Michelle Queiroz-Zattoni

**Benefício do sistema de frequência modulada em
crianças usuárias de aparelhos de amplificação
sonora individual e implantes cocleares**

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

Programa de: Fisiopatologia Experimental

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cecilia Bevilacqua

São Paulo

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

©reprodução autorizada pelo autor

Queiroz-Zattoni, Michelle

Benefício do sistema de frequência modulada em crianças usuárias de aparelhos de amplificação sonora individual e implantes cocleares / Michelle Queiroz-Zattoni. -- São Paulo, 2012.

Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Programa de Fisiopatologia Experimental.

Orientadora: Maria Cecilia Bevilacqua.

Descritores: 1.Auxiliares de audição 2.Criança 3.Implante coclear 4.Perda auditiva 5.Razão sinal-ruído 6.Ruído

USP/FM/DBD-257/12

Queiroz-Zattoni, Michelle. **Benefício do sistema de frequência modulada em crianças usuárias de aparelhos de amplificação sonora individual e Implantes Cocleares.**

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Profa. Dra. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Profa. Dra. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

A Deus,

por tudo que tenho...minha família, saúde, força e fé.

Aos meus pais Nei e Suely,

Pessoas especiais e queridas, exemplo de luta, garra, dedicação e amor com que fui criada. Muito obrigada por tudo que sou hoje.

Ao meu esposo Marco,

Pelo amor que cultivamos a cada dia, incentivo, apoio incondicional e companheirismo.

A minha filha Maria Eduarda,

Luz da minha vida...com meu amor e como incentivo para a sua vida.

Aos meus irmãos Nei Filho e Adriano,

Com meu carinho e como incentivo. Somos capazes, nunca é tarde.

A minha Avó Geny,

Por todo o seu amor e exemplo de fé.

Aos meus sogros **Dirce e Durvalino Zattoni** e a minha cunhada **Ana Gomes**, pelo carinho e pelo auxílio com a minha pequena Maria Eduarda.

***Obrigada por estarem sempre ao meu lado e por fazerem parte da
minha vida. A vocês, dedico este trabalho.***

À Profa. Dra. Maria Cecília Bevilacqua,

Toda minha gratidão e admiração pela confiança, pelas orientações, compreensão, paciência e acima de tudo por compartilhar seus conhecimentos durante esses anos.

Muito obrigada pela oportunidade e por fazer parte do meu crescimento profissional.

Agradecimentos

Às **crianças e suas famílias**, sem as quais seria impossível a realização deste trabalho.

À **Profa. Dra. Regina Tangerino Jacob**, pela amizade, pelo incentivo e pelas valiosas contribuições em todas as etapas deste estudo.

À amiga **Profa. Dra. Ana Claudia Martinho**, pelo incentivo, pelos ensinamentos e pelas grandes contribuições neste estudo.

À **Profa. Dra. Adriane Mortari**, pela atenção e por conceder a “ficha síntese” que contribuiu na organização dos dados deste estudo.

Às **Professoras Dra. Beatriz Novaes, Dra. Beatriz Mendes e Dra. Merari Ferrari**, por suas valiosas contribuições na banca examinadora da qualificação.

À **Fonoaudióloga Samira Molina**, pelo grande auxílio com os dados dos pacientes, agendamentos e orientações aos professores das crianças.

À **Fonoaudióloga Marilisa Zavagli**, amiga e chefe, por autorizar e compreender minhas ausências e tornar possível o meu crescimento profissional.

Às **amigas Erika Bucuvic, Lia Hoshii e Talita Donini** por toda colaboração, paciência, palavras de apoio e grande ajuda nas minhas ausências.

Às colegas de trabalho **Cintia Basso, Cristiane Paragano, Cristiane Castilho, Christiane Vana, Elidiane Souza, Juliana Morales, Mara Pandolfelli, Paloma Botelho e Thais Talarico**, pela amizade e incentivo.

À **empresa Phonak do Brasil**, representada pelo **Sr. Pedro Stern**, pela compreensão, inspiração e pela doação dos Sistemas de FM para as crianças do CPA e Clínica de Fonoaudiologia da Universidade de São Paulo – Campus Bauru, o que possibilitou a realização de diversos estudos, incluindo este.

Aos **funcionários do Centro de Pesquisas Audiológicas (CPA)** – Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo (HRAC) – Campus Bauru e da **Clínica de Fonoaudiologia** do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia da **Universidade de São Paulo – Campus Bauru**, por toda atenção e ajuda com os pacientes.

À **Associação dos Deficientes Auditivos Pais, Amigos e Usuários de Implante Coclear (ADAP)**, pelo acolhimento e apoio nas orientações às famílias sobre o uso do sistema de FM.

Aos **funcionários do Centro Educacional do Deficiente Auditivo – CEDAU**, pela ajuda com as orientações aos pais e professores das crianças.

Às **secretárias do CPA Mari Portela e Marli Kinoshita**, por toda a ajuda com as documentações e comunicações com a Universidade de São Paulo – Campus Bauru.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização
deste trabalho, MUITO OBRIGADA!

