLON, 2001).

O efeito sombra de cabeça ocorre devido à barreira natural imposta pela própria cabeça à chegada do som na orelha contralateral. Um indivíduo com audição normal em ambas orelhas se utiliza deste fenômeno para localizar a fonte sonora a partir da análise de tempo e a intensidade (DILLON, 2001; CHING, et al., 2001; LITOVISKY et al., 2006). Assim, a cabeça atua como um atenuador acústico que reflete na redução da intensidade dos sons que incidem na orelha contralateral àquela que está exposta diretamente à fonte sonora e consequentemente com melhor relação sina-ruído. O efeito sombra é especialmente útil para a compreensão

de fala no ruído quando as fontes geradoras estão separadas espacialmente. De acordo com o descrito acima, um indivíduo com perda auditiva em uma das orelhas, demonstra dificuldade na localização sonora (POTTS, et al., 2009; GORDON et al, 2010) e na percepção dos sons da fala no ruído, principalmente quando o ruído se encontra presente na melhor orelha e o sinal acústico de fala incide na pior orelha (DILLON, 2001).

Binaural *Squelch* (silenciador) é um efeito que ocorre quando o ruído competitivo e o sinal de fala encontram-se espacialmente separados. O cérebro, utilizando-se de informações como tempo e intensidade, integra sinais provenientes de ambas orelhas, criando um novo sinal que tem melhor relação sinal-ruído do que a obtida para cada orelha separadamente, e conseqüentemente uma melhor qualidade na percepção dos sons de interesse para o ouvinte - fala (DILLON, 2001; BROWN et al., 2007).

A redundância binaural (somação) também é um efeito do processamento central, pois supõe-se que ocorra quando ambas as orelhas são estimuladas com um sinal semelhante, e desta forma percebidas mais fortes (até 3 dB) em comparação com a escuta monoaural para o mesmo sinal. A redundância binaural pode levar a melhor percepção dos sons da fala, tanto no silêncio quanto no ruído (DILLON, 2001; BROWN, et al., 2007).

Diferentemente do efeito sombra de cabeça que é puramente físico, os efeitos binaural *Squelch* e redundância requerem processamento auditivo central (BROWN et al., 2007).

A fim de proporcionar todos os benefícios da audição binaural, a restauração da audibilidade é fator primordial, sendo este por meio do IC bilateral ou com a proposição da estimulação bimodal.

2.2. Audição Bimodal

Existe uma vasta gama de trabalhos e evidências científicas que demonstram os benefícios da audição bimodal no emprego da binauralidade e seus reflexos em tarefas de escuta complexa presentes no dia-a-dia de indivíduos usuários de IC.

A seguir serão apresentados trabalhos da literatura especializada acerca da audição bimodal em seus diferentes desdobramentos clínicos (percepção de fala no ruído, localização, qualidade sonora) e o consequente reflexo na qualidade de vida na população pediátrica.

Cowan et al., (1997), realizaram estudo com o objetivo de avaliar os resultados referentes ao desempenho em testes de percepção de fala, após a cirurgia de IC em crianças com diferentes níveis de audição residual. Foram avaliadas 117 crianças, das quais foram separadas em quatro grupos, de acordo com os limiares auditivos amplificados obtidos com AASI (Grupo 1: Não responde com AASI (n= 63); Grupo 2: Ganho até 500 Hz de 70 dB NA (n= 28); Grupo 3: Ganho até 1000 Hz de 70 dB NA (n= 17); Grupo 4: Ganho até 2000 Hz de 70 dB NA (n= 9). Os autores não realizaram correlações quanto ao desempenho das crianças, tendo como justificativa as variáveis encontradas na amostra como: Tempo de privação sensorial assim como tempo da deficiência auditiva profunda, limiares audiométricos, etiologia, reabilitação, etc. Para a avaliação do desempenho auditivo, foi aplicado a escala de categorização das habilidades auditivas. As categorias nas quais as crianças poderiam ser enquadradas foram: Categoria 1: somente detecção dos sons; Categoria 2: Discriminação da prosódia; Categoria 3: Reconhecimento de

vogais; Categoria 4: Reconhecimento de consoantes; Categoria 5: Compreensão de palavras (score <20%); Categoria 6: Compreensão de palavras (score entre 20% e 50%); Categoria 7: Compreensão de palavras (score > 50%). As categorias foram atribuídas às crianças por um clínico familiarizado com os resultados destas. Os resultados obtidos direcionaram para o fato de crianças com resíduo auditivo, com aproveitamento com o AASI, demonstraram grandes chances de terem sucesso com o IC, onde 90% do grupo ficaram entre as categorias 5 a 7, alcançado a percepção de fala em conjunto aberto. Crianças com resíduo auditivo limitado apresentam resultados mais variáveis em comparação com àquelas que apresentavam audição residual, porém, os limiares auditivos não podem ser, isoladamente, o preditor para o desempenho de crianças com a estimulação bimodal, os autores levantam, por fim, a importância de analisar outras variáveis como tempo de privação sensorial, início da deficiência auditiva, etiologia, uso do AASI e a reabilitação serem fundamentais para o desenvolvimento das habilidades auditivas.

Ainda em 1997, Armstrong et al., realizaram estudo multicêntrico com objetivo de comparar a percepção de fala no silêncio e no ruído, em adultos usuários de IC quando utilizando somente o IC e o IC e AASI concomitantemente (bimodal). A metodologia apresentada consistiu na avaliação de dois grupos distintos: Um grupo com sete usuário de IC de origem australiana, e cinco usuários de IC americanos. Para a pesquisa todos os indivíduos estavam adaptados com o AASI na orelha contralateral, porém no grupo australiano, somente 2 eram usuários efetivos da adaptação bimodal, enquanto todos os sujeitos do grupo americano faziam uso efetivo do estimulação bimodal em seu dia-a-dia. Foi realizada a caracterização do limiares audiométricos para a orelha não implantada, sendo média dos limiares auditivos, para o tom puro, de 107 dB NA (de 97 a 112 dB NA) para o grupo

australiano e de 100 dB NA (de 75 a 112 dB NA) para o grupo americano. A percepção de fala foi avaliada da seguinte maneira: Percepção de sentenças City University of New York – CUNY (24 sentenças de diferentes extensões complexidade apresentadas em condição auditiva e visual – leitura orofacial) e percepção de palavras - com estrutura consoantes-vogal-consoante (C-V-C). Para ambos os testes, o sinal de fala foi apresentado à 70 dB, com *tape* gravado, no silêncio e no ruído (ruído *talker bubble*). Fala e ruído foram apresentados na mesma caixa. A relação sinal ruído apresentada foi de + 5 dB e + 10 dB. As condições de teste foram: Somente IC e IC + AASI. Para cada um dos testes, foram apresentadas três listas, uma no silêncio e duas no ruído. Os resultados encontrados para a percepção de Sentenças CUNY e percepção de palavras foram: diferença estatisticamente significativa entre média obtida na situação onde os pacientes, de ambos os grupos, utilizavam somente IC e bimodal tanto no silêncio quanto no ruído, onde o desempenho com a combinação acústica e elétrica foi superior, quando comparada ao uso somente do IC. O grupo americano demonstrou melhor desempenho do que o grupo australiano, os autores associam tal fato ao resíduo auditivo ser melhor neste grupo, assim como o fato de todos os indivíduos do grupo americano fazerem uso efetivo da estimulação bimodal na escuta diária. Os autores concluíram que o uso combinado da estimulação elétrica e acústica podem trazer diferentes pistas espectrais com relação ao tempo e a intensidade em decorrência dos diferentes tipos de entrada em ambas orelhas, porém o indivíduo pode compensar estas diferenças e tirar vantagem do uso combinado para melhor percepção de fala, especialmente no ruído. Concluindo que pacientes implantados, com DA severa-profunda, podem se beneficiar com o uso do AASI na orelha não implantada.

Blamey et al., (2000) propuseram a mensuração da *loudness* em grupos com estimulação monoaural e bimodal, a fim verificar a aplicabilidade desta. Três hipóteses independentes foram levantadas: 1) a sensação de crescimento da *loudness* obtida com estímulo elétrico e acústico seriam semelhantes, mesmo que as formas de estimulação fossem diferentes; 2) que há incompatibilidade da *loudness* entre os sinais elétricos e acústicos; 3) a sensação da *loudness* é potencializada à partir da combinação binaural dos sinais elétricos e acústicos. O estudo foi realizado com nove indivíduos, usuários de IC unilateral, com algum resíduo auditivo na orelha não implantada. A caracterização dos limiares foi realizada a partir da média de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz, e os mesmos variaram de 92 a 108 dB NA. A mensuração do crescimento da *loudness*, foi baseada no método de “*Loudness growth in ½-octave bands*”, (ALLEN et al, 1990), utilizando uma escala subjetiva para julgamento (*TOO LOUD, VERY LOUD, LOUD, MEDIUM/COMFORTABLE, SOFT, VERY SOFT, TOO SOFT*). O experimento dividido em Monoaural (somente IC ou somente AASI) e Binaural (IC + AASI). Situação monoaural: A primeira fase contou com a determinação das áreas dinâmica acústica (níveis mínimos e máximos) e elétrica (níveis *T-Threshold* e *C-Máximo Comfortable*), obtidos a partir da escala. Para a mensuração da área dinâmica acústica foram selecionadas cinco frequências, de 250 Hz à 4000 Hz, por sua vez a área dinâmica elétrica foi obtida a partir da seleção de cinco eletrodos (selecionados com uma distância semelhantes entre si, a fim de estimular todas as bandas de frequência no feixe de eletrodos). As áreas abrangiam o mínimo de intensidade que o mesmo apresentava sensação ao som e o máximo de estimulação foi determinado a partir do julgamento do som como sendo *VERY LOUD*. Este procedimento foi realizado para cada frequência e para cada eletrodo individualmente. A segunda

fase, por sua vez, foi semelhante para o teste com AASI e com IC, onde blocos de 15 estímulos, randomizados, foram apresentados em cada frequência ou eletrodo, gerando um total de 75 estímulos apresentados para cada dispositivo, os mesmo se apresentavam dentro da área dinâmica estipulada. Os participantes da pesquisa classificaram os sons de acordo com a escala. As características dos estímulos apresentados em ambas situações eram idênticas (duração de 2.5 segundos e intervalo Inter estímulo: 500 ms). Experimento Binaural: Dos cinco eletrodos e das cinco frequências utilizadas no experimento monoaural, três eletrodos e três frequências foram selecionadas para o teste binaural. Os eletrodos e as frequências foram combinados de acordo com a similaridade da faixa de frequência destes. Os estímulos apresentados foram uma combinação para os obtidos na situação monoaural. Foram apresentados 60 estímulos (10 combinações de intensidade em seis diferentes combinações de eletrodo e frequência) de modo randomizado. Após cada apresentação, o paciente utilizou a escala para categorizar as intensidades a fim de descrever o nível geral do estímulo bi ou monoaural. Como resultado para o experimento de modo monoaural, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre a sensação de crescimento de *loudness* na comparação elétrico e acústico. Contudo, a configuração das curvas de respostas para o estímulo acústico e elétrico, se mostraram consideravelmente diferentes. Essa diferença pode ocorrer devido aos diferentes mecanismos pelos quais os estímulos produzem excitação das fibras do nervo auditivo, a sensação de crescimento de *loudness* na estimulação acústica depende das propriedades mecânicas da cóclea, a resposta das células ciliadas remanescentes e a excitabilidade neural em resposta aos potenciais cocleares. Os parâmetros importantes para a estimulação elétrica são os números de células ganglionares remanescentes e distribuição espacial, a fim de receber

grande gama de frequências. Parece provável que o principal meio de codificação crescimento *loudness* para estímulos elétricos é a excitação de uma população maior de fibras do nervo através de propagação de corrente elétrica e excitação do nervo auditivo com limiares mais elevados. Para o experimento binaural – somação da *loudness* houve diferença estatisticamente significativa na comparação da *loudness* nas condições monoaural e binaural, sendo a sensação demonstrada na situação bimodal foi superior a demonstrada na monoaural, demonstrando a ocorrência da somação. A conclusão deste estudo foi que há a necessidade do balanceamento da *loudness* entre os dispositivos para que a somação binaural seja favorecida de modo uniforme.

Ching et al., (2001) realizaram estudo tendo como objetivos: 1) Verificar se o AASI necessita ser reajustado de modo diferente, na orelha contralateral ao IC; 2) Constatar se AASI na orelha contralateral pode vir a interferir na binauralidade; (3) Averiguar o reflexo na comunicação e em situações do dia-a-dia. Ao todo, a casuística contou com 16 crianças, usuárias de IC com idade entre seis e 18 anos, destas, 13 estavam utilizando o AASI na orelha não implantada de modo efetivo desde a ativação do IC, e três não utilizavam o AASI há aproximadamente três anos, porém, foram convidadas a fazer uso do dispositivo para o estudo. O estudo contou com duas partes: A primeira parte contou com a participação de 16 crianças, e determinou a otimização dos ajustes do AASI para obter a melhor resposta de frequência para compreensão da fala e posteriormente balancear a *loudness* para esta entre as duas orelhas. A segunda parte consistia em verificar o desempenho das crianças utilizando a estimulação bimodal; nesta fase participaram 13 crianças. Foram testadas as habilidades de percepção de fala e localização. Para avaliar a percepção de fala foi utilizado o teste de sentenças BKB/A (Bench e Doyle 1979;

Bench et al, 1994) que consiste em 21 listas com 16 sentenças em cada, com 50 palavras-chave; em conjunto a apresentação de sílabas sem sentido (VCV) com 12 listas cada uma com 48 estímulos. Os testes de fala foram realizados a 65 dB no silêncio e também sensibilizada com ruído competitivo *bubble*, sendo a relação sinal ruído 10 dB, ambos os estímulos foram apresentados a 0 azimuth a um metro de distância. No teste com sentenças, as crianças tinham que repetir o que ouviam, ou mesmo “adivinhar” o que não fossem capazes de reconhecer prontamente, foi apresentado um encarte com todas as consoantes possíveis. Para a avaliação da função de localização horizontal foram utilizados 11 alto-falantes posicionados a 180° e na posição vertical dez alto-falantes posicionados a 162°, com a criança posicionada no centro destes arcos. O estímulo apresentado foi o pink noise com pulso de 150 ms, duração de 10 ms na intensidade de 65 dB e intervalo de 50 ms a cada estímulo, sendo a criança orientada à apontar para o alto-falante em que o som foi apresentado. Os pais, por sua vez, foram orientados a observar o desempenho das crianças utilizando a combinação da estimulação acústica-elétrica em tarefas auditivas de comunicação no dia-a-dia. As avaliações foram realizadas em quatro condições: somente o IC; somente AASI; IC + AASI; IC + AASI com ajustes otimizados e com balanceamento de *loudness* entre os dispositivos, e foram orientados a classificar o desempenho da criança para localização e percepção de fala em: pior, igual ou melhor. Os resultados obtidos nos testes de percepção de fala, tanto no silêncio quanto no ruído, demonstraram: Percepção de sentenças foi melhor quando as crianças se encontravam na situação bimodal, utilizando o AASI ajustado e balanceado segundo a percepção da *loudness*. Na percepção das sílabas sem sentido (V-C-V) não foi obtido diferença estatisticamente significativa. Na análise do desempenho de cada criança de forma individual, na situação teste com

estimulação bimodal quando comparado somente ao uso do IC observaram melhora significativa no desempenho na percepção das sílabas sem sentido, sugerindo que as crianças usaram melhor as informações vindas do AASI, obtendo assim maior benefício na discriminação de consoantes em meio ao ruído. O desempenho no teste de localização foi significativamente melhor na situação bimodal com o AASI com ajustes balanceados à *loudness* do IC, quando comparado ao bimodal sem o ajuste de *loudness* e a situação monoaural (somente IC). A percepção dos pais ou cuidadores foi em sua maioria positiva, referindo melhora em percepção de fala e localização em situações do dia-a-dia quando utilizado o IC e AASI simultaneamente. Os pesquisadores concluíram então que, a utilização do AASI contralateral ao IC auxilia no desempenho de tarefas que necessitam da audição binaural assim como, o melhor ajuste baseado nos mapas favorece benefícios e a melhor adesão ao uso da estimulação bimodal.