NORMATIZAÇÃO ADOTADA

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento da defesa:

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

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A.L. Freddi, Maria Fazanelli Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos de Periódicos de acordo com *List of Journal Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas e Siglas

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Resumo

Summary

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivo	5
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	6
2.1	Efeitos do ruído, da reverberação e da distância da fonte sonora no reconhecimento de fala	7
2.2	Sistemas de Frequência Modulada	21
2.3	Hearing in Noise Test (HINT)	37
3	METODOLOGIA.....	41
3.1	Aspectos Éticos	42
3.2	Local	43
3.3	Método.....	43
3.3.1	Fichas de avaliação	47
3.4	Instrumentos e Procedimentos.....	48
3.4.1	Sistemas de Frequência Modulada	48
3.4.2	Considerações sobre a verificação do sistema de FM	49
3.4.3	Avaliação do reconhecimento de fala no ruído.....	51
3.5	Análise dos Resultados	53
4	RESULTADOS	54
5	DISCUSSÃO	66
6	CONCLUSÃO.....	76
7	ANEXOS.....	78
8	REFERÊNCIAS	98

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FM	Frequência Modulada
Sistema de FM	Sistema de Frequência Modulada
DA	Deficiência Auditiva
AASI	Aparelho de Amplificação Sonora Individual
IC	Implante Coclear
s	Segundos
m³	Metros cubicos
HINT	<i>Hearing in Noise Test</i>
S/R	Sinal-Ruído
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASHA	<i>American Speech-Language-Hearing Association</i>
ANSI	American National Standards Institute
AAA	<i>American Academic Audiology</i>
OD	Orelha Direita
OE	Orelha Esquerda
PEATE	Potencial Evocado Acústico de Tronco Encefálico
VRA	Audiometria com Reforço Visual

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes de um sistema de FM e seus funcionamentos	22
Figura 2 - Transmissor Campus SX.....	48
Figura 3 - Microfone MicroBoom.	48
Figura 4 - Receptor Microlink MLx.....	48
Figura 5 - Desenho da sala de teste e posicionamento das caixas de som e cadeira do paciente e avaliador.	52
Figura 6 - Perfis individuais e médio em dB S/R do G1	56
Figura 7 - Perfis individuais e médio em dB S/R do G2.....	60
Figura 8 - <i>Dot plots</i> do dB S/R nas 6 condições experimentais no G1 e no Controle.....	63
Figura 9 - <i>Dot plots</i> do dB S/R nas 6 condições experimentais no G2 e no Controle.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Dados demográficos dos sujeitos do Grupo 1 - Adaptação Bimodal.....	45
Tabela 2 -	Dados demográficos dos sujeitos do Grupo 2 – Adaptação bilateral (AASI).....	45
Tabela 3 -	Dados demográficos dos sujeitos do Grupo Controle – Crianças ouvintes	46
Tabela 4 -	Resultados individuais do G1 nas seis condições de teste com e sem o sistema de FM.....	55
Tabela 5 -	Estatísticas descritivas para dB S/R nas 6 condições de teste no G1	55
Tabela 6 -	Resultados obtidos na comparação das médias em dB S/R nas 6 condições duas a duas pelo método de Tukey no G1	57
Tabela 7 -	Audiometria tonal na orelha contralateral ao IC no G1	58
Tabela 8 -	Audiometria em campo apenas com AASI no Grupo 1	58
Tabela 9 -	Resultados do G2 nas seis condições de teste com e sem o sistema de FM	59
Tabela 10 -	Estatísticas descritivas para dB S/R nas 6 condições de teste do G2	59
Tabela 11 -	Audiometria do Grupo 2.....	60
Tabela 12 -	Resultados obtidos na comparação das médias do dB S/R nas 6 condições duas a duas pelo método de Tukey no G2	61
Tabela 13 -	Estatísticas descritivas para dB S/R no Controle	62
Tabela 14 -	Resultados do grupo controle na condição de avaliação com ruído em ambas as orelhas	62
Tabela 15 -	Comparação do dB S/R no G1 e Controle: valor observado da média da diferença nos dois grupos, intervalo de confiança de 95% e p-valor obtido no teste t-Student	64
Tabela 16 -	Comparação do dB S/R no G2 e Controle: valor observado da média da diferença nos dois grupos, intervalo de confiança de 95% e p-valor obtido no teste t-Student	65

RESUMO

Queiroz-Zattoni M. *Benefício do sistema de frequência modulada em crianças usuárias de aparelhos de amplificação sonora individual e implantes cocleares* [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2012. 108p.

A criança com deficiência auditiva sensorioneural apresenta uma maior dificuldade para compreender a fala em meio ao ruído em comparação à criança normo-ouvinte. Portanto é importante considerar o uso de recursos, como o sistema de frequência modulada (FM), que auxiliam os usuários de aparelho de amplificação sonora individual (AASI) e implante coclear (IC) no reconhecimento de fala no ruído. OBJETIVO: verificar o benefício do sistema de FM em crianças com deficiência auditiva sensorioneural usuárias de AASI e/ou IC. METODOLOGIA: Participaram do estudo 30 crianças com idades entre 6 e 13 anos divididas em três grupos: grupo 1 (adaptação bimodal), grupo 2 (adaptação bilateral de AASI) e grupo controle (normo-ouvintes). Os sujeitos foram submetidos a uma avaliação do reconhecimento de fala no ruído, sendo que os sujeitos do grupo de estudo 1 e 2 foram submetidos a avaliação com e sem o sistema de FM. RESULTADOS: O sistema de FM apresentou benefícios estatisticamente significantes para os usuários de AASI e IC. A média de melhora com o sistema de FM foi de 9,7dB relação S/R para o grupo 1 e 17,2dB relação sinal/ruído para o grupo 2. A comparação com o grupo controle evidenciou que para uma criança usuária de AASI e/ou IC pode ser necessário uma melhora na relação S/R maior que 10dB a fim de alcançar o mesmo grau de reconhecimento de fala de crianças normo-ouvintes. CONCLUSÃO: O Sistema de FM beneficia crianças com deficiência auditiva usuárias de AASI e/ou IC no reconhecimento de fala no ruído.

Descritores: 1.Auxiliares de audição 2.Criança 3.Implante coclear 4.Perda auditiva 5.Razão sinal-ruído 6.Ruído

SUMMARY

Queiroz-Zattoni M. *Benefit of the frequency modulation system for children users of individual sound amplification devices and cochlear implants* [dissertation]. São Paulo: "Faculdade Medicina, Universidade de São Paulo"; 2012. 108p.

The child with sensorineural hearing loss presents more difficulty to understand speech in noise compared with children with normal hearing. Therefore, it is important to consider the use of resources, such as the frequency modulation (FM) system, which help users of hearing aids (HA) and cochlear implants (CI) in speech recognition in noise. **OBJECTIVE:** verify the benefit of the FM system in children with sensorineural hearing loss users of hearing aid and/or CI. **METHOD:** We studied 30 children aged between 6 and 13 years divided into three groups: group 1 (bimodal fitting), group 2 (binaural fitting of hearing aids) and control group (normal hearing). The subjects were evaluated as to speech recognition in noise, and subjects of group 1 and 2 underwent evaluation with and without the FM system. **RESULTS:** The FM system showed statistically significant benefits for users of hearing aid and CI. The mean improvement in the FM system was 9.7 dB signal/noise ratio for group 1 and 17.2 dB signal/noise ratio for group 2. The comparison with the control group showed that for a child user of hearing aid and/or CI it may be necessary an improvement in S/N ratio greater than 10dB in order to achieve the same degree of speech recognition of normal hearing children. **CONCLUSION:** The FM system benefits children with hearing loss users of hearing aid and/or CI in speech.

Descriptions: 1.Hearing Aids 2.Child 3.Cochlear Implant 4.Hearing Loss 5.Child 6.Signal-to-noise ratio 7.Noise

1 INTRODUÇÃO

As dificuldades de comunicação causadas pela deficiência auditiva dependem, principalmente, do momento de sua instalação (antes ou após o desenvolvimento da linguagem oral), do tipo e grau da deficiência, bem como da época de intervenção (se precoce ou tardia). Em geral, a deficiência auditiva pré-lingual do tipo sensorineural de grau severo e/ou profundo é uma das formas que mais comprometem a comunicação.

Aparelhos de amplificação sonora individual (AASI) e implantes cocleares (IC) são utilizados para minimizar os efeitos negativos da deficiência auditiva na comunicação quando não há efetividade no tratamento medicamentoso e/ou cirúrgico. O objetivo principal de ambos é propiciar acesso às pistas acústicas presentes no sinal de fala, de modo que a informação auditiva possa ser percebida, interpretada, decodificada e processada no cérebro.

A indicação do AASI é geralmente a primeira escolha entre os dispositivos eletrônicos para iniciar o processo de habilitação ou reabilitação. Já o IC é uma opção para crianças e adultos com perdas auditivas de grau severo ou profundo, quando o uso do AASI não fornece audibilidade adequada aos sinais de fala (Davies et al. 2001, Shafer e Thibodeau, 2006).

Porém, tanto o AASI quanto o IC possuem um ou mais microfones que captam todos os sons oriundos do ambiente, e não exclusivamente os sinais de fala. Por esse motivo, o uso desses dispositivos pode não garantir

uma boa relação entre o sinal de fala e o ruído, principalmente quando, além do ruído de fundo, há outros fatores que interferem nessa relação, como a distância da fonte sonora e/ou reverberação.

De fato, uma das principais queixas de usuários de AASI e/ou IC é a dificuldade de compreender a fala no ruído. Diversos estudos apontam que pessoas com deficiência auditiva sensorineural apresentam maiores dificuldades em compreender a fala em ambientes ruidosos, em comparação a indivíduos com limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade (Killion 1997a,1997b; Mc Farland, 2003; Moore, 2003; Lewis et al., 2004; Luts et al., 2004; Henrique et al., 2008).

Diante disso, há décadas, os fabricantes de AASI e IC estudam e desenvolvem tecnologias que possam ser incorporadas ao circuito desses dispositivos a fim de melhorar a relação sinal/ruído.

Dentre os principais recursos, encontramos o microfone direcional e os sistemas de comunicação sem fio – sistemas de frequência modulada pessoal (Agnew, 1999; Valente et al., 1999; Gagné, 2001; Luts et al., 2004; Schafer e Thibodeau, 2006).

O microfone direcional é um tipo específico de microfone, integrado ao circuito do AASI e/ou IC, que pode promover uma melhora significativa na relação sinal/ruído. Partindo da hipótese de que olhamos para a fonte sonora e que os sons vindos de outras direções são considerados ruídos, o microfone direcional é mais sensível aos sons vindos da frente do que àqueles originados da porção posterior e dos lados. Apesar de o microfone direcional propiciar uma melhor relação sinal/ruído, há muita discussão

sobre o uso desse recurso em crianças, uma vez que ele não permite a audibilidade do ambiente como um todo, restringindo a experiência auditiva para algumas direções.

Já o sistema de frequência modulada pessoal (sistema de FM) funciona como um microfone sem fio para o AASI e/ou IC. Ele é composto de duas partes, um transmissor e um receptor. O transmissor possui um microfone e fica o mais próximo possível da boca do interlocutor. O receptor é acoplado à entrada de áudio ou bobina telefônica do AASI e/ou IC da pessoa com deficiência auditiva. O som captado pelo microfone do transmissor é enviado via frequência modulada diretamente para o receptor acoplado no AASI ou IC. Durante o funcionamento do microfone sem fio, os microfones do AASI e/ou IC permanecem ativos, na configuração denominada padrão FM + M (microfone do sistema de FM funciona em conjunto com os microfones do AASI e IC); ou seja, o indivíduo não perde o contato com as demais informações auditivas do ambiente.

Os dados encontrados na literatura revelam que o uso do sistema de FM favorece uma relação sinal/ruído positiva em mais de 20 dB, e isso ocorre principalmente em função da proximidade do microfone à boca do interlocutor.