Mondain et al., (2002) propuseram como objetivo avaliar as habilidades de percepção de fala em crianças que apresentavam resíduo auditivo, contudo, desempenhavam resultados limitados em percepção de fala com AASI, sendo assim, foram submetidas ao IC unilateral, porém permaneceram utilizando o AASI na orelha contralateral. Tratou-se de um estudo longitudinal, tendo como casuísticas sete crianças com idade entre quatro e 12 anos, seguindo os critérios de inclusão: apresentar limiares audiométricos piores ou iguais a 70 dB NA; percepção de palavras em conjunto aberto com AASI entre 5 e 30%; mais de 18 meses com experiência com AASI. A fim de avaliar a percepção de fala, as crianças foram submetidas a duas listas de dissílabos foneticamente balanceados, em conjunto abertos apresentadas em viva-voz em uma sala acusticamente tratada, sendo uma delas apresentada sem nenhum tipo de dispositivo eletrônico (AASI ou IC) e outra

apresentada em duas situações – somente com IC e com uso Bimodal, em quatro momentos distintos três, seis, nove e doze meses após a realização do IC, nestes mesmos momentos, os pais responderam aos questionários MUSS e MAIS. Todas as crianças estavam inseridas em um bom contexto familiar e terapia auricular. A média dos limiares tonais em dB NA encontrado foi de 108 dB NA bilateral. Como resultados encontrados houve melhora significativa com o uso da estimulação bimodal após a cirurgia. A média de percepção de fala no pré-operatório era de 21.4% e com 12 meses de uso do IC a média passou para 83.6% com o uso do AASI + IC. Houve melhora significativa da percepção do desempenho de linguagem e audição apontado pelos pais nos questionários MAIS e MUSS. Os autores discutem o uso do AASI prévio ao IC como sendo importante para promover a estimulação auditiva e consequente experiência auditiva, em conjunto com um bom trabalho de reabilitação. O IC se faz uma boa opção para crianças já oralizadas, porém com um desempenho em testes de percepção de fala inferior a 30% em conjunto aberto. Sugeriram, portanto, uma forma de avaliar o benefício com o uso do AASI de forma mais objetivo em crianças mais novas, sendo apenas o limiar tonal não suficiente como preditor de um bom desempenho com o uso da estimulação bimodal.

Luntz et al., (2003) realizaram estudo com dois grupos distintos, compostos por usuários de IC unilateral que faziam uso efetivo do AASI na orelha não implantada. O primeiro grupo foi composto por três adultos, com idade entre 54 e 75, com deficiência auditiva pós-lingual e o segundo grupo composto por seis crianças, com idade entre seis e 15 anos, apresentando deficiência auditiva pré-lingual. O trabalho teve como objetivo avaliar o benefício em testes de percepção de fala em usuários de IC unilateral com o AASI na orelha contralateral. Os testes de percepção

de fala foram administrados sob três condições de escuta: somente IC; IC + AASI; Somente AASI. Os adultos foram submetidos a lista de discriminação de monossílabos, foneticamente balanceados e a percepção de sentenças CUNY no silêncio e no ruído (com relação sinal ruído de 10 dB). As crianças, por sua vez, foram avaliadas a partir da discriminação de monossílabos, dissílabos e percepção de sentenças do dia-a-dia. Os limiares tonais da orelha não implantada foram medidos, onde a média obtida foi de 85 a 110 dB NA. Os autores mostraram, de modo não muito detalhado, que a utilização do AASI em conjunto ao IC, resultou em uma melhora significativa na percepção da fala, especialmente reconhecimento de sentenças sensibilizado com ruído de fundo competitivo.

Dettman et al., (2004) tiveram como foco de estudo crianças que apresentam resíduo auditivo e apresentavam desempenho limitado em testes de percepção de fala em *open-set* (crianças consideradas “*borderline*” para a indicação do IC), levantando o questionamento quanto ao desempenho de tarefas que envolvam percepção de fala em *open-set* significativamente melhor com o IC do que somente com o AASI; Adicionalmente, se o benefício trazido pela estimulação bimodal será maior do que o mesmo apresentava somente com o uso do AASI. O estudo teve como objetivo comparar o desempenho pré e pós-operatório de crianças que apresentavam bom desempenho em percepção de fala com uma das orelhas utilizando o AASI, ou seja, crianças que não são candidatas clássicas ao IC. Para este estudo foram selecionadas 16 crianças dentre elas, 15 apresentavam deficiência auditiva pré-lingual e apenas uma a deficiência auditiva foi peri-lingual, tendo seu início aos quatro anos de idade. Nove crianças apresentaram deficiência auditiva progressiva. A idade de surgimento da perda auditiva foi, em média, 1.3 anos, e o tempo médio de duração desta foi de 9 anos e, por fim, a média de idade

em que as mesmas receberam o IC foi de 10.34 anos. Como critério de inclusão as crianças apresentaram como resultado no teste de percepção de sentenças em viva voz, antes da realização do IC, pelo menos 30% de reconhecimento em *open-set*. Foi realizada a caracterização dos limiares tonais, onde os mesmos para a orelha implantada variaram de 97 a 125 dB NA, sendo a média 109 dB NA e para a orelha não implantada os mesmos variaram de 73 a 122 dB NA, tendo a média o valor de 96 dB NA. 14 crianças receberam o IC na orelha com os piores limiares, apenas duas receberam o IC na orelha com o melhor limiar, tendo como justificativa da indicação o fato de desempenharem melhores resultados em testes de percepção de fala com a orelha com o pior nível de audição residual. Após a cirurgia de IC, as famílias foram aconselhadas a manter o uso do AASI na orelha não implantada. A percepção de fala foi analisada após o período médio de uso do IC de 1.14 anos, para tais avaliações foram utilizados testes de percepção de palavras em *open-set*: *Phonetically Balanced Kindergarten Test* – quatro listas com 50 palavras e 150 fonemas, utilizado com crianças menores de seis anos; *Consonant-Nucleus-Consonant* – 10 listas contendo 50 palavras e 150 fonemas, utilizado com crianças maiores de seis anos. Ambos foram realizados em viva-voz, com a caixa acústica posicionada a 0° azimuth (quando na situação binaural) e a 90° (monoaural posicionando a caixa no lado testado), na intensidade de 70 dB NA (*sound pressure level*). Por sua vez a avaliação de sentenças foi com o teste *Bamford-kowal-Bench (BKB)* – 21 listas com 16 sentenças, contendo 77 palavras das quais 50 são as palavras chaves analisadas para gerar o score final. O teste foi executado em três condições distintas: Sentenças apresentadas em viva-voz, sentenças apresentadas no silêncio e na presença do ruído competitivo - *bubble*. As sentenças foram apresentadas para todas as condições, com a caixa acústica posicionada à 0°

azimute, com um metro distância da criança, na intensidade de 70 dB NA no silêncio; na avaliação no ruído as sentenças foram apresentadas à 70 dB NA e o ruído *babble* à 60 dB NA (relação sinal ruído + 10 dB). Os resultados obtidos para o teste de reconhecimento de palavras foram analisados quando ao percentual de fonemas e de palavras corretas, onde 15 das 16 crianças apresentaram desempenho significativamente melhor no pós-implante quando comparado ao melhor desempenho obtido no pré-implante. Os resultados demonstrados foram obtidos na situação de melhor desempenho (monoaural – somente IC ou AASI, ou bimodal) porém relatam que a maioria utilizava a situação bimodal, contudo não diz exatamente quantos desempenharam melhor resultado com a situação bimodal. Para a percepção de sentenças em viva-voz, todas as crianças apresentaram melhor desempenho pós-implante quando comparado a performance no pré-implante, sendo a média do desempenho no pré-operatório de 53,8% e para a avaliação pós-operatório de 87,3%. Para o *BKB* sentenças gravadas no silêncio, todos as crianças conseguiram realizar o teste no pós-implante, sendo a média de acerto de 85,38% superior ao do pré-implante 36,01%. Por sua vez, a avaliação de sentenças na presença de ruído competitivo, foi desempenhada por 14 dos 16 indivíduos, tendo como média de percepção de sentenças para estes 61,71%. No período pré IC 7 crianças conseguiam realizar o teste no ruído, com média de acerto de 28%, e no pós IC, os mesmos desempenharam resultados significativamente melhores. O resultado do desempenho em testes de percepção de fala no pré-operatório, quando analisado a orelha a ser implantada, estes são significativamente melhores do que a orelha não implantada (com exceção de duas crianças). Não houve diferença estatisticamente significativa para o desempenho da orelha não implantada no pré e pós IC. Na análise do desempenho na situação monoaural e

bimodal, o desempenho das crianças com o bimodal foi significativamente melhor no reconhecimento de palavras quando comparado com o monoaural (somente IC), porém essa relação não apareceu quando comparado a percepção de fonemas. Na percepção de sentenças, viva-voz, o bimodal foi significativamente melhor quando comparado a situação monoaural. Os autores concluíram, por fim, que a indicação do IC em casos onde há o resíduo auditivo e o desempenho limitado em percepção de fala em uma das orelhas, deve ser discutido com os profissionais em conjunto com os pais levantando em consideração os riscos e benefícios do IC nesta população, porém, o IC deve ser uma opção, sendo a análise e indicação realizada caso a caso, onde a orientação e o aconselhamento das famílias e do paciente quanto as expectativas do desempenho com o IC e mesmo para a manutenção do uso do AASI na orelha não implantada são fundamentais para a tomada de decisão.

Ching et al., (2005) trouxeram como objetivo verificar os benefícios da adaptação bimodal em crianças que permaneceram utilizando o AASI após a cirurgia do IC em relação àquelas que abandonaram o uso do dispositivo após o IC. Foram avaliados aspectos referentes à percepção de fala no silêncio e no ruído, localização e desempenho em situações diárias. A casuística contou com 18 crianças, com idade entre seis e 18 anos, de ambos os sexos, divididas em dois grupos: o primeiro grupo caracterizado como novos usuários, que contou com dez crianças, estas foram convidadas a utilizar um AASI para o estudo. O segundo grupo contou com oito crianças, e foi denominado como usuários experientes. Para ambos os grupos, a sensação de *loudness* da programação do AASI, foi balanceada seguindo a metodologia proposta por Ching et al., (2001), e as avaliações ocorreram quatro semanas após os ajustes nos dispositivos. O limiar psicoacústico da orelha não implantada foi mensurado sendo obtida a média para as frequências de 500 Hz,

1000 Hz e 2000 Hz, sendo a média obtida para o primeiro de 105 dB NA e para o segundo de 101 dB NA. A localização e a percepção de fala foram avaliadas nas situações de escuta: somente IC; IC + AASI (bimodal); somente AASI. A fim de avaliar o desempenho com relação a percepção de fala, os autores utilizaram dois posicionamentos distintos das caixas acústicas, a primeira com a caixa posicionada a 60° azimuth sendo o ruído apresentado ao lado do IC e a fala apresentada ao lado do AASI, e a outra forma de avaliação contou com a fala e o ruído sendo apresentada em uma única caixa acústica posicionada a 0° azimuth. O posicionamento a 0° teve o propósito de verificar possíveis interferências negativas com o AASI no desempenho do IC. O teste utilizado foi o *BKB* (BENCH e DOYLE, 1979) já descrito anteriormente, com a apresentação de duas listas de sentenças, tendo como intensidade de apresentação do sinal (fala) 70 dB e a relação sinal ruído de + 10 e + 15 dB quanto a fala e ruído estavam separados espacialmente e +10 quando estes estavam na mesma condição de apresentação. Foram apresentadas duas listas para condição de escuta. A localização, por sua vez, foi avaliada a partir da apresentação de estímulos pink noise à 70 dB NA, gerados por cinco caixas acústicas, posicionadas a 30° de distância umas das outras. A criança foi posicionada a um metro destas e deveria apontar de onde estava vindo o estímulo, sequencialmente, sendo gerado 10 estímulos de cada auto-falante, gerando um total de 50 estímulos. Para avaliar o desempenho em tarefas do dia-a-dia, os pais responderam a um questionário que lhes foi entregue para que observasse o desempenho por uma semana. O questionário consistia em 18 questões agrupadas em quatro áreas de sondagem: 1) uso de dispositivo (s); 2) desempenho no silêncio; 3) desempenho no ruído, e 4) consciência/percepção ambiental. Foi solicitado, adicionalmente, que os pais anotassem o maior número de exemplos possíveis. O

pesquisador gerou uma classificação para cada questão de 0 a 4, sendo 4 onde os pais conseguiram trazer um grande número de exemplos de situações do dia-a-dia. Como resultado os autores descreveram uma melhora significativa para a média dos scores obtidos na percepção de fala no silêncio e no ruído quando na situação bimodal em comparação somente com o IC, tanto quando o ruído e fala estavam espacialmente separados quanto juntos. A melhora ocorreu também para a localização e para as situações diárias. Não houve diferença estatisticamente significativa quando comparado o grupo de novos usuários ou os experientes. Este estudo demonstrou habilidades binaurais como a somação/redundância binaural e efeito sombra de cabeça, auxiliando a melhor percepção de fala no ruído e a melhor localização sonora. Os autores discutem o fato de indicar a adaptação do AASI para todos os usuários de IC unilateral, utilizando-se de protocolos para tal, com o intuito de avaliar se há o benefício da binauralidade e só então decidir sobre a manutenção da estimulação bimodal ou a indicação do IC bilateral.