Apesar de o sistema de FM estar disponível há meio século e encontrarmos na literatura internacional uma série de estudos sobre a efetividade de seu uso, no Brasil ainda não há uma política pública que contemple a concessão gratuita dessa tecnologia para pessoas com deficiência auditiva, como já ocorre com os AASIs e os ICs. O acesso, portanto, ainda se restringe àqueles que possuem recursos próprios para

adquiri-lo, ou que o fazem via fomentos para pesquisas e mandados judiciais. As ações judiciais, no geral, se baseiam na Constituição Federal, na lei 10.098 de 19 de dezembro de 2000, e na Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva, de 2008. Esta última ressalta a necessidade de tecnologias assistivas, a fim de permitir o acesso das pessoas com deficiência ao ensino regular, e tem contribuído nos últimos três anos, para o aumento das discussões sobre os benefícios do uso do sistema de FM aos usuários de AASI e IC.

Também a Academia Brasileira de Audiologia, entidade científica da área, tem discutido e participado de reuniões para auxiliar no desenvolvimento de uma política que contemple os sistemas de FM.

Tendo em vista o aumento no uso dessa tecnologia, as discussões atuais sobre seus benefícios e a escassez de estudos com a população brasileira, o presente trabalho avaliou o benefício do sistema de FM em crianças com deficiência auditiva.

1.1 Objetivo

O presente estudo teve como objetivo avaliar o benefício do sistema de FM, unilateral e bilateral, no reconhecimento de fala na presença de ruído de crianças com deficiência auditiva sensorineural usuárias de AASI e/ou IC.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Efeitos do ruído, da reverberação e da distância da fonte sonora no reconhecimento de fala

Neste subitem, são discutidos alguns fatores importantes da acústica dos ambientes, tais como: ruído, reverberação e distância da fonte sonora, os quais prejudicam o reconhecimento de fala no ruído, tanto de adultos quanto de crianças com e sem deficiência auditiva. Também são apresentados artigos sobre a interferência desses fatores no ambiente escolar. O objetivo é contribuir nas discussões sobre a relação sinal/ruído adequada para crianças com deficiência auditiva, principalmente na sala de aula.

Segundo o dicionário Aurélio, ruído significa: “toda fonte de erro, distúrbio ou deformação na transmissão de uma mensagem”. Dessa forma, sua classificação é dinâmica e individual, pois o que é nomeado como ruído para alguns em determinado momento, pode não ser para outros. O sinal, por sua vez, pode ser considerado o oposto do ruído. Sinal é o som que desejamos ou que precisamos perceber, discriminar e compreender.

Já reverberação é a reflexão do som (onda sonora) nas superfícies de uma sala que ocasiona a perduração dele. A reflexão da onda sonora é mensurada através do tempo de reverberação (TR), definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 11957 de 1988,

como o tempo necessário para que o nível de pressão sonora caia 60dB depois de cessada a fonte.

Elliot (1979) chama a atenção para o fato de que crianças frequentemente precisam compreender a fala em ambientes ruidosos e, portanto, esse aspecto merece extrema consideração. O autor avaliou o reconhecimento de sentenças no ruído por parte de crianças e adolescentes com idades entre 9 e 17 anos. O desempenho do grupo de 9 anos foi significativamente menor do que aquele do grupo entre 11 e 13 anos; o mesmo ocorreu na comparação entre crianças de 11 - 13 anos e adolescentes de 15 e 17 anos, ou seja, estes últimos apresentaram melhor desempenho. As hipóteses que o autor levantou para esses resultados foram: as crianças possuem menor conhecimento da língua; o ruído pode ter afetado a habilidade de utilização desse conhecimento.

Segundo Soulodre et al. (1989), é bem conhecido que o ruído e a reverberação afetam a inteligibilidade da fala. Em um estudo com 15 adultos ouvintes, com idades entre 20 e 40 anos, os autores investigaram a compreensão da fala em diferentes níveis de ruído e tempos de reverberação. Os achados demonstraram que, quanto maior a relação sinal/ruído e menor o tempo de reverberação (melhor condição acústica do ambiente), melhor será a compreensão da fala. Para obtenção de 100% de compreensão da fala, foi necessária uma relação sinal-ruído de +15dB; ou seja, o sinal de fala estava 15dB mais intenso que o nível do ruído.

Todos nós temos experiências frustrantes na tentativa de ouvir algo enquanto outras pessoas estão falando. Mas, em sala de aula, o ruído é

mais do que um incômodo para os estudantes, podendo causar uma quebra na comunicação que pode resultar em fracassos acadêmicos. No caso de um estudante com deficiência auditiva, para que ele possa compreender a fala do professor, a intensidade da fala deveria estar entre 15 e 20dB acima do ruído, ou seja, em uma relação S/R de +15 a +20dB (Bevilacqua et al., 1996a).

De acordo com Killion (1997a), alguns indivíduos possuem maior dificuldade para entender a fala no ruído do que outros; porém, é possível estabelecer uma média de dificuldades entre eles. Analisando os dados coletados por diversos audiologistas por meio do *Speech in Noise test* – SIN (teste de fala no ruído), o autor verificou que indivíduos com deficiência auditiva possuem maior dificuldade para entender a fala no ruído do que aqueles sem perda auditiva. Também foi possível verificar que, quanto maior o grau da perda auditiva, maiores as dificuldades de compreensão da fala no ruído.

De acordo com Agnew (1999), para uma maior inteligibilidade da fala no ruído, é necessário que a intensidade do sinal (fala) esteja acima da intensidade do ruído, ou seja, em uma relação sinal/ruído positiva. A relação sinal/ruído é expressa em decibel, sendo que uma relação positiva significa que a intensidade do sinal está acima da intensidade do ruído, e uma relação negativa, que a intensidade do ruído está acima da intensidade do sinal. O autor também relata que indivíduos sem perda auditiva podem entender a fala em uma relação sinal/ruído de -6dB a -10dB. Em contraste, para indivíduos com perda auditiva pode ser necessária uma relação sinal ruído de +6dB a +10dB.

Quando a habilidade de compreensão de fala no ruído é expressa na forma de relação sinal/ruído, para que ocorra a compreensão de 50% do material de fala (limiar de relação sinal/ruído ou relação sinal/ruído crítica), os valores encontrados em pessoas com deficiência auditiva podem ser 20dB maiores do que nos indivíduos com audição normal. Isso significa que, para um determinado ruído de fundo, a fala precisa ser 20dB mais intensa para que pessoas com deficiência auditiva alcancem o mesmo grau de compreensão de pessoas com audição normal (Killion e Niquette, 2000).

De acordo com Nelson e Soli (2000), crianças requerem uma relação sinal-ruído mais favorável em comparação ao adulto, de aproximadamente +4dB. E muitas das que possuem deficiência auditiva requerem uma relação sinal-ruído ainda maior, de +12dB. Para os autores, toda criança precisa de um sinal claro e um baixo nível de ruído de fundo (uma boa relação sinal-ruído) para alcançar uma compreensão adequada. Também referiram que, para alcançar +15dB de relação sinal-ruído para todos os ouvintes de uma sala, é necessário manter o nível de ruído em 35dB(A) ou menos. Além disso, quando o nível de ruído ultrapassa 55dB(A), o professor não consegue elevar o nível de sua voz para que todos possam ouvi-lo.

Couto e Lichtig (2002) investigaram os efeitos do ruído e da reverberação em crianças ouvintes divididas em três grupos, de acordo com a idade: 4, 5 e 6 anos. Os resultados obtidos mostraram que a discriminação auditiva, no silêncio e no ruído, melhora com o aumento da idade. Porém, o aumento do “tempo de reverberação” associado ao ruído prejudica significativamente as respostas das crianças, e nessas condições, não houve

diferenças entre as faixas etárias. Os resultados mostraram que o desempenho daquelas de 5 e 6 anos, nas condições de relação sinal/ruído de +4dB e tempo de reverberação de 0,2 segundos, foi melhor do que na condição de relação sinal/ruído de +15dB e tempo de reverberação de 0,8 segundos. Os autores relataram que o ruído e a reverberação mascaram os sons da fala, porém atuam de forma diferente: o ruído mascara sons menos intensos (fator intensidade), enquanto a reverberação mascara através da prolongação dos sons (fator tempo). Além disso, a associação de ambos (ruído e reverberação) acarreta em maiores prejuízos do que o efeito de cada um isoladamente.

As crianças requerem um sinal de fala intenso e um ambiente mais silencioso que os adultos para que seja possível discriminar as palavras. Isso ocorre porque o cérebro da criança está em maturação e não realiza tarefas cognitivas automáticas de fechamento auditivo como os adultos. Portanto, para desenvolver um ambiente onde a aprendizagem possa ocorrer, as salas de aula precisam de gerenciamento acústico e uma favorável relação S/R (Flexer 2003b).

Frederigue e Bevilacqua (2003), em um estudo sobre a percepção da fala em sete usuários de implante coclear adultos, observaram uma queda no reconhecimento de fala no ruído em comparação ao desempenho no silêncio. As médias de reconhecimento de fala no silêncio estiveram entre 69,1% e 80,2%, enquanto na relação sinal/ruído de +10dB estiveram entre 38% e 53,1%.

Pessoas com perda auditiva sensorineural apresentam maiores dificuldades para compreender a fala na presença do ruído em comparação

àquelas com audição normal. Esse déficit pode ser atribuído a diversos fatores: redução da audibilidade, ou seja, parte do espectro da fala torna-se inaudível; redução da seletividade de frequência, que se refere à habilidade de analisar os componentes de frequência do espectro do som - discriminar e separar os componentes de frequência da fala e do ruído; recrutamento, que é a redução da área dinâmica da audição, levando à distorção da relação de intensidade entre os componentes da fala, e zonas mortas da cóclea, que são aquelas onde não há células ciliadas internas vivas, o que impede a transdução da informação de certos pontos da membrana basilar (Moore, 2003).

A perda extensa das células ciliadas internas, que pode ocorrer na perda auditiva sensorioneural, interfere de forma negativa na inteligibilidade de fala, especialmente no ruído (Killion, 1997a, 1997b; Lewis et al., 2004).

Caporali e Silva (2004) avaliaram o reconhecimento de fala no ruído de 40 adultos com perda auditiva e 20 adultos com audição normal. Os resultados mostraram que o ruído interfere negativamente no reconhecimento de fala para ambos os grupos. Porém, o desempenho dos indivíduos com audição normal foi superior ao dos indivíduos com deficiência auditiva.

Em uma revisão de literatura sobre a interferência do ruído no ambiente escolar, os autores relatam que, apesar de sabermos que esse tipo de som faz parte de nossas vidas, precisamos nos ater à maneira como lidamos com ele quando ocorre concomitantemente às situações de aprendizagem. Nelas, a energia do aluno deverá estar voltada para seus estudos, na árdua tarefa de ouvir e aprender, sendo então submetido a dois tipos diferentes de estímulos: o principal, que é a voz do professor e ao qual

deverá direcionar toda a sua atenção; e o secundário, o ruído competitivo, que na maioria das vezes também é fala, e o aluno deverá ser capaz de negligenciá-lo para que a mensagem principal não seja distorcida (Dreossi e Momensohn-Santos, 2005).

Além dos prejuízos do ruído e reverberação na compreensão da fala, outro aspecto importante que devemos considerar é a distância entre a fonte sonora e o ouvinte.

Segundo Palmer (1997), os impactos negativos do ruído e da reverberação são maiores quando a distância entre a fonte sonora e o ouvinte é maior e menores na situação contrária. Portanto, crianças sentadas no meio e ao fundo da sala de aula apresentam maior dificuldade para receber o sinal de fala em comparação àquelas sentadas à frente.