Litovsky, et al. (2006) avaliaram a habilidade de localização e percepção de fala no silêncio e no ruído em uma casuística de 20 crianças, das quais, foram subdivididas em dois grupos de dez crianças, primeiro grupo foi formado por crianças com idade entre três a 14 anos, usuárias de IC bilateralmente, implantadas de forma sequencial, sendo o intervalo médio entre a implantação dos dispositivos de um ano. Por sua vez, o segundo grupo foi de crianças entre seis e 14 anos, usuários de IC unilateral e adaptados com o AASI na orelha contralateral. Os testes foram realizados em ambos os grupos e os resultados foram analisados intra e intergrupos, com o objetivo de avaliar a inteligibilidade de fala no silêncio e no ruído com o *Speech Reception Thresholds* (SRTs) e, a função de localização com o teste *Minimum Audible Angle* (MAA), ambos em quatro situações: somente IC (primeiro ou

segundo dispositivo para o grupo com IC bilateral), somente AASI (para o grupo bimodal) e binaural (AASI+ IC ou IC+IC). Os resultados demonstraram que os dois grupos apresentaram desempenho semelhante, no entanto, parece haver benefício em relação ao desempenho do grupo que utiliza o IC bilateral quando comparado os resultados obtidos por estes na situação monoaural e bimodal, sendo este benefício significativamente maior quando comparado com o obtido nas mesmas situações no grupo bimodal. Os autores concluíram, por fim, que a situação bilateral (IC + IC) trouxe resultados melhores em testes de percepção de fala e localização, contudo, as crianças do grupo bimodal apresentaram desempenho significativamente melhor comparada a situação monoaural, demonstrando que há o benefício na utilização da adaptação na orelha não implantada.

Mok et al., (2007) propuseram um estudo, a fim de avaliar as vantagens binaurais em decorrência da utilização de dispositivos eletrônicos aplicados à surdez bilateralmente. Este contou com 22 crianças, divididas em três grupos incluindo dez crianças com audição normal, nove crianças com estimulação bimodal e quatro crianças com IC bilateral sequencial. Os objetivos propostos foram: 1) Mensurar o desmascaramento espacial (entende-se por desmascaramento espacial à melhora obtida na percepção de fala, quando o ruído e a fala estão separados espacialmente, mediante a utilização da entrada sonora em ambas as orelhas) para os três grupos. 2) Mensurar o efeito sombra de cabeça em crianças com IC bilateral estimulação bimodal. 3) Verificar as vantagens binaurais (entende-se por vantagens binaurais, a comparação do desempenho com a utilização de dois dispositivos em relação ao desempenho quando na situação monoaural) para os grupos bilateral e bimodal em comparação com o desempenho destes com apenas com o IC. 4) Comparar as vantagens binaurais obtidas entre os grupos com IC bilateral e

estimulação bimodal. Para ambos os grupos com IC, a *loudness* entre os dispositivos (IC + IC ou AASI + IC) foi balanceada. Todos os testes foram realizados em cabina acústica, onde as caixas foram posicionadas ao nível do ouvido a uma distância de aproximadamente 1 m da criança, posicionada a 0° azimuth, e em 90° azimuth à esquerda e a direita. O estímulo foi /baba/, gravado em uma voz masculina com uma duração total de 900 ms. O ruído de banda larga foi apresentado continuamente a 65 dB NPS. A avaliação do grupo com audição normal, para verificar melhor relação sinal / ruído para percepção de sons da fala foi avaliada em duas situações: 1) estímulo e ruído apresentado a 0° azimuth; 2) estímulo apresentado à 0° azimuth e ruído de à 90° azimuth em ambos os lados. Metade dos indivíduos com audição normal foram testadas o ruído apresentados a partir de 90 ° no lado esquerdo e a outra metade foi testado com o à direita. Para avaliar os grupos com IC - bilateral ou bimodal, a detecção dos foram obtidos a partir de nove condições divididas em três condições de ruído para cada situação teste: somente IC (primeiro IC na condição bilateral); Somente AASI ou segundo IC; Bilateral ou bimodal. O sinal foi sempre apresentado de 0° azimuth e o ruído, por sua vez, foi apresentado a 90° azimuth em ambos os lados e a 0° azimuth na mesma caixa de apresentação do sinal. Para medir o desmascaramento espacial, foi observado o resultado obtido com o ruído a 0° azimuth em comparação com a relação sinal / ruído obtida com a incidência de ruído a 90°. O resultado demonstra que todos os grupos obtiveram vantagens binaurais, porém, para os grupos com IC, bilateral ou bimodal, o melhor resultado em percepção de fala, foi obtido quando o ruído foi apresentado na orelha com o segundo IC ou com AASI. O efeito sombra de cabeça, por sua vez, foi calculada a partir da detecção de fala com ruído incidente na orelha contralateral a orelha testada. Os resultados direcionaram para o fato de

crianças com IC bilateral demonstrarem maiores vantagens quanto ao efeito sombra de cabeça. Os autores concluíram que, embora menos que as crianças com audição normal, as crianças com IC bilateral e estimulação bimodal demonstraram o desmascaramento espacial, principalmente quando o ruído é separado espacialmente do sinal de fala, principalmente quando o sinal é enviado ao lado do primeiro IC (primeiro no lado dos bilaterais).

Beijen et al., (2008), realizaram seu estudo tendo como foco crianças usuárias da estimulação bimodal, a fim de verificar se os limiares audiométricos da orelha não implantada, com e sem AASI, podiam ser um preditor do bom desempenho com o uso da estimulação bimodal, e complementarmente, verificar o benefício dessas crianças utilizando a estimulação bimodal, em comparação com o desempenho obtido somente com o uso do IC. Foram avaliadas 22 crianças com deficiência auditiva pré-lingual, com idade média de doze anos, todas faziam uso efetivo do AASI na orelha não implantada. A média dos limiares tonais da orelha não implantada foram obtidos com e sem amplificação e separadas por grupo de frequências: 250 e 500 Hz (sem AASI: 89 dB NA; com AASI: 49 dB NA); 500, 1000 e 2000 Hz (sem AASI: 100 dB; com AASI: 52 dB); 2000 e 4000 Hz (sem AASI: 105 dB; com AASI: 67 dB). Foi realizado o balanceamento da *loudness* entre o IC e o AASI com o nível de entrada da apresentação dos monossílabos (65dB NPS) e as crianças foram orientadas a pontuar se eram iguais ou diferentes, os autores não alteraram as regulagens de ambos os dispositivos, pois houve concordância para a *loudness* destes. Para avaliação da percepção de fala, foram utilizadas listas de palavras monossílabos, foneticamente balanceadas, apresentadas em caixa acústica no silêncio, posicionada a 0º azimuth, na intensidade de 65 dB NPS, e na presença de ruído competitivo 60 dB NPS, com a caixa posicionada a 90º azimuth, a

fim de comparar o desempenho a partir do uso do IC somente e do mesmo em conjunto com o AASI, para cada situação foram apresentadas duas listas, totalizando 66 fonemas. Como resultados os autores não conseguiram correlação entre nenhuma das variáveis (idade, experiência com a estimulação bimodal e idade de implantação) com a predição do desempenho com o uso da estimulação bimodal em percepção de fala tanto no silêncio (somente IC: 66%; Bimodal: 71%) quanto no ruído (somente IC: 35%; Bimodal: 41%). Com relação a comparação do desempenho com o uso do AASI em associação ao IC, o desempenho foi estatisticamente significativo, tanto para a situação de silêncio quanto para o ruído. Os autores concluíram, por fim, que a indicação do uso da estimulação bimodal deve ser realizada independente do grau de audição residual, pois não há um padrão que determine o perfil ideal para se beneficiar com o uso desta, pois, a amostra como um todo demonstrou melhores resultados com o uso associado do AASI na orelha contralateral ao IC quando comparado apenas com a situação monoaural.

Sucher et al. (2009) analisaram a qualidade sonora em relação a fala e música segundo a percepção de adultos usuários da estimulação bimodal. A casuística foi composta por nove adultos usuários de IC unilateral, sendo o tempo mínimo de uso do dispositivo sete meses. A casuística foi submetida a três avaliações: *Familiar Melody Identification (FMI)* – Consiste na apresentação de sete melodias, onde os participantes devem identificar, em meio ao conjunto fechado, cada melodia; *Complex Sound Identification (CSI)* – Composto por 16 sons, conjunto fechado, agrupados em 4 categorias (instrumentos musical, grupo musical, sons ambientais e sons de fala), teste; *Sound Quality Rating (SQR)* – solicita-se ao paciente que avalie, subjetivamente, a qualidade sonora para os mesmos sets musicais e sons ambientais. O desempenho foi avaliado em três condições: apenas

IC, apenas AASI e IC+AASI, com os estímulos apresentados na intensidade de 65 dB NA. Os resultados demonstraram em todas as avaliações benefício significativo na adaptação bimodal quando comparada à estimulação elétrica de modo isolado, ao considerar a qualidade sonora, percepção musical e sons não relacionados à fala. Os autores discutiram o fato dos pacientes apresentarem audição residual na orelha não implantada, passível de estimulação nas frequências abaixo de 750 Hz, o que demonstra que embora a área estimulada seja pequena, esta é responsável por um refinamento relativo à qualidade espectral quando somado as informações sonoras advindas do AASI e do IC. Em contrapartida, o IC fornece aos usuários bimodais, as informações de altas frequências que o AASI sozinho não promove audibilidade. Como conclusão os autores afirmaram que para a melhor qualidade musical, usuários da estimulação bimodal necessitam desta associação a fim de unir a sensação e qualidade sonora advinda da banda grave (AASI) e a audibilidade e inteligibilidade, propiciadas pelo processamento do sinal de alta frequência.

Tange, et al., (2009) discutiram em seu trabalho qual a melhor decisão clínica a ser tomada a respeito da orelha não implantada, considerando o consenso na literatura quanto a sempre ser a melhor opção a reabilitação de ambas as orelhas, sendo esta com o IC bilateral ou a estimulação bimodal. Para os autores quando se trata de crianças de até quatro anos, em alguns casos específicos já se tem clareza quanto a indicação do IC bilateral como Meningite e algumas síndromes que cursam com má-formação e progressão da perda, para os demais casos os autores sugeriram realização do PEAC a fim de auxiliar as decisões quando a indicação do segundo IC. Foi proposto que caso haja a captação dos potenciais corticais com o uso da estimulação bimodal, esta criança é uma candidata em potencial a continuar a utilizar a estimulação bimodal, caso a captação do potencial cortical não ocorra, o

IC bilateral é colocado como uma possibilidade. Os autores não realizaram tais experimento, apenas o propuseram como protocolo possível a ser desenvolvido, a fim de nortear e trazer uma decisão mais assertiva quanto a indicação do IC bilateral precocemente, quanto o uso do AASI não traz os benefícios esperados quanto ao desenvolvimento cortical.

Embora nosso foco não seja em adultos, o trabalho proposto e realizado por Fitzpatrick e Leblanc (2010), consegue expressar, por meio de entrevistas com adultos, os principais motivos para que os usuários de IC unilateral não dão continuidade ao uso do AASI após a realização do IC unilateral. O estudo contou com adultos, com idade maior ou igual a 18 anos no momento da implantação, apresentando deficiência auditiva pós-lingual, tendo estes realizado o uso do AASI prévio ao IC, que deixaram de usar o AASI no período de seis meses após o IC. O estudo contou com duas partes, uma sendo em um formato de entrevista semi-estruturada, que contou com questionamentos sondando três temas gerais: (a) decisão tomada; (b) experiência obtida em percepção de fala e qualidade sonora com aparelho auditivo e implante coclear; (c) fatores que influenciaram as decisões sobre a descontinuidade do uso do AASI, os relatos obtidos foram transcritos, organizados em categorias e analisados de modo qualitativo. A segunda parte, por sua vez, contou com um questionário que abrangiam questões relacionadas à: (a) experiência com o AASI antes do IC; (b) processo de decisão relacionada ao uso do AASI na orelha contralateral; (c) experiência com a audição bimodal. Como resultado da entrevista, três principais pontos foram observados, sendo estes: 1) a percepção do AASI antes do IC: limitações tecnológicas deste, o impacto na qualidade de vida e desempenho nas tarefas de escuta do dia-a-dia, desconforto auditivo e pouca qualidade; 2) Superioridade do IC em relação ao AASI: o IC

demonstra maiores recursos tecnológicos (microfones e acessórios), qualidade sonora, conforto auditivo e físico (não há a necessidade de moldes ocluindo a orelha), impacto na qualidade de vida (melhor compreensão para os sons da fala, menor esforço auditivo), maior durabilidade de bateria com o IC (baterias recarregáveis), apenas um IC supre as expectativas; 3) Qualidade da estimulação bimodal: os dois sons são muito diferentes, o AASI interferindo no uso do IC, o AASI interfere na percepção da própria voz, aspectos inconvenientes (bimodal não traz a qualidade sonora esperada, desconfortável e gera irritabilidade). Na segunda fase do estudo, foram levantadas algumas questões, e as que chamaram mais atenção dos pesquisadores, tais foram: Durante a discussão sobre a realização do IC 17 dos 28 participantes recordavam a discussão com o fonoaudiólogo sobre utilizar o AASI antes e depois da cirurgia, porém estes não tinham tomado a decisão de manter ou não o uso da amplificação antes da cirurgia do IC; dos mesmos 28, 18 relataram terem feito uso do AASI apenas uma semana após a ativação do IC, e apenas 9 tentaram utilizar por mais de um mês; As três principais razões levantadas para justificar a interrupção do uso do aparelho auditivo foram: Qualidade sonora superior com IC em comparação com o AASI (oito participantes); não percebida benefício adicional com o uso do AASI (sete participantes), sinal sonoro distorcido com o AASI e o IC combinado (seis participantes). Os autores puderam concluir que há evidências na literatura que comprovam o benefício da estimulação bimodal, porém há a necessidade de uma melhor compreensão dos fatores que influenciam as decisões dos pacientes a não utilizar a amplificação em conjunto com a estimulação elétrica, a fim de modificar as recomendações clínicas, aconselhamento e assim, aumentar a exposição do paciente aos benefícios potenciais da estimulação bimodal.