Crandell e Smaldino (2000) realizaram uma revisão de diversas variáveis acústicas que prejudicam a percepção da fala, entre elas, o fator da distância entre o interlocutor e o ouvinte. Os autores referiram que, quando o aluno está próximo ao professor, as ondas sonoras da fala deste são transmitidas diretamente para o aluno, ou seja, com o mínimo de interferência da reverberação. Já na situação contrária, os sons que refletem (sons indiretos) dominam o ambiente. Este campo indireto dos sons origina o conceito “distância crítica da sala”. Trata-se do ponto em que o nível do sinal direto e os níveis dos sinais (indiretos) reverberantes se igualam. Segundo os autores, em uma sala de aula comum, a distância crítica para uma percepção adequada da fala é relativamente próxima ao professor. Além disso, lembram que a “lei do inverso do quadrado da distância” prova que a

intensidade do sinal decresce 6dB toda vez que se dobra a distância entre o ouvinte e o interlocutor.

Se a intensidade da voz do professor é de 70dB NPS e a do ruído de fundo é 50dB NPS, significa que, quando ele está próximo do aluno, a relação sinal/ruído é de +20dB. Porém, a voz do professor perde 6dB de intensidade toda vez que se dobra a distância entre ele e o aluno; dessa forma, quando o professor está a dois metros de distância, a relação sinal/ruído é praticamente 0dB, sendo que uma distância maior acarreta uma relação sinal/ruído negativa (Maggi e Prieto, 2005).

Para Shafer (2005), é importante considerar os efeitos do ruído no reconhecimento de fala de crianças porque elas passarão grande parte de seu tempo em ambientes educacionais ruidosos. E tais fatores ambientais, como o ruído externo, reverberação e distância da fonte sonora (interlocutor), podem reduzir a habilidade de reconhecimento de fala em crianças.

Muitos aparelhos de amplificação sonora individual (AASI) possuem um algoritmo para redução de ruído, o qual tem por objetivo oferecer menos amplificação para determinado sinal assim classificado pelo aparelho, ou seja, menos amplificação em frequências específicas. Em geral, o AASI faz a classificação como fala ou ruído através da modulação do sinal. O sinal estático, invariável, é considerado ruído, e aquele com grande modulação é identificado como fala. Porém, quando fala e ruído ocorrem na mesma frequência e ao mesmo tempo, a redução da amplificação para um sinal em determinadas frequências, identificado como ruído pelo AASI, também ocorre para o sinal de fala. Sendo assim, o grande desafio do AASI é reduzir

os efeitos negativos do ruído sem interferir na inteligibilidade de fala, principalmente quando o ruído também é sinal de fala (Kuk et al., 2002 e Ricketts e Hornsby, 2005).

Em um estudo com 14 adultos usuários de AASI, Ricketts e Hornsby (2005) investigaram o desempenho dos algoritmos de redução de ruído no que diz respeito à inteligibilidade da fala em diferentes níveis de relação sinal/ruído. Os resultados demonstraram que o recurso de redução de ruído não melhorou o reconhecimento de fala dos indivíduos.

Os implantes cocleares apresentaram avanços significativos nas últimas décadas em relação às estratégias de codificação da fala, mas os dispositivos atuais ainda não restauram a percepção normal da fala, principalmente em situações adversas, como na presença do ruído. Em estudo, Nascimento e Bevilacqua (2005) avaliaram o reconhecimento de sentenças em diferentes níveis de relação sinal/ruído, de 40 adultos usuários de diversos tipos de implante coclear. Os resultados evidenciaram redução significativa dos índices de reconhecimento de sentenças em função da diminuição da relação sinal/ruído, sendo que os indivíduos alcançaram 50% de reconhecimento de sentenças na relação S/R de +10 dB.

Henriques et al. (2008) referiram que as queixas de dificuldade de compreensão da fala em ambientes ruidosos são frequentes nas clínicas de audiologia, até mesmo para indivíduos com audição normal. Os autores avaliaram o reconhecimento de fala no ruído, para alcançar 50% de compreensão, de 150 indivíduos e apresentaram um valor de referência para indivíduos normo-ouvintes na relação sinal-ruído de -8,14dB.

Segundo Santos et al. (2009), a queixa mais frequente de usuários de implante coclear também tem sido reconhecer e compreender o sinal de fala na presença do ruído. Os autores avaliaram 22 adultos usuários de IC unilateral em três diferentes posições: frontal, ipsilateral e contralateral ao lado do implante, quanto à percepção da fala. Verificaram que o desempenho neste aspecto é prejudicado na presença do ruído competitivo, independente da posição deste.

Também Davies et al. (2001); Schafer e Thibodeau (2006) concluíram que crianças com IC geralmente apresentam uma redução no reconhecimento de fala no ruído em comparação ao desempenho em ambientes silenciosos.

Santos, Petry e Costa (2010) avaliaram o reconhecimento de sentenças no silêncio e no ruído de 40 adultos com perda auditiva de grau leve a moderadamente severo. Os testes foram aplicados antes e após o uso do AASI, a fim de verificar os efeitos da aclimatização. Os resultados mostraram um melhor desempenho no reconhecimento de sentenças no silêncio (83%) em comparação ao desempenho no ruído (59%).

Em um estudo para determinar os efeitos da combinação do ruído e reverberação no reconhecimento de fala, Neuman et al. (2010) avaliaram 63 crianças com audição normal e idades entre 6 e 12 anos, e 9 adultos. Para mensuração, utilizaram o *Bamford-Kowal-Bench Speech in Noise Test*, um teste virtual que representa um sinal chegando à orelha do estudante sentado ao fundo de uma sala de aula, com volume de 228 m³, e variando os tempos de reverberação (0.3, 0.6 e 0.8s). Os pesquisadores incluíram 9

participantes em cada grupo, distribuídos por idade (6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 anos e adultos), e verificaram a relação sinal-ruído necessária para alcançar 50% e 95% de compreensão. Os resultados encontrados foram:

- A relação sinal-ruído reduz com o aumento da idade;
- A relação sinal-ruído aumenta com o aumento dos tempos de reverberação;
- Para alcançar 95% de compreensão, com um tempo de reverberação de 0.8s, os adultos precisam de, aproximadamente, +8dB de relação sinal-ruído, enquanto as crianças precisam de, aproximadamente, +15dB.

Sobre as normalizações internacionais e nacionais, no que diz respeito ao nível de ruído e tempos de reverberação adequados às salas de aula, as recomendações da *American Speech-Language-Hearing* - Associação Americana de Fala, Linguagem e Audição - ASHA (2005), que endossa as normas da *American National Standards Institute* – ANSI S12.60 - 2002 (sobre o desempenho acústico, exigências de projeto e diretrizes para escolas), preconizam que o nível de ruído em uma sala de aula desocupada não deve ultrapassar 35dB(A). Além disso, a relação sinal-ruído na orelha do estudante deve ser de pelo menos +15dB, e o tempo de reverberação não deve ultrapassar 0.6 segundos em uma sala de aula com volume inferior a 283m³ e 0.7 segundos quando o volume estiver entre 283m³ e 566m³.

A Organização Mundial de Saúde refere que, para a criança ser capaz de ouvir e compreender a fala em sala de aula, o ruído de fundo não deve

exceder 35dB(A). E no *playground* e áreas externas, não deve ultrapassar 55dB(A). Com relação ao tempo de reverberação, este não deve ser superior a 0,6s, sendo que, para crianças com deficiência auditiva, podem ser necessários um nível menor de ruído e tempos de reverberação (WHO, 1999).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 10.152 de 1987, regulariza níveis de ruído para uma sala de aula entre 40 e 50dB(A). Com relação ao tempo de reverberação adequado, o Brasil ainda não possui uma normalização. Contamos apenas com a NBR 11.957, que descreve a forma de análise do tempo de reverberação em auditórios.

No que diz respeito à qualidade acústica encontrada nas salas de aula, os estudos mostram que a maioria delas não alcança os padrões recomendados. Segundo Gagné (2001), trata-se, de fato, de um ambiente ruidoso. A intensidade do ruído pode variar de acordo com a idade dos estudantes; em geral, quanto menor a idade, maior o nível de ruído. O autor refere que a intensidade da produção vocal varia de 50dB(A) a 60dB(A), mas muitas salas de aula apresentam níveis de ruído acima dos 70dB(A).

Em um estudo para avaliar o nível de ruído e tempos de reverberação em 32 salas de aula desocupadas de oito escolas públicas do estado de Ohio – EUA, Knecht et al. (2002) encontraram nível de ruído entre 34.4dB(A) até 65.9dB(A); em apenas quatro estiveram abaixo de 35dB(A). No geral, o nível de ruído em todas elas apresentou-se de 5 a 15dB acima do recomendado pela ASHA. Com relação aos tempos de reverberação, estiveram entre 0.2s e 1.27s, sendo que 13 excederam o valor recomendado pela ASHA e ANSI S12.60.

Zannin et al. (2005) referem que a qualidade das atividades educacionais depende fortemente das condições acústicas das salas de aula. Em uma investigação do tempo de reverberação de cinco salas de aula da Universidade Federal do Paraná, os resultados encontrados mostraram que os tempos de reverberação estavam acima dos valores recomendados pela WHO e ASHA. Nas duas salas com volume de $367,2\text{m}^3$, os tempos de reverberação medidos foram de 0,83s e 0,92s. Nas salas com volume de $294,7\text{m}^3$, os tempos de reverberação ficaram em 0,69s e 0,64s. E a sala com maior volume, $372,3\text{m}^3$, apresentou um tempo de reverberação de 0,97s.

Na avaliação do nível de ruído de três salas de aula (ocupadas) de uma escola particular de Curitiba, Klodzinski et al. (2005) constataram níveis de ruído entre 65dB(A) até 76dB(A). As autoras enfatizam que sons acima de 70dB podem trazer danos à saúde, conforme orientações da Organização Mundial de Saúde.

Em uma revisão das condições acústicas necessárias em sala de aula para favorecer a aprendizagem, Maggi e Pietro (2005) enfatizam que a análise acústica revela que a maioria está longe de alcançar os parâmetros adequados para a transmissão oral da informação.

Em um estudo sobre o ruído escolar e a percepção dos professores de uma escola estadual de ensino fundamental de Piracicaba - SP, os autores encontraram níveis de ruído entre 55 dB(A) e 102dB(A) na avaliação de dezoito salas de aula e duas quadras. Quanto à percepção dos professores, 95% relataram efeitos do ruído sobre a comunicação oral em sala de aula - precisam falar mais alto, além de terem

dificuldade de se fazerem entender e compreender o que lhes falam (Libardi et al 2006).

Leung e McPherson (2006) investigaram o nível de ruído de oito salas de aula desocupadas, para crianças com necessidades especiais, em escolas primárias de Hong Kong – China, e também encontraram valores acima dos recomendados pela Organização Mundial de Saúde. A média do nível de ruído nas salas de aula foi de 44dB(A) e nenhuma delas apresentou nível de ruído inferior ou igual a 35dB(A).

Jaroszewski et al. (2007) avaliaram sete salas de aula de primeira série do ensino fundamental de cinco escolas da Rede Municipal de Ensino da Cidade de Urussanga/Santa Catarina e encontraram níveis de ruído entre 59,5 a 71,3 dB(A), sendo que 52,39% das 109 crianças avaliadas referiram interferência do ruído nas atividades.