Zhang, et al. (2010) realizaram estudo com nove adultos com deficiência auditiva pós-lingual usuários de IC, com tempo de experiência e uso do IC entre quatro meses a cinco anos. A casuística em sua totalidade apresentava audição residual na orelha não implantada melhor ou igual a 60dB NA na frequência de 500 Hz e pior ou igual a 60 dB NA na frequência de 1000 Hz. Oito dos nove pacientes faziam uso do AASI na orelha contralateral ao IC. Os pacientes foram submetidos à testes de percepção de monossílabos - estrutura CVC – no silêncio e o teste *AzBio sentences* (SPAHR et al., 2005) para avaliação da habilidade de reconhecimento de sentenças na presença de ruído competitivo, em três situações distintas: somente estimulação elétrica (IC), somente estimulação acústica (AASI) e estimulação bimodal (IC+AASI). Na condição de estimulação acústica e bimodal, o sinal acústico (monossílabos e sentenças) foram apresentadas após a ativação de filtros de 125, 250, 500 ou 750Hz assim como eram apresentadas sem filtro (*wideband*). Os resultados para o reconhecimento de monossílabos e percepção de sentenças no ruído demonstraram que na situação de estimulação exclusivamente acústica, quando inserido filtros de 125 a 750Hz, o percentual de acertos mínimo foi inferior à 20%, porém quando apresentadas sem filtro – wideband – o percentual de acerto foi significativamente melhor (46%). Para o IC o percentual de acertos foi de 56%. Já na avaliação na estimulação bimodal o percentual foi de 78 a 86% com filtros de 125 a 750 Hz e 88% quando na situação sem filtro. Os resultados demonstraram que a situação bimodal foi significativamente melhor do que as situações monoaurais. Para concluir, os autores ressaltaram que a audibilidade para sons de baixa frequência pode não demonstrar benefício na situação unilateral, quando temos somente o AASI, porém quando a estimulação acústica está associada com a estimulação elétrica, o benefício se faz significativo e de extrema importância para os usuários.

Looi e Radford (2011) em estudo realizado com crianças propuseram a comparação em relação ao desempenho em percepção de fala no silêncio e no ruído, assim como a percepção do *pitch* de vogais, entre grupos de crianças com IC monoaural ($n = 8$), com estimulação bimodal ($n = 9$) e usuários de AASI bilateral ($n = 6$), tendo como grupo controle crianças com audição normal ($n = 15$). A média de idade para o grupo IC era de 12 anos, para o grupo de bimodal e AASI bilateral, a média foi de 9 anos. A fim de avaliar a percepção de fala, foram utilizadas listas de monossílabos, foneticamente balanceados (cada lista contendo 50 palavras), apresentadas em caixa acústica posicionada a 0° azimuth na intensidade de 65 dB NA. A percepção de sentenças, por sua vez, foi avaliada à partir do teste HINT, este foi realizado em quatro situações distintas: 1) Silêncio, com a caixa acústica posicionada a 0° azimuth; 2) Fala no ruído, com a caixa acústica gerando as sentenças posicionada à 0° azimuth e a caixa acústica gerando o ruído à 90° azimuth, ao lado do IC para o grupo bimodal e IC monoaural ou posicionada ao lado da orelha da melhor orelha no grupo com AASI bilateral (limiar tonal); 3) Fala no ruído, com a caixa acústica gerando as sentenças posicionada a 0° azimuth e a caixa gerando o ruído posicionada contralateralmente ao lado do IC monoaural, ao lado do AASI, para o grupo bimodal e ao lado da pior orelha, para o grupo do AASI bilateral; 4) Fala e ruído apresentado na mesma caixa acústica, posicionada a 0° azimuth. A percepção do *pitch*, por sua vez, foi realizada após treino para execução da prova, à partir da apresentação de vogais emitidas por falantes do sexo feminino e masculino, e com o apoio de uma escala visual, as crianças foram orientadas qual desses era o maior (mais agudo) e qual era o menos (mais grave), à partir do treino, as mesmas faziam o mesmo procedimento, escutando a mesma vogal emitida em 1/8 de diferença na escala de frequência, e à partir da mesma escala, referir qual era

maior e qual menor. Os resultados obtidos para a percepção de monossílabos não demonstraram desempenho significativamente melhor na comparação entre os grupos, porém, a proporção de pacientes que obtiveram score de acerto superior foi significativamente melhor para o grupo bimodal, onde 80% do grupo obteve um score maior ou igual a 80% de acerto, enquanto o grupo de usuários de IC monoaural obteve uma média de 25%, e o do AASI bilateral apresentou uma média 17% de acerto. Quanto aos resultados para as sentenças, não houve diferença estatística na comparação entre os grupos, assim como para o desempenho destes quanto ao ângulo de incidência do ruído. Para a percepção do *pitch*, as crianças que utilizavam o AASI bilateral obtiveram desempenho estatisticamente melhor que o desempenho dos demais grupos. Os autores puderam concluir que há a necessidade de maior investigação dos efeitos da amplificação convencional proposta pelo AASI em oposição à elétrica proposta pelo IC, quando considerada a percepção dos aspectos suprasegmentais da fala, como a sensação do *pitch*, haja vista que os grupos com IC, monoaural ou bimodal, obtiveram uma redução significativa na sensação de altura deste. Em contrapartida, o desempenho em percepção de fala de todos os grupos, encontraram-se satisfatórios quando analisado no ponto de vista do (re) estabelecimento da função binaural.

Estudo realizado por Yonn et al., (2012) teve como objeto de estudo, adultos usuários de IC, tendo como objetivo comparar o desempenho em testes de percepção de fala entre usuários de IC bilateral e usuários da estimulação bimodal. A casuística foi composta por 25 adultos, com perda auditiva pós-lingual, dos quais, 12 indivíduos eram usuários de IC bilateral, com ativação sequencial, com tempo de uso dos dois dispositivos variando de seis meses a sete anos. Os 13 demais, por sua vez, eram usuários bimodais, com tempo de uso variando de três anos a 11

anos. O grupo de pacientes bimodais foi subdividido em dois grupos distintos: Bimodal *poor* (n= 5; Indivíduos que apresentavam com o AASI, limiares amplificados pior que 55 dB NA para as frequências < 1000 Hz) e bimodal *good* (n= 8; indivíduos que apresentavam com o AASI, limiares amplificados melhor ou igual a 55 dB NA para as frequências < 1000 Hz), tendo esta separação o intuito de verificar se o grau de audição com o AASI auxilia no desempenho dos testes de percepção de fala. Para avaliação da percepção de fala, os autores utilizaram: Sentenças – *HINT* (Nilsson, et al., 1994); Percepção de consoantes - apresentada com o formato /a/-consoante-/a/ (Mook, et al., 2009); Percepção de vogais – apresentadas com o formato /h/-vogal-/h/ (Hillenbrand, et al, 1995). Todas as avaliações foram realizadas em cabina acústica, utilizando sistema de campo livre com a caixa acústica posicionada à 0º azimuth, sendo o sinal (fala) e o ruído competitivo (relação sinal ruído utilizada +5 e +10) apresentados na mesma caixa. A intensidade de apresentação das vogais e consoantes encontravam-se entre 65 e 70 dB NA, a determinação do nível de apresentação foi realizada à partir da escala de *loudness* (Cox, 1995) em resposta a 10 sentenças apresentadas no silêncio. As avaliações foram realizadas em três situações de escuta para cada indivíduo: Bimodal ou Bilateral, monoaural (somente o 2º IC – bilateral; somente o AASI - bimodal) e monoaural (somente o 1º IC – bilateral; somente IC – bimodal). Os resultados observados apontaram que o grupo com IC bilateral demonstrou melhor desempenho em todos os testes de percepção de fala (diferença estatisticamente significativa), tanto no silêncio quanto no ruído quando a avaliação foi realizada somente com o 2º IC quando comparado com ambos os grupos bimodais, quando utilizando somente o AASI. O grupo bimodal *good* apresentou melhor desempenho (diferença estatisticamente significativa) quando comparado ao bimodal *poor* na

percepção de sentenças no silêncio. Na análise dos resultados comparando a escuta bilateral e bimodal, os indivíduos do grupo bilateral demonstraram melhor desempenho, estatisticamente significativo, quando comparado com o grupo bimodal *poor* para a percepção de consoantes, vogais quando apresentadas com ruído competitivo. Contudo os grupos de IC bilateral e o bimodal *good* não apresentaram diferença estatisticamente significativo, em todos os testes de percepção de fala no ruído, sendo observada esta diferença somente na percepção de sentenças no silêncio, onde o grupo bilateral foi melhor que os grupos bimodais. O grupo bimodal *good* foi melhor, estatisticamente significativa, que o bimodal *poor* na percepção de vogais no silêncio e no ruído, assim como e na percepção de sentenças no ruído. Os autores concluem que, de um modo geral, indivíduos que apresentam ganho funcional pior que 50 dB NA, nas frequências até 1000 Hz, tem uma menor possibilidade de ter o benefício esperado para a estimulação bimodal e consequentemente podem ser candidatos em potencial para o IC bilateral.

Recente estudo multicêntrico realizado por Fanny, et al., (2014) envolveu centros de 12 países que trabalhavam com pacientes usuários de AASI e IC e foram solicitados a responder um questionário contendo 41 questões, divididas em sete categorias: Perfil; informações gerais; aconselhamento; uso do feedback; adaptação bimodal; acompanhamento da adaptação bimodal; futuro da prática bimodal; e por fim comentários gerais. Como principais resultados foram obtidos que 32% e 26% dos centros realizavam a adaptação bimodal em adultos e crianças, respectivamente, porém todos os centros referveriam orientar tanto adultos quanto aos cuidadores das crianças a fazer o uso do AASI na orelha contralateral, caso o mesmo seja indicado. Contudo, dos 17 centros, 10 responderam não ter um critério para a indicação bem definido, sendo considerado para os adultos a presença de

audição residual e a opção dos mesmos pelo uso, e para as crianças, 16 dos 17 centros, referiram indicar a adaptação para as crianças baseadas somente na audição residual. Adicionalmente, 25% das clínicas/centros referiram não indicar a adaptação e utilização do AASI antes do primeiro mês de uso IC. Quanto ao uso diário 77% recomendam a utilização por algumas horas diárias enquanto 13% recomendam a utilização em período integral. O acompanhamento da adaptação bimodal é referido como realizado por meio do feedback do paciente e o ajuste e balanceamento é relatado por menos de 20% dos centros/clínicas. Concluíram, por fim, que a maioria dos centros faz a indicação da estimulação bimodal, porém com critérios pouco delineados e precariedade quanto ao acompanhamento necessário para ajustes e aconselhamento.

Polonenko, Papsin e Gordon, (2015), em seu mais recente estudo realizaram estudos a fim de verificar o desencadeamento dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico em 21 crianças que faziam uso da estimulação bimodal. A média de idade das crianças do estudo foi de nove anos e o tempo médio da estimulação bimodal foi de dois anos. A média tonal do grupo foi de 79 dB NA para a orelha não implantada. A captação do PEAT ocorreu a partir da colocação de eletrodos posicionados na região cefálica, sendo o eletrodo ativo posicionado em CZ e o eletrodo de referência posicionado no lóbulo da orelha contralateral à orelha pesquisada. As promediações dos cliques na pesquisa do PEATE com o IC foram gerados por um software, e transmitidos pelo próprio processador de fala, e para o AASI, os cliques foram transmitidos por caixa acústica. Os resultados encontrados mostraram que houve a captação dos potenciais em todas as crianças tanto para o AASI quanto para o IC, porém, foi observada uma diferença estatisticamente significativa quando comparada as ondas V para ambos os dispositivos, sendo estas

desencadeadas muito antes no IC em relação ao AASI (diferença interaural em média 2 ms maior ao lado do AASI). Os autores discutem o fato de o AASI manter a estimulação das vias auditivas, independente do resíduo auditivo. O fato da assimetria de respostas encontradas comparando as latências de das ondas V, esta pode ser justificada pelas diferenças advindas dos próprios meios de transmissão do som (elétrico X acústico; nervo auditivo X condução aérea do som).

2.3 Potencial Evocado Auditivo Cortical no Implante Coclear

Nos últimos anos a seção de IC do CPA-HRAC vem desenvolvendo pesquisas com o PEAC, complexo P1-N1-P2 voltadas para a compreensão da resposta cortical frente à estimulação e para acompanhamento do desenvolvimento do sistema auditivo envolvendo grupos de crianças com audição normal e grupos com deficiência auditiva, este último com intuito de verificar o impacto da privação sensorial no córtex auditivo.

Estudos iniciais com indivíduos normais serviram como base para determinação do protocolo ideal a ser seguido para a estimulação cortical (VENTURA, et al., 2009; AGOSTINHO-PESSE, et al., 2014). Em continuidade, surgiu o interesse em compreender a resposta do sistema auditivo cortical para a estimulação elétrica gerada pelo implante coclear em indivíduos com deficiência auditiva sensorial e com pacientes diagnosticados com Desordem do Espectro da Neuropatia Auditiva (AMORIM, 2011; LOPES, 2013; VICENTE, 2014).

Pesquisas demonstraram a utilização do componente P1 como um biomarcador deste desenvolvimento em crianças normais (VENTURA, et al., 2009; AGOSTINHO-PESSE, et al., 2014) e usuários de implante coclear (PONTO et al.,

1996; SHARMA et al., 2005; AMORIM, 2011; LOPES, 2013). Os resultados encontrados mostraram o componente P1 surgindo imediatamente após a ativação do Implante coclear, tendo valores de latência diminuindo com o uso continuado do dispositivo (GORDON et al., 2006; DORMAN et al., 2007; GORDON et al., 2008; SHARMA et al., 2009; ALVARENGA et al., 2013).

Estudos realizados envolvendo o PEAC e usuários de IC constataram que o tempo de privação sensorial tem um impacto importante no desenvolvimento cortical auditivo, cognitivo e de linguagem oral (PONTON, 1996; SHARMA et al. 2005a; SHARMA et al., 2011; LOPES, 2013). Crianças submetidas à cirurgia de IC antes dos três anos e seis meses, ou seja, dentro do período considerado sensível, apresentaram com seis a oito meses de uso do dispositivo a latência do componente P1 equiparada aos seus pares de mesma idade cronológica sem deficiência auditiva (SHARMA et al. 2002); Entretanto, está claro que outras variáveis importantes devem ser consideradas quando pensamos no desenvolvimento da comunicação oral de crianças com IC, como tecnologia do dispositivo, tempo de exposição sonora, terapia Fonoaudiológica especializada, envolvimento familiar no processo de (re)habilitação, aspectos psicossociais e variáveis intrínsecas às crianças (FLEXER, 2011; TANAMATI, et al., 2011).

Usuários do IC unilateral demonstraram desempenho aquém no que se refere a percepção de fala na presença de ruído competitivo e localização sonora, sendo essas dificuldades as mais frequentes na vida cotidiana dos usuários de IC monoaural (CHING, et al., 2001; FETTERMAN, et al., 2002; WON, et a., 2007)

3 Proposição

3 PROPOSIÇÃO

Caracterizar os Potenciais Evocados Auditivos Corticais, complexo P1-N1-P2 em crianças com estimulação bimodal e verificar a correlação desses com os testes de percepção auditiva da fala.

4 Material e Métodos

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material e Métodos

Trata-se de um estudo de série de caso, transversal analítico descritivo desenvolvido no Centro de Pesquisas Audiológicas (CPA), Seção de Implante Coclear do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais (HRAC) da Universidade de São Paulo (USP), com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da instituição, sob o processo nº 39186814.0.0000.5441.

4.2. Seleção da Casuística

A casuística de conveniência foi formada por crianças acompanhadas no Centro de Pesquisas Audiológicas (CPA), Seção de Implante Coclear do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais (HRAC) da Universidade de São Paulo (USP), no ano de 2014, que se encontravam em avaliação para o Implante Coclear (IC) bilateral. Neste universo, seis crianças atenderam aos critérios de inclusão, ou seja, mantiveram o uso efetivo do AASI na orelha contralateral ao IC, demonstrando bom aproveitamento da estimulação acústica, sendo esta verificada a partir da obtenção dos limiares auditivos amplificados melhores ou iguais a 50 dB, para as frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz, assim como demonstrar benefício na percepção de fala. Importante ressaltar que essa casuística é representativa da realidade, visto que a maior ocorrência na criança é de perda auditiva bilateral, de grau severo ou profundo e simétrica.

- **Critérios de Inclusão**

1. *Fazer uso efetivo do aparelho de amplificação sonora individual contralateralmente ao implante coclear, independentemente do tempo da cirurgia.*

Para classificar o uso do AASI como efetivo foi elaborado e aplicado um questionário (anexo 1) com os pais e/ou responsáveis, com questões objetivas baseadas em evidências clínicas e nas fichas técnicas dos dispositivos eletrônicos aplicados à surdez, como tempo de vida útil de bateria quando utilizado efetivamente o AASI, assim como, questões subjetivas com relação a prontidão e aceitação da criança em utilizar os aparelhos. A análise do questionário considerou a resposta esperada para cada questão, sendo que a alternativa C era sempre a correta e a coerência entre as respostas obtidas quando comparadas entre si (por exemplo: a duração das pilhas do aparelho depende do tempo de uso, ou seja, quanto maior o tempo de uso menor será a duração destas).

Não foi possível utilizar o recurso do *DataLogging* para verificação do “uso efetivo”, devido ao fato de que, nem todos os pacientes que compunham a casuística tinham disponível esta tecnologia em seus dispositivos eletrônicos. Desta forma, considerou-se, como ideal, o tempo mínimo de 10 horas de uso relatado pela mãe.

O questionário foi aplicado previamente à realização do PEAC, utilizando-se a mesma sala, e o tempo necessário para aplicação variou individualmente entre os pais e/ou responsáveis.

2. *Apresentar benefício com o aparelho de amplificação sonora individual.*

O benefício na detecção auditiva com o AASI foi verificado a partir da obtenção dos limiares auditivos amplificados. Foi considerado benefício na detecção quando os limiares amplificados obtidos foram melhores ou iguais a 50 dBNA, em todas as frequências.

Adicionalmente foi avaliada a habilidade auditiva de discriminação de vogais - /a/; /i/ e /u/ por meio da prova 2 do protocolo *Glendonald auditory screening* (GASP) adaptado para o Português Brasil (ERBER, 1992; BEVILACQUA, 1996). Foi considerado benefício com o AASI quando foi obtido 100% de discriminação de vogais.

- **Critérios de Exclusão**

Foram excluídos pacientes com diagnóstico de Desordem do Espectro da Neuropatia Auditiva (DENA) e outras patologias associadas, além daqueles que não faziam uso efetivo do AASI, de acordo com os critérios de inclusão neste estudo.

4.3 Casuística

Foram avaliadas cinco crianças com estimulação bimodal, na faixa etária de quatro e oito anos de ambos os gêneros (tabela 1). Todas as crianças estavam inseridas em um programa de reabilitação auditiva pelo método aurioral.

Tabela 1 - Caracterização da casuística quanto ao gênero, data de nascimento, idade e momento da deficiência auditiva.

ID	Gênero	DN	Idade	Deficiência Auditiva
1	F	15/03/2011	4a	Congênita
2	F	17/09/2010	4a6m	Congênita
3	M	02/07/2008	6a8m	Congênita/Progressiva
4	M	03/07/2007	7a4m	Congênita/Progressiva
5	M	18/10/2010	4a4m	Congênita/Progressiva

Legenda: ID: identidade; DN: data de nascimento; a: ano; m: meses; F: feminino; M: masculino.

4.4. Métodos

Neste estudo foram analisados os limiares tonais da orelha não implantada, limiares amplificados com o AASI e limiares com o IC, o complexo P1-N1-P2 dos potenciais evocados auditivos corticais e a percepção auditiva de fala. Os procedimentos foram realizados em três situações distintas:

- Audição monoaural, ou seja, apenas o IC ligado;
- Audição bimodal, ou seja, IC e AASI contralateral ligados;
- Audição monoaural, ou seja, apenas o AASI ligado.

4.4.1 Audiometria tonal liminar

Inicialmente foi realizada a pesquisa do limiar tonal na orelha não implantada em cabine acústica, com o audiômetro *Midimate - Otometrics*, tendo como transdutor o fone de inserção. Os limiares em dB NA foram pesquisados por meio da audiometria lúdica condicionada.

Adicionalmente, foi pesquisado o limiar auditivo com o uso do dispositivo IC e o limiar amplificado com o uso do AASI, ambos mensurados isoladamente (somente

AASI ou somente IC), por meio da audiometria condicionada em campo livre, com a caixa acústica posicionada a 40 cm de distância da criança à 0° azimuth, sendo pesquisadas as frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz, com tom *Warble*

4.4.2 Potenciais evocados auditivos corticais

A pesquisa dos Potenciais Evocados Auditivos Corticais (PEAC), complexo P1-N1-P2, foi realizada segundo a metodologia proposta por Ventura et al., (2008), descrita a seguir:

O equipamento utilizado foi o *Smart EP USB Jr* da *Intelligent Hearing Systems®*, composto por dois canais. Os eletrodos foram posicionados para que o registro dos potenciais evocados auditivos ocorresse no canal A e o controle da interferência dos movimentos oculares e piscada, no canal B. No canal A, o eletrodo ativo foi posicionado em Cz e conectado na entrada (+) do pré-amplificador e o eletrodo de referência posicionado na mastóide contralateral ao dispositivo estimulado (M1 ou M2) e em na posição Oz, quando os dois dispositivos foram estimulados simultaneamente, conectado à entrada (-). O eletrodo terra foi posicionado em Fpz à esquerda e conectado na posição *ground*. No canal B, o eletrodo ativo foi colocado na posição supra-orbital do lado direito e conectado na entrada (+) do pré-amplificador e o eletrodo de referência, no mesmo lado, na posição infra-orbital, conectado à entrada (-), o que possibilitou a verificação e monitoramento da amplitude do movimento ocular e piscada antes e durante à pesquisa do potencial, a fim de delimitar o nível de rejeição para o canal A, e, conseqüentemente, minimizar a interferência do movimento ocular.

Os eletrodos utilizados eram descartáveis, específicos para encefalograma (EEG) da marca MEDITRACETM 200®, com pasta condutiva para EEG da marca Tem 20TM®, colocados após a limpeza da pele do indivíduo com Gel Abrasivo para Eletrocardiograma (ECG)/EEG da marca NUPREP®. O nível de impedância para os eletrodos foi verificado e mantido em até 3 KOhms com diferença intereletrodos de no máximo 2 KOhms.

Os PEAC foram pesquisados utilizando o estímulo de fala /da/, proposto por Banhara (2007). A amostra de fala foi desenvolvida em uma sala acusticamente tratada do Laboratório de Fonética e Psicolinguística do Instituto de Estudos da Linguagem da Universidade Estadual de Campinas. As emissões foram gravadas por meio de microfone unidirecional, diretamente na placa de computador, pelo programa livre *Praat*® (www.praat.org), com amostragem de 22 kHz. Solicitou-se que o locutor (homem, 22 anos de idade com qualidade vocal fluida) realizasse as emissões naturalmente. A sílaba [da] foi extraída da segunda sílaba da palavra [da'da] emitida. A partir da sílaba isolada, verificaram-se os valores de F₁, F₂ e F₃ em sua porção inicial e estável. Com os valores das larguras de banda da região estável das frequências formantes, compilou-se um script no *Praat*® (versão 4.2.31). O tempo de duração da sílaba [da] é de 180 ms. O estímulo produzido, previamente manipulado e gravado em CD pelo laboratório, foi digitalizado e inserido na unidade C: do computador conectado ao *software* do *Smart EP USB Jr.*

4.5 Parâmetros para estimulação.

O estímulo /da/ foi apresentado com 526 ms de intervalo interestímulo, com taxa de apresentação de 1,9 estímulos por segundo, filtro passa-banda de 1 a 30 Hz

e janela de análise da resposta de -100ms pré-estímulo a 500ms pós-estímulo. O procedimento foi realizado em campo livre, calibrado em decibel nível de pressão sonora (dB NPS), com duas caixas acústicas posicionadas a 90º azimuth, uma do lado direito e outra do lado esquerdo, a 40 cm de distância da orelha estimulada.

As séries foram promediadas com 150 estímulos e replicadas duas vezes em 70 dB NPS a fim de verificar reprodutibilidade de ondas e uma série foi realizada em 0 dB NPS para validar o registro obtido.

As avaliações foram realizadas em um ambiente tranquilo e silencioso. No momento da realização do teste, a criança ficou na posição sentada e relaxada em uma poltrona confortável e reclinada, assistindo a um filme ou vídeo de sua preferência, sem som.

O exame foi realizado com o IC no último mapa mais usado pelo paciente, assim como, manteve-se a programação do AASI proposta ao paciente. Por se tratar de crianças com perda auditiva de graus severo ou profundo (OMS, 1994), na programação os algoritmos para redução de ruído contidos no AASI ficam desligados para garantir audibilidade total para todos os sons de entrada, assim como, o uso do microfone na posição omnidirecional.

Para controle da variável sequência de teste, os exames foram realizados de acordo com os critérios a seguir: O primeiro paciente iniciou os procedimentos na situação monoaural somente com o dispositivo IC ligado; o segundo paciente realizou o exame na situação monoaural, somente com o dispositivo AASI ligado; o terceiro paciente realizou o exame na situação bimodal – IC e AASI ligados simultaneamente; e assim sucessivamente.

4.6. Teste de percepção de fala.

Os testes de percepção de fala foram realizados de acordo com a idade e capacidade do paciente em desempenhar o proposto pelo teste.

Para a avaliação da percepção de fala em crianças maiores de seis anos foi proposto a realização do teste HINT Brasil (*Hearing in Noise Test* - Versão em Português do Brasil).

O HINT utiliza sentenças foneticamente balanceadas, sensibilizadas por ruído espectral da própria fala, com a proposta de avaliar a audição binaural, investiga o quanto o ruído interfere realmente no entendimento da fala (SOLI, et al., 2008; ARIETA, 2013). Uma versão brasileira do HINT foi padronizada em ouvintes normais, em pesquisa desenvolvida em parceria pela USP - Bauru e UNICAMP (BEVILACQUA et al., 2008), com sentenças gravadas com voz masculina. De acordo a técnica do teste, foram aplicadas seis listas de sentenças randomicamente selecionadas pelo *software*, apresentadas no silêncio a fim de mensurar a intensidade ideal para a maior percepção auditiva de fala; e no ruído, com o intuito de verificar a relação sinal/ruído necessária para que o paciente obtenha o escore de 50% em sentenças com ruído competitivo.

Para as crianças que não conseguiram realizar o teste HINT foram aplicados os seguintes testes de percepção de fala:

- Teste de percepção de palavras dissílabos (DELGADO, 1999): realizado em cabina acústica, com a lista apresentada a viva-voz em campo livre com a caixa posicionada a 0º azimuth, na intensidade fixa de 60 dB NPS.

- Protocolo GASP (BEVILACQUA, 1996): o protocolo GASP conta com seis provas, porém neste estudo foram utilizadas as provas: 1. Detecção; 2. Discriminação de vogais; 3. Discriminação da extensão de vogais; 5.

Reconhecimento; 6. Compreensão. As provas foram realizadas a viva-voz, em uma sala silenciosa, livre de interferência do ruído.

- Reconhecimento de sentenças (gravadas) – Silêncio e Ruído (OLIVEIRA, 1992): realizado em cabina acústica, sendo apresentado listas de sentenças, foneticamente balanceadas e gravadas, apresentadas em campo livre com a caixa posicionada a 0º azimuth o teste foi sensibilizado com ruído (ruído de festa), sendo o sinal (fala) e o ruído apresentados na mesma caixa acústica posicionada à 0º azimuth. Este teste foi aplicado à crianças maiores de quatro anos de idade.

Os testes de percepção auditiva de fala ocorreram, para cada paciente, na mesma ordem na qual os PEAC foram pesquisados.