Gonçalves et al. (2009) investigaram o nível de ruído de 37 salas de aula e o desempenho vocal de 37 professores na cidade de João Pessoa. O estudo evidenciou que os níveis de ruído variaram entre 46,60dB(A) e 87,90dB(A), e o desempenho vocal dos professores esteve entre 49,01 e 83,75dB(A). Com os esses resultados, os autores ressaltaram que, para haver pelo menos +10dB de relação sinal/ruído nas salas de aulas estudadas, o desempenho vocal dos professores deveria variar de 56,60dB(A) a 97,90dB(A), porém, os valores aceitáveis de produção vocal situam-se entre 50 e 70dB(A).

Uma análise realizada por Silva e Moraes (2009) da qualidade acústica das salas de aula de todas as escolas públicas municipais da

cidade de Itajuba – MG, responsáveis pela educação infantil e ensino fundamental, mostrou que elas não estão de acordo com as normatizações nacionais e internacionais. O nível de ruído das salas desocupadas foi superior a 35dB(A) e apenas 30% delas registrou valores entre 40 e 50dB(A) considerados confortáveis, de acordo com a NBR 10.152 de 1987. Com relação ao tempo de reverberação estimado, também foi constatado que nenhuma sala atingiu o valor recomendado de até 0,6s. Algumas apresentaram tempos de reverberação superior a 1,5s, valor correspondente a ginásios poliesportivos, segundo os autores.

2.2 Sistemas de Frequência Modulada

Neste subitem, são abordados estudos que descrevem o Sistema de Frequência Modulada, seu funcionamento e suas classificações, bem como estudos sobre a efetividade do uso do sistema de FM em usuários de IC e/ou AASI.

O Sistema de FM é um auxiliar auditivo utilizado principalmente por pessoas com deficiência auditiva que complementa a adaptação do AASI e/ou IC. O objetivo do uso é melhorar a compreensão do sinal (fala) em ambientes ruidosos, reverberantes e quando a fonte sonora está distante.

O dispositivo eletrônico funciona como um microfone remoto, sem fio, sendo composto de duas partes: um transmissor, utilizado pela fonte sonora (por exemplo, o professor), e o receptor, utilizado pelo deficiente auditivo

(conectado ao IC e/ou AASI). O transmissor capta o sinal sonoro, codifica-o em frequência modulada e envia para o receptor. O receptor recebe o sinal de rádio (frequência modulada), converte em energia elétrica e encaminha, na maioria dos casos, para a entrada de áudio do AASI ou IC (Figura 1). O sinal ainda é processado de acordo com a programação do AASI e/ou mapeamento do IC (Lewis et al., 2004, Jacob e Queiroz-Zattoni, 2011).

Figura 1 - Componentes de um sistema de FM e seus funcionamentos

Auxiliares auditivos, como o microfone sem fio, são classificados da seguinte forma (Gagné, 2001; Thibodeau; 2003; AAA, 2008):

Sistema de FM pessoal – o sinal é transmitido para o receptor que está no nível da orelha do usuário, conectado no AASI ou IC, ou posicionado próximo a estes, através de um colar (via indução magnética).

Sistema em campo (Sound Field) – o sinal é transmitido para receptores conectados em um ou mais arranjos de alto-falantes

posicionados estrategicamente na sala. Este tipo de sistema oferece menos benefício do que o sistema de FM pessoal, porém melhora a relação S/R para todos os estudantes dentro de uma sala, sendo possível a integração do sistema de FM pessoal para o aluno com deficiência auditiva.

Sistema em campo pessoal (Personal Sound Field) – o sinal é transmitido para uma caixa de som posicionada próxima ao usuário, em geral sobre a carteira do estudante.

Em um estudo que avaliou o desempenho de nove crianças usuárias de AASI, na tarefa de reconhecimento de palavras na presença do ruído, com e sem o sistema de FM, as autoras concluíram que o uso deste dispositivo melhora o desempenho na presença do ruído, e os resultados se aproximam daqueles obtidos somente com o AASI na situação sem ruído (Novaes et al., 1993).

Boothroyd e Iglehart (1998) relataram que o Sistema de FM é uma solução simples para o problema ocasionado pela distância entre o interlocutor e o ouvinte. O microfone posicionado próximo à boca do interlocutor capta a fala com boa intensidade, com uma excelente relação sinal/ruído e reduz os efeitos da reverberação. A melhora na intensidade do sinal, na relação sinal/ruído, pode variar de 10 a 30dB.

Em um estudo cujo objetivo foi quantificar o benefício do uso do sistema de FM para adolescentes com deficiência auditiva de grau severo a profundo, os autores investigaram o reconhecimento de fonemas (consoante – vogal – consoante) no silêncio e no ruído de treze sujeitos com idades entre 15 e 17 anos. O ruído utilizado no estudo foi do tipo *multi-talker babble*,

aplicado através de quatro caixas de som posicionadas nos quatro cantos de uma sala de aula, com a finalidade de gerar uma intensidade uniforme de 55dB NPS. Os resultados mostraram que o sistema de FM propicia benefícios significativos para estudantes com perda auditiva de grau severo a profundo. Nos sujeitos que apresentaram discriminação de fala entre 40 e 60%, apenas com o AASI, foi observado um benefício máximo do FM de 25% no reconhecimento de fonemas. Entretanto, os sujeitos com baixo desempenho com o AASI apresentaram um benefício discreto com o sistema de FM.

Barreira (2000) avaliou a efetividade do sistema de FM em campo em 33 crianças usuárias de AASI, divididas em três grupos de acordo com o grau da perda auditiva: moderada, severa e profunda. Para mensuração, foi utilizada lista de sílabas sem sentido e ruído