4.7. Análise dos Resultados

Para este estudo, optou-se pela análise descritiva qualitativa dos dados, onde os casos foram descritos no formato relato de série de casos.

4.7.1. Potencial Evocado Auditivo Cortical

Os componentes do complexo P1-N1-P2, quando presentes, foram analisados no domínio da latência (ms) e amplitude (μV), sendo considerados para P1 e P2, os picos de maior amplitude positiva e para N1 a maior amplitude negativa. A amplitude foi considerada a partir da linha de base do registro em 0.0 μV . O componente N1, por sua vez, quando foi observado uma morfologia com característica de duplo pico, denominamos como N1a e N1b, porém como critério de análise para latência e amplitude, tomamos como base os valores do primeiro pico do componente.

4.7.2 Teste de percepção auditiva da fala

Para a análise dos resultados, não foram consideradas as provas em que as crianças apresentaram escore de 100%, considerando a avaliação realizada para cada dispositivo separadamente (IC ou AASI) e para a estimulação bimodal.

4.7.3 Correlação entre os Potenciais Evocados Auditivos Corticais e os Testes de percepção de fala.

Os resultados obtidos no PEAC nas situações testes foram correlacionados com os obtidos nas situações de avaliação da percepção de fala a fim de verificar o se o uso do AASI concomitante ao uso do IC traz impacto na percepção de fala no silêncio e no ruído e na captação dos potenciais.

4.8. Análise estatística.

A análise quanto a presença ou ausência dos componentes do PEAC foi realizada por meio da avaliação do pesquisador e de um juiz atuante na área, de modo cego, sem que o juiz soubesse qual era a situação teste em que a criança se encontrava (IC, AASI ou bimodal). Com objetivo de verificar a concordância da análise do complexo P1-N1-P2 foram utilizados os métodos estatísticos de Kappa (LANDIS E KOCH, 1997) apresentada na tabela 2 e coeficiente de correlação interclasse apresentado na tabela 3 (FLEISS,1986).

Tabela 2 - Correlação entre a força de concordância e o valor de Kappa

Kappa	Força de concordância
<0.00	Pobre
0.00-0.20	Desprezível
0.21-0.40	Fraca
0.41-0.60	Moderada
0.61-0.80	Substancial
0.81-1.00	Quase perfeita

Tabela 3 - Interpretação do Coeficiente de Correlação Interclasse.

Coeficiente de Correlação Interclasse	Força de correlação
$I < 0,4$	Pobre
0,4 - 0,75	Satisfatório
$> 0,75$	Excelente

5 Resultados

5. Resultados

Houve boa concordância entre juízes na análise dos componentes dos potenciais evocados auditivos corticais de acordo com o coeficiente de correlação interclasse (0,68 para o componente P1; 0,80 para o componente N1 e 0,77 para o componente P2) e valor Kappa (100%, Kappa 1,00).

A seguir serão apresentados os resultados obtidos na avaliação de cinco crianças usuárias da estimulação bimodal quanto à captação dos potenciais evocados auditivos corticais e a percepção auditiva da fala. Os resultados serão apresentados como uma série de relatos de casos que permita a análise qualitativa dos dados.

5.1. Caracterização dos casos

Na tabela 4 estão apresentados dados referentes a idade no momento da adaptação do AASI, da ativação dos eletrodos e no momento da avaliação, assim como, o tempo de uso de cada dispositivo: AASI, IC e ambos.

Tabela 4 - Informações referente a idade no momento da adaptação do AASI, da ativação dos eletrodos, na execução dos testes propostos na metodologia, assim como, experiência auditiva com cada um dos dispositivos e bimodal.

ID	Idade (anos/meses)			Tempo de uso (anos/meses)		
	Adaptação AASI	Ativação IC	Execução teste	AASI	IC	Bimodal
1	1a10m	2a5m	4a	2a2m	1a 5m	1a5m
2	8m	10m	4a6m	3a10m	3a8m	3a8m
3	2a5m	6a	6a8m	4a3m	8m	8m
4	3a10m	5a4m	7a4m	3a6m	2a	2a
5	2a6m	4a2m	4a4m	1a9m	2m	2m

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; a: ano; m: meses; ID: Identificação.

As características do IC como marca, modelo do dispositivo, estratégias de processamento do sinal e do AASI estão apresentadas na tabela 5.

Tabela 5 - Características do implante coclear: marca, modelo do dispositivo, estratégias de processamento do sinal e do aparelho de amplificação sonora individual: marca e modelo.

IC				AASI	
ID	Marca	Processador de fala	Estratégia de processamento do sinal	Marca	Modelo
1	MED-EL	OPUS-2	FS4	STARKEY	X-SÉRIES 90 PP
2	MED-EL	OPUS-2	FS4	PHONAK	NAÍDA III UP
3	COCHLEAR	NUCLEUS 5	ACE	STARKEY	X-SÉRIES 90 PP
4	COCHLEAR	NUCLEUS 5	ACE	PHONAK	NAÍDA V SP
5	ADVANCED BIONICS	NAÍDA	HiRes 120	OTICON	SUMO

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de Amplificação Sonora Individual; ID: Identificação; HiRes: Hi-Resolution; SP: Super Power; UP: Ultra Power; PP: Power Plus; ACE: Advanced Combination Encoder; FS4: Fine Structure.

5.2. Apresentação dos casos.

CASO 1:

- Tempo de uso do AASI bilateral: 7 meses
- Idade da cirurgia: 2 anos e 4 meses; idade da ativação: 2 anos e 5 meses
- Tempo de uso da estimulação bimodal: 1 ano e 5 meses
- Idade de realização do teste: 3 anos e 10 meses

1.1. Audiometria tonal liminar

Tabela 6 - Limiões tonais da orelha não implantada, limiões amplificados obtidos com o uso do aparelho de amplificação convencional e limiões obtidos com o uso do implante coclear.

	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Limiões amplificados AASI OE (dB NPS)	20	25	30	50
Limiões com IC (dB NPS) OD	40	35	35	30
Limiar tonal orelha não implantada OE (dB NA)	55	65	85	90

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; Hz: Hertz; dB NPS: decibel nível de pressão sonora; dB NA: decibel nível de audição; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda.

1.2. Potencial evocado auditivo cortical

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; OE: orelha esquerda; OD: orelha direita.

Figura 1 - Registro do potencial evocado auditivo cortical nas três situações teste propostas: Aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e bimodal.

Tabela 7 - Valores de latência (ms) e Amplitude (μ V) dos potenciais evocados nas três situações teste: aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e Estimulação Bimodal.

	IC			AASI			BIMODAL		
	P1	N1	P2	P1	N1	P2	P1	N1	P2
Latência	114.00	199.00	253.00	137.00	203.00	257.00	105.00	176.00	270.00
Amplitude	2.55	-1.70	1.26	2.55	-1.70	1.26	1.51	-2.31	1.88

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; ms: milissegundos; μ V: micro volts.

1.3. Teste de percepção auditiva da fala

Tabela 8 - Resultado para os testes de percepção de fala proposto no protocolo GASP e percepção de dissílabos, nas três situações teste propostas: Aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e estimulação bimodal.

	Protocolo GASP		Lista de Dissílabos	
	Reconhecimento	Compreensão	Palavras	Fonemas
AASI	83,30%	30%	40%	68%
IC	100%	40%	45%	75%
Bimodal	91,66%	50%	40%	70%

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual.

Caso 2:

- Tempo de uso do AASI bilateral: 1 mês
- Idade da cirurgia: 9 meses; idade da ativação: 10 meses
- Tempo de uso da estimulação bimodal: 3 anos e 8 meses
- Idade de realização do teste: 4 anos e 6 meses

2.1. Audiometria tonal liminar

Tabela 9 - Limiares tonais da orelha não implantada, limiares amplificados obtidos com o uso do aparelho de amplificação convencional e limiares obtidos com o uso do implante coclear

	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Limiares amplificados AASI OD (dB NPS)	35	40	40	40
Limiares com IC (dB NPS) OE	30	40	40	40
Limiar tonal orelha não implantada OD (dB NA)	95	100	105	100

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; Hz: Hertz; dB NPS: decibel nível de pressão sonora; dB NA: decibel nível de audição; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda.

2.2. Potencial evocado auditivo cortical

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; OE: orelha esquerda; OD: orelha direita

Figura 2 - Registro do potencial evocado auditivo cortical nas três situações teste propostas: Aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e bimodal.

Tabela 10 - Valores de latência (ms) e Amplitude (μ V) dos potências captados nas três situações teste: AASI, IC e Estimulação Bimodal

	IC			AASI			BIMODAL		
	P1	N1	P2	P1	N1	P2	P1	N1	P2
Latência	99.00	NR	NR	103.00	NR	NR	102.00	NR	NR
Amplitude	3.87	NR	NR	3.72	NR	NR	3.20	NR	NR

Legenda: Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; NR: Não registrado. ms: milissegundos; μ V: micro volts.

2.3. Teste de percepção auditiva da fala

Tabela 11 - Resultado para os testes de percepção de fala proposto no protocolo GASP, percepção de dissílabos e lista de sentenças no silêncio e no ruído para as três condições de estimulação: AASI, IC e Estimulação Bimodal

	Protocolo GASP		Lista de Dissílabos		Lista de Sentenças Oliveira (1992)	
	Reconhecimento	Compreensão	Palavras	Fonemas	Silêncio	Ruído
AASI	90%	40%	20%	41,25%	NE	NE
IC	100%	100%	85%	93,75%	54%	NE
Bimodal	100%	100%	75%	90%	41%	NE

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; NE: Não executou

Criança não é capaz de desempenhar funções propostas por testes mais complexos, como sentenças com ruído competitivo.

Caso 3

- Tempo de uso do AASI bilateral: 3 anos 6 meses
- Idade da cirurgia: 5 anos 11 meses; idade da ativação: 6 anos.
- Tempo de uso da estimulação bimodal: 8 meses
- Idade de realização do teste: 6 anos 8 meses

3.1. Audiometria tonal liminar

Tabela 12 - Limiars tonais da orelha não implantada, limiars amplificados obtidos com o uso do aparelho de amplificação convencional e limiars obtidos com o uso do implante coclear

	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Limiars amplificados AASI OD (dB NPS)	35	40	40	40
Limiars com IC (dB NPS) OE	30	40	40	40
Limiar tonal orelha não implantada OD (dB NA)	95	100	105	100

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; Hz: Hertz; dB NPS: decibel nível de pressão sonora; dB NA: decibel nível de audição; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda.

3.2. Potencial evocado auditivo cortical

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; OE: orelha esquerda; OD: orelha direita

Figura 3 - Registro do potencial evocado auditivo cortical nas três situações teste propostas: Aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e bimodal.

Tabela 13 - Valores de latência (ms) e Amplitude (μ V) dos potências captados nas três situações teste: AASI, IC e Estimulação Bimodal

	IC			AASI			BIMODAL		
	P1	N1	P2	P1	N1	P2	P1	N1	P2
Latência	117.00	NR	NR	115.00	194.00	278.00	102.00	172.00	258.00
Amplitude	4.58	NR	NR	2.75	-1.99	1.37	3.04	-3.39	1.07

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; NR: Não registrado; ms: milissegundos; μ V: micro volts.

3.3. Teste de percepção auditiva da fala

Tabela 14 - Resultado para os testes de sentenças no silêncio e no ruído para as três condições de estimulação: AASI, IC e Estimulação Bimodal

	Lista de Sentenças HINT		Lista de Sentenças Oliveira	
	Silêncio	Ruído	Silêncio	Ruído
AASI	NE	NE	41%	28%
IC	69,6dB	NE	27%	29%
Bimodal	62,8dB	10,9dB	50%	38%

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; NE: Não executou

Tabela 15 - Resultado para os testes de sentenças com o dispositivo de amplificação antes da realização do IC.

	Lista de Sentenças Oliveira	
	Silêncio	Ruído
OD	26%	0%
OE	28%	0%

Legenda: OD: Orelha direita; OE: Orelha esquerda

Caso 4

- Tempo de uso do AASI bilateral: 1 ano 3 meses
- Idade da cirurgia: 5 anos 3 meses; idade da ativação: 5 anos 4 meses.
- Tempo de uso da estimulação bimodal: 2 anos
- Idade de realização do teste: 7 anos 4 meses

4.1. Audiometria tonal limiar

Tabela 16. Limiões tonais da orelha não implantada, limiões amplificados obtidos com o uso do aparelho de amplificação convencional e limiões obtidos com o uso do implante coclear

	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Limiões amplificados AASI OE (dB NPS)	20	25	25	25
Limiões com IC (dB NPS) OD	20	25	25	25
Limião tonal orelha não implantada OE (dB NA)	65	70	70	80

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; Hz: Hertz; dB NPS: decibel nível de pressão sonora; dB NA: decibel nível de audição; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda.

4.2. Potencial evocado auditivo cortical

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; OE: orelha esquerda; OD: orelha direita
Figura 4 - Registro do potencial evocado auditivo cortical nas três situações teste propostas: Aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e bimodal.

Tabela 17 - Valores de latência (ms) e Amplitude (μ V) dos potências captados nas três situações teste: AASI, IC e Estimulação Bimodal

	IC			AASI			BIMODAL		
	P1	N1	P2	P1	N1	P2	P1	N1	P2
Latência	122.00	235.00	314.00	79.00	199.00	285.00	80.00	174.00	280.00
Amplitude	1.34	-1.83	1.20	3.92	-1.81	0.71	1.48	-1.74	2.35

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; Hz: Hertz; dB NPS: decibel nível de pressão sonora; dB NA: decibel nível de audição; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; ms: milissegundos; μ V: micro volts.

4.3. Teste de percepção auditiva da fala

Tabela 18 - Resultados obtidos para a percepção de sentenças no silêncio e no ruído, propostas por Oliveira (1992) HINT (BEVILACQUA, 2008).

	Lista de Sentenças HINT		Lista de Sentenças Oliveira	
	Silêncio	Ruído	Silêncio	Ruído
AASI	51.3 dB	NE	88%	78%
IC	63.4 dB	NE	78%	70%
Bimodal	55.4 dB	10,8dB	85%	88%

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; NE: Não executou

Caso 5

- Tempo de uso do AASI bilateral: 1 ano 7 meses
- Idade da cirurgia: 4 anos 1 meses; idade da ativação: 4 anos 2 meses.
- Tempo de uso da estimulação bimodal: 2 meses
- Idade de realização do teste: 4 anos 4 meses

5.1. Audiometria tonal liminar

Tabela 19 - Limiares tonais da orelha não implantada, limiares amplificados obtidos com o uso do aparelho de amplificação convencional e limiares obtidos com o uso do implante coclear

	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Limiares amplificados AASI OE (dB NPS)	35	45	50	50
Limiares com IC (dB NPS) OD	40	30	35	35
Limiar tonal orelha não implantada OE (dB NA)	105	100	100	95

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; Hz: Hertz; dB NPS: decibel nível de pressão sonora; dB NA: decibel nível de audição; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda.

5.2. Potencial evocado auditivo cortical

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; OE: orelha esquerda; OD: orelha direita

Figura 5 - Registro do potencial evocado auditivo cortical nas três situações teste propostas: Aparelho de amplificação sonora individual, implante coclear e bimodal.

Tabela 20 - Valores de latência (ms) e Amplitude (μ V) dos potências captados nas três situações teste: AASI, IC e Estimulação Bimodal

	IC			AASI			BIMODAL		
	P1	N1	P2	P1	N1	P2	P1	N1	P2
Latência	115.00	NR	NR	116.00	NR	NR	110.00	NR	NR
Amplitude	5.12	NR	NR	5.17	NR	NR	6.75	NR	NR

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; Hz: Hertz; dB NPS: decibel nível de pressão sonora; dB NA: decibel nível de audição; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; ms: milissegundos; μ V: micro volts.

5.3. Teste de percepção auditiva da fala

Tabela 21. Resultado para os testes de percepção de fala proposto no protocolo GASP e percepção de dissílabos (percentual de acerto de fonemas e palavras) para as três condições de estimulação:

AASI, IC e Estimulação Bimodal.

	Protocolo GASP		Lista de Dissílabos	
	Reconhecimento	Compreensão	Palavras	Fonemas
AASI	83,3%	50%	25%	56,25%
IC	83,3%	60%	55%	76,25%
Bimodal	100%	80%	60%	78,75%

Legenda: IC: Implante Coclear; AASI: Aparelho de amplificação sonora individual; NE: Não executado

6 Discussão

5 DISCUSSÃO

Estudos demonstraram que a estimulação de modo bilateral sempre deve ser preconizada, independentemente do modo de estimulação, com o AASI bilateral, com IC bilateral ou com o uso de IC e AASI na orelha contralateral (estimulação bimodal), uma vez que o desempenho em tarefas binaurais é dependente do *input* bilateral (ARMSTRONG et al., 1997; CHING et al., 2001; LUNTZ et al., 2003; BEIJEN ET AL., 2008).

Na seção de IC do CPA-HRAC, a adaptação e o acompanhamento do AASI na orelha contralateral ao IC fazem parte do protocolo do atendimento do paciente implantado, no qual orientações são realizadas a fim de motivar o uso efetivo do AASI para alcançar os benefícios da audição bimodal.

O resíduo auditivo na orelha não implantada apresenta-se como um preditor importante no desempenho da percepção auditiva da fala com o uso da amplificação (ARMSTRONG, et al., 1997; CHING et al., 2005; BLAMEY et al., 2007; BERRETTINI et al., 2010). Contudo, estudos demonstraram que este não deve ser o único fator considerado no momento da indicação do AASI, uma vez que crianças com resíduo auditivo limitados também podem se beneficiar com o uso da estimulação bimodal. Portanto, a indicação do uso do AASI na orelha contralateral deve ser sempre realizada aos usuários do IC unilateral, sendo que o acompanhamento é imprescindível para a decisão da manutenção do uso bimodal ou a avaliação e indicação do IC bilateral (CHING, et al., 2001; CHING, et al., 2005; DETTMAN, et al., 2004; LITOVISKY, et al., 2006; BEIJEN, et al., 2008; LOOI et al., 2011). Neste estudo todos os pacientes fazem uso efetivo do AASI na orelha contralateral ao IC, independente da audição residual.

Com o objetivo de verificar o benefício da estimulação bimodal, assim como o desenvolvimento das vias auditivas na população pediátrica, autores como Mondain et al. (2002) levantaram a necessidade de preconizar uma forma de avaliação objetiva. Embora Tange et al. (2009) não tenham pesquisado os PEAC nesta população, os autores propuseram a realização deste procedimento com o uso da audição bimodal a fim de verificar a melhor decisão clínica em relação à orelha não implantada.

No presente estudo, foi possível registrar os PEAC com boa reprodutibilidade e morfologia, sendo uma opção viável independentemente do modo de estimulação – somente IC, somente AASI e estimulação bimodal. Os resultados obtidos, a partir das avaliações realizadas com cada criança, serão explorados a seguir a fim de discutir suas particularidades presentes em cada caso

Caso 1.

A captação dos PEAC foi realizada em todas as situações propostas, apresentando boa morfologia, reprodutibilidade e amplitude.

Estudos demonstraram que os componentes do complexo P1-N1-P2 apresentam diferentes fontes geradoras, sendo os componentes P1 e P2 mais precoces em seu processo de maturação, podendo ser registrados a partir dos dois ou três anos de idade (Ponton et al. 2000). No momento da avaliação, a criança estava com três anos e dez meses de idade. Conforme o esperado, os componentes P1 e P2 foram registrados. Já o componente N1 tem fontes geradoras difusas no córtex auditivo primário e secundário. Apesar de ser registrado de forma mais fidedigna a partir dos seis ou sete anos de idade (Naatanem e Picton 1987; Sharma et al., 1997; Ponton,

et al., 2000; Gilley et al., 2005; Sussman et al., 2008), foi possível também observar a presença do componente N1 nesta criança.

As latências e amplitudes dos componentes P1, N1 e P2 foram semelhantes às encontradas em crianças da mesma faixa etária com audição normal (Agostinho-Pesse e Alvarenga, 2014). Sendo assim, a estimulação proporcionada pelo IC e pelo AASI, tanto de forma isolada quanto associada, permitiu a maturação e o desenvolvimento normal das estruturas auditivas corticais (Sharma et al., 2013; Sharma et al., 2015).

Na análise da percepção auditiva da fala, a criança conseguiu realizar os testes no silêncio propostos para a idade, demonstrando bons resultados com os dispositivos isolados e em associação. Contudo, não foi possível averiguar se o uso da estimulação bimodal proporcionou o reestabelecimento das funções binaurais, uma vez que não foram realizados testes que abrangiam a percepção de fala com ruído competitivo, justificado pela idade da criança.

A análise dos PEAC demonstrou que a maturação do sistema auditivo cortical está ocorrendo conforme o esperado, sendo um pré-requisito para o bom desempenho apresentado nos testes de percepção auditiva da fala.

Caso 2

A presença de uma perda auditiva acentuada nos primeiros anos de vida altera o desenvolvimento típico das estruturas do sistema auditivo central. Entretanto, se a estimulação auditiva apropriada for proporcionada por meio do IC ou do AASI dentro de um período com alta neuroplasticidade neuronal, considerado um período sensível (até três anos e seis meses de idade), é possível obter uma

resposta auditiva cortical normal após três a oito meses de uso do dispositivo (Sharma, Dorman, Kral, 2005; Sharma, Dorman, Spahr, 2002; Sharma et al., 2004; Alvarenga et al., 2013).

A criança deste caso foi adaptada com AASI aos oito meses de idade e a ativação dos eletrodos ocorreu aos dez meses de idade, ou seja, a intervenção ocorreu dentro do período considerado sensível. Conforme o esperado, o valor da latência com componente P1 estava dentro do padrão de normalidade para todas as situações de estimulação testadas. Em contrapartida, não foi observada a presença dos componentes N1 e P2. A ausência do componente N1 é esperada na faixa etária da criança. Contudo, a não captação do componente P2 traz à tona o questionamento sobre uma possível imaturidade dos geradores associados a este componente (Gilley et al., 2006), podendo refletir na percepção auditiva da fala (EGGERMONT e PONTON, 2009).

Nos testes de percepção auditiva da fala, a criança apresentou um pior desempenho para o AASI e na situação bimodal em comparação à situação de escuta onde estava apenas com o IC ligado. Este desempenho pode estar associado à imaturidade auditiva cortical já descrita.

Os resultados obtidos na pesquisa dos PEAC e nos testes de percepção auditiva da fala sugerem uma estimulação ineficiente a fim de proporcionar o desenvolvimento auditivo e o reestabelecimento da binauralidade, portanto, há a necessidade de novas avaliações com o intuito de discutir a necessidade da indicação do IC de modo bilateral.

Caso 3.

A partir da captação dos potenciais, nas três situações de teste, foi possível observar o registro do complexo P1-N1-P2 nas situações monoaural quanto utilizando somente o AASI e bimodal, sendo possível observar, quando o paciente utilizava somente o IC, apenas o componente P1.

O fato de somente o P1 ter se apresentado na orelha com IC, devido ao curto tempo de uso do dispositivo (oito meses), demonstrando, uma imaturidade do sistema auditivo frente a estimulação elétrica. Autores discutiram o fato de grandes mudanças ocorrerem ao longo da via auditiva cortical decorrente do tempo de estimulação com o IC, e como consequência a diminuição dos valores de latência do componente P1, dito como um biomarcador do desenvolvimento cortical (PONTON et al., 1996; SHARMA et al., 2002; ALVARENGA et al., 2013; GORDON et al., 2013).

Adicionalmente o desencadeamento apenas do componente P1 ao lado do IC, chama atenção o fato da latência do componente ser bastante semelhante ao encontrado quando estimulado o AASI e ambos os dispositivos no uso bimodal, o que pode ser justificado pelo fato de o paciente ter realizado uso efetivo do AASI e ter demonstrado benefícios em percepção de fala com o dispositivo eletrônico AASI, mesmo que limitado, antes da indicação do IC unilateral. Autores demonstraram que o fato de utilizar o AASI antes da indicação do IC, favorecem o desenvolvimento das vias auditivas, refletindo no bom desempenho com o uso do dispositivo IC (CHING et al., 2004; CHING et al., 2005).

Sharma et al. (2004) discutiram que o fato de ocorrer mudanças significativas em relação à morfologia e às latências, não são exclusivas à estimulação acústica ou elétrica, e sim à associação com as modificações corticais advindas de um sistema que se encontrava em privação sensorial frente à novos estímulos.

Uma vez que o N1 e P2 representam áreas corticais mais “altas”, a não captação destes pode representar uma imaturidade cortical em decorrência do pouco tempo de estimulação elétrica (SHARMA et al., 2015).

O paciente em questão teve a indicação do IC unilateral baseada no desempenho em testes de percepção auditiva da fala aquém do esperado, sendo assim, a orelha contralateral ao IC ainda se beneficiava com o uso da amplificação convencional, mesmo que com resultados limitados.

Na percepção auditiva da fala, a criança conseguiu desempenhar o teste de sentenças sensibilizado com ruído apenas para a estimulação bimodal, corroborando com autores que também constataram o fato de que o uso do AASI na orelha contralateral pode reestabelecer funções binaurais referentes à percepção auditiva da fala (LITOVSKY et al., 2006; MOK, et al, 2007; CHING et al.; LOOI E RADFORD, 2011).

Este paciente apresenta resultados satisfatórios com a estimulação bimodal, onde as funções binaurais desejadas estão sendo alcançadas a fim de favorecer o bom desenvolvimento auditivo e de fala.

Caso 4

A partir da captação dos PEAC, foi possível verificar o registro de todos os componentes de complexo P1-N1-P2 para todas as situações de teste, apresentado latência e amplitude com valores esperados para a idade (AGOSTINHO-PESSE e ALVARENGA, 2014).

As latências dos componentes encontrados na situação bimodal, são muito semelhantes às encontradas na situação de estimulação quando a criança fazia uso

somente do AASI, o que pode ser justificado pelo fato de o paciente ter realizado uso efetivo do AASI antes do IC e o manter após a ativação do mesmo.

Quando correlacionado o PEAC aos testes de percepção auditiva da fala, o paciente conseguiu desempenhar o teste de sentenças HINT, com ruído competitivo, apenas na situação bimodal, o que sugere o reestabelecimento funções binaurais relativas à percepção auditiva da fala no ruído competitivo (LITOVSKY et al., 2006; MOK, et al, 2007; CHING et al.; LOOI E RADFORD, 2011).

Os testes de percepção de fala em meio ao ruído, foram realizados com a caixa acústica posicionada a 0º azimuth, sendo o sinal de fala e o ruído apresentados na mesma caixa, favorecendo a somação binaural, ou seja, quando as duas orelhas recebem o mesmo sinal, podendo o mesmo ser amplificado em até 3 dB no sistema auditivo central (DILLON, 2001; BROWN, et al., 2007). Muitos trabalhos verificaram a função advindo da somação binaural e puderam verificar que o uso combinado da estimulação elétrica e acústica é capaz de fornecer pistas espectrais importantes com relação ao tempo e intensidade, onde o AASI traz pistas importantes relativas à percepção dos sons graves, em combinação com as pistas de *pitch* agudo, por sua vez, melhor transmitido pelo IC (ARMSTRONG et al, 1997; BLAMEY, et al., 2000)

O paciente demonstra bons resultados com o uso da estimulação bimodal, sendo assim, a melhor conduta a ser tomada é o acompanhamento dos dispositivos e manutenção da estimulação bimodal.

Caso 5

A partir da análise dos PEAC, foi possível verificar a captação apenas do componente P1 para todas as situações de teste. Autores demonstraram o fato de

grandes mudanças ocorrerem ao longo da via auditiva cortical decorrente do tempo de estimulação com o IC, e como consequência a diminuição dos valores de latência do componente P1, dito como um biomarcador do desenvolvimento cortical (PONTON et al., 1996; SHARMA et al., 2002; ALVARENGA et al., 2013; GORDON et al., 2013). Contudo os potenciais subsequentes P2-N1 não terem aparecido, pode demonstrar uma imaturidade do sistema cortical frente aos estímulos.

Os testes de percepção auditiva da fala demonstraram bom desempenho para todas as situações de teste, porém o paciente não conseguiu executar testes mais complexos como a percepção de sentenças. Autores relacionam a captação do componente N1 com o desempenho de tarefas mais complexas com relação ao desenvolvimento da percepção auditiva da fala (Eggermont e Ponton, 2003).

Embora o paciente esteja se desenvolvendo com o uso da estimulação bimodal, ainda não é possível verificar o reestabelecimento da binauralidade, uma vez que testes com percepção de fala em meio ao ruído não foram realizados, sendo assim, há a necessidade do acompanhamento das vias auditivas corticais a fim de averiguar possíveis mudanças com o tempo do uso dos dispositivos.

7 Conclusões

7 CONCLUSÕES

Os PEAC, complexo P1-N1-P2, foram passíveis de serem registrados em crianças com estimulação bimodal. Foi possível observar que há correlação entre o registro o registro dos PEAC e o desempenho no teste de percepção auditiva da fala. Ainda não há dados suficientes quanto a utilização deste método para fins da indicação do IC bilateral.

Referências

REFERÊNCIAS

1. AGOSTINHO-PESSE, R. S.; ALVARENGA, K. F. Potencial evocado auditivo de longa latência para estímulo de fala apresentado com diferentes transdutores em crianças ouvintes. **Rev. CEFAC**, v. 16, n. 1, p. 13-22, 2014.
2. ALVARENGA, K. F.; VICENTE, L. C.; LOPES, R. C. F.; VENTURA, L. M. P.; BEVILACQUA, M. C.; MORET, A. L. M. Desenvolvimento do potencial evocado auditivo cortical P1 em crianças com perda auditiva sensorineural após o implante coclear: estudo longitudinal. **CoDAS**; 25(6):521-6, 2013
3. AMORIM, R. B. Desenvolvimento do sistema auditivo central em crianças com Espectro da Neuropatia Auditiva usuárias de implante coclear. **[Tese de Doutorado]**, Universidade de São Paulo, 2011.
4. ARIETA, A. M. HINT Brasil: estudo em portadores de perdas auditivas. [Tese de Doutorado], Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas, 2013.
5. ARMSTRONG, M.; PEGG, P.; JAMES, C.; BLAMEY, P. Speech Perception in Noise with Implant and Hearing aid. **The american jornal of otology** 18; 140-S141, 1997.
6. BANHARA, M. R.; Potenciais auditivos de longa latência: N1, P2, N2, e P300, evocados por estímulo de fala em usuários de implante coclear [Dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2007.
7. BERRETTINI, S.; PASSETTI, S.; GIANNARELLI, M.; FORLI, F. Benefit from bimodal hearing in a group of prelingually deafened adult cochlear implant users. Otology-Cochlear Implant Centre, Department of Neuroscience, University of Pisa, Italy. Received 15 September, 2010.
8. BEVILACQUA, M. C.; BANHARA, M. R.; DA COSTA, E. A.; VIGNOLY, A. B.; ALVARENGA, K. F. The Brazilian Portuguese hearing in noise test. **International journal of audiology**, 47(6), 364-365, 2008.
9. BLAMEY, P. J., DOOLEY, G. J., JAMES, C. J., & PARISI, E. S. Monaural and binaural loudness measures in cochlear implant users with contralateral residual hearing. **Ear and Hearing**, 21(1), 6-17; 2000.
10. BILLINGS, C. J.; TREMBLAY, K. L.; SOUZA, P. E., BINNS, M. A. Effects of hearing aid amplification and stimulus intensity on cortical auditory evoked potentials. **Audiology and Neurotology**, 12(4), 234-246, 2007.
11. CHANG, H.; DILLON, H.; CARTER, L.; DUN, V. B.; YOUNG, S. T. The relationship between cortical auditory evoked potential (CAEP) detection and estimated audibility in infants with sensorineural hearing loss. **International Journal of Audiology**, 51: 663–670. 2012.

12. CHING, T. Y. C.; PSARROS, C.; HILL, M.; DILLON, H.; INCERTI, P. Should Children Who Use Cochlear Implants Wear Hearing Aids in the Opposite Ear? **Ear & Hearing**. by Lippincott Williams & Wilkins. Printed in the U.S.A. 2001.
13. CHING, T. Y. C.; WANROOY, E. V.; HILL, M.; DILLON, H. Binaural redundancy and inter-aural time difference cues for patients wearing a cochlear implant and a hearing aid in opposite ears. **Int J Audiol**; 44:513-21, 2005.
14. CHING, T. Y.; HILL, M.; BREW, J.; INCERTI, P.; PRIOLO, S.; RUSHBROOK, E.; FORSYTHE, L. The effect of auditory experience on speech perception, localization, and functional performance of children who use a cochlear implant and a hearing aid in opposite ears. **International journal of audiology**, 44(12), 677-690, 2005b.
15. CHING, T. Y. C.; WANROOY, E. V.; HILL, M.; INCENTI, P. Performance in children with hearing aids or cochlear implants: bilateral stimulation and binaural hearing. **Int J Audiol.**, 45(1):108-12, 2006.
16. CHING, T. Y. C.; WANROOY, E. V.; DILLON, H. Binaural-bimodal fitting or bilateral implantation for managing severe to profound deafness: a review. **Trends Amplif.** 11(3):161-92. 2007.
17. CHING, T. Y. C.; PSARROS, C.; HILL, M.; DILLON, H.; INCERTI, P. Should Children Who Use Cochlear Implants Wear Hearing Aids in the Opposite Ear? **Ear & Hearing**. 2001.
18. CHING, T. Y. C.; INCERT, P.; HILL, E.; WANROOY, E. V. (1) An overview of binaural advantages for children and adults who use binaural/bimodal hearing devices. **Audiol Neurotol**;11(suppl 1):6–11, 2006.
- 19.
20. COWAN, R. S.; DELDOT, J.; BARKER, E. J.; PEGG, P.; DETMAN, S.; GALVIN, K. L.; et al. Speech Perception results for children with implants with diferente levels of preoperative residual hearing. **The American Journal of Otology**. 18: S 125-126, 1997.
21. DILLON, H. Hearing aids. Ed. Thieme, Cap 2, p. 50-69. 2001.
22. DORMAN, M. F.; SHARMA, A.; GILLEY, P.; MARTIN, K.; ROLAND, P. Central auditory development: Evidence from CAEP measurements in children fit with cochlear implants. **Journal of Communication Disorders**, 40, 284–294. 2007
23. FETTERMAN, B. L.; DOMICO, E. H. Speech recognition in background noise of cochlear implant patients. **Otolaryngol Head Neck Surg**. Mar;126(3):257-63, 2002.
24. FLEXER, C. *Cochlear implants and neuroplasticity: linking auditory exposure and practice*. **Cochlear Implant International**, VOL. 12 NO. S1, 2011.
25. GIFFORD, R. H.; DORMAN, M. F.; MCKARNS, S. A.; SPAHR, A. J. Combined electric and contralateral acoustic hearing: Word and sentence recognition with bimodal hearing. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, 50(4), 835-843, 2007.

26. GOLDING, M.; PEARCE, W.; SEYMOUR, J.; COOPER, A.; CHING, T.; DILLON, H. The relationship between obligatory cortical auditory evoked potentials (CAEPs) and functional measures in young infants. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18(2), 117-125, 2007.
27. GORDON, K. A.; PAPSIN, B. C.; HARRISON, R. V. Effects of cochlear implant use on the electrically evoked middle latency response in children. **Hear Res**; 204: 78–89, 2005.
28. GORDON, K. A.; PAPSIN, B. C.; HARRISON, R. V. An Evoked Potential Study of the Developmental Time Course of the Auditory Nerve and Brainstem in Children Using Cochlear Implants. **Audiol Neurotol**; 11:7–23. 2006.
29. GORDON, K. A.; TANAKA, S.; WONG, D. D. E.; PAPSIN, B. C. Characterizing responses from auditory cortex in young people with several years of cochlear implant experience clinical. **Neurophysiology**.119:2347-62, 2008.
30. GORDON, K. A.; WONG, D. D. E.; PAPSIN, B. C. Cortical function in children receiving bilateral cochlear implants simultaneously or after a period of interimplant delay. **Otol. Neurotol**. 31, 1293. 2010.
31. LITOVSKY, R. Y.; JOHNSTONE, P. M.; GODAR, S.; AGRAWAL, S.; PARKINSON, A.; PETERS, R.; LAKE, J. Bilateral cochlear implants in children: localization acuity measured with minimum audible angle. **Ear and hearing**, 27(1), 43, 2006.
32. LOOI, V.; RADFORD, C. J. Acomparision of the speech recognition and pitch ranking abilities of children using a unilateral cochlear implant, bimodal stimulation or bilateral hearing aids. **Int. journal of pediatric otorhinolaryngology**, 75(4), 472-482, 2011.
33. LUNTZ, M.; SHPAK, T.; WEISS, H.; PELEG, C.; SHARON, R.; BRODSKY, A.; TESZLER, C. Beneficial effect of contralateral amplification in cochlear implant users. Cochlear. **Implants International**, 2003.
34. LUNTZ, M.; EGRA-DAGAN, D.; ATTIAS, J.; YEHUDAI, N.; MOST, T.; SHPAK, T. From Hearing with a Cochlear Implant and a Contralateral Hearing Aid (CI/HA) to Hearing with Two Cochlear Implants (CI/CI): A Within-Subject Design Comparison. **Otology & Neurotology**, Vol. 35, No. 10, 2014.
35. MONDAIN, M; SILLON, M.; VIEU, A.; LEVI, A.; REUILLARD-ARTIERES, F.; DEGUINE, O.; FRAYSSE, B.; COCHARD, N.; TRUY, E.; UZIEL A. Cochlear implantation in prelingually deafened children with residual hearing. **International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology**, 63, 91–97, 2002.
36. MOK, M.; GRAYDEN, D.; DOWELL, R. C.; EYE, R. V.; LAWRENCE, D. Speech Perception for Adults Who Use Hearing Aids in Conjunction With Cochlear Implants in Opposite Ears. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research** 338; Vol. 49; 338–351, 2007.

37. PONTON, C. W.; DON, M.; EGGERMONT, J. J.; WARING, M. D.; MASUDA, A. Maturation of Human Cortical Auditory Function: Differences Between Normal-Hearing Children and Children with Cochlear Implants. **Ear & Hearing**. Issue: Volume 17(5), pp 430-437. October, 1996.
38. POTTS, L. G.; SKINNER, M. W.; LITOVSKY, R. A.; STRUBE, M. J.; KUK, F. Recognition and Localization of Speech by Adult Cochlear Implant Recipients Wearing a Digital Hearing Aid in the Nonimplanted Ear (Bimodal Hearing). **J Am Acad Audiol.**, 20(6): 353–373. June, 2009.
39. POTTS, L. G.; LITOVSKY, R. Y. Transitioning from bimodal to bilateral cochlear implant listening: speech recognition and localization in four individuals. **American journal of audiology**, vol. 23, 79-92, 2014.
40. SHARMA, A.; DORMAN, M. F.; SPAHR, A. J. Rapid development of cortical auditory evoked potentials after early cochlear implantation. **Neuroreport**; 13: 1365–8, 2002.
41. SHARMA, A.; DORMAN, M. F.; SPAHR, A. J. A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation. **Ear Hear**. 23:532Y9, 2002.
42. SHARMA, A.; TOBEY, E.; DORMAN, M.; BHARADWAJ, S.; MARTIN, K.; GILLEY, P.; KUNKEL, F. Central auditory maturation and babbling development in infants with cochlear implants. **Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery**, 130(5), 511-516, 2004.
43. SHARMA, A.; DORMAN, M. F.; KRAL, A. The influence of a sensitive period on central auditory development in children with unilateral and bilateral cochlear implants. **Hear Res**; 203(1-2):134-43. 2005^a.
44. SHARMA, A.; MATIN, K.; ROLAND, P.; BAUER, P.; GILLEY, P.; DORMAN, M. P1 latency as a Biomarker for central auditory development in children with hearing impairment. **J An Acad Audiol** 16:564-573, 2005b.
45. TANAMATI, L. F.; COSTA, O. A.; BEVILACQUA, M. C. Resultados a longo prazo com o uso do implante coclear em crianças: Revisão sistemática. **Arq. Int. Otorrinolaringol**. 15(3):365-375, 2011.
46. TANGE, R. A.; GROLMAN, W.; DRESCHLER, W. A. What to do with the other ear after cochlear implantation. **Wiley InterScience**, 10(1), 19-24, 2009.
47. VENTURA, L. M. P. **Maturação do sistema auditivo em crianças ouvintes normais: Potenciais evocados auditivos de longa latência**. 2008. Dissertação (mestrado em ciências) – Faculdade de odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru.
48. VENTURA, L. M. P.; COSTA, O.; ALVARENGA, K. F. Maturação do sistema auditivo central em crianças ouvintes normais. **Pro-Fono**. 21(2):101-6, 2009.

49. VENTURA, L. M. P.; ALVARENGA, K. F.; COSTA FILHO, O. A. Protocolo para captação dos potenciais evocados auditivos de longa latência. **Braz. j. otorhinolaryngol. (Impr.)**, São Paulo , v. 75, n. 6, Dec. 2009.
50. WALTZMAN, S. B.; COHEN, N. L.; SHAPIRO, W. H. Sensory aids in conjunction with cochlear implants. **Am J Otol**, 13(4):308–312, 1992.
51. WON JH, DRENNAN WR, RUBINSTEIN JT. Spectral-ripple resolution correlates with speech reception in noise in cochlear implant users. **J Assoc Res Otolaringol**. Sep;8(3):384-92, 2007.
52. ZHANG, T.; DORMAN, M. F.; SPAHR, A. Information From the voice fundamental frequency (F0) region acoustic stimulation is added to electric stimulation. **Ear & Hearing**, VOL. 31, no 1, 63-6, 2010.

Anexos

QUESTIONÁRIO

- 1) Quantas horas por dia, em média, a criança usa o Aparelho de Amplificação?
 - a) Menos de cinco.
 - b) Cinco horas ou mais por dia.
 - c) Dez horas ou mais por dia.

- 2) Quantos dias, em média, dura a pilha do Aparelho de Amplificação?
 - a) Trinta dias ou mais.
 - b) Menos de trinta e mais de vinte
 - c) Dez a quinze dias.

- 3) Como é a relação de uso do Aparelho de Amplificação para criança?
 - a) Não gosta de usar o aparelho.
 - b) Usa, porém prefere somente o Implante Coclear.
 - c) Gosta de usar o Aparelho de Amplificação junto com o Implante Coclear.

- 4) Com que frequência a criança tira o Aparelho de Amplificação durante o dia?
 - a) Sempre tira e há a necessidade de recolocar a todo o momento.
 - b) Tira esporadicamente durante o dia, mas permanece com o Aparelho a maior parte.
 - c) Não tira o Aparelho de Amplificação ao longo do dia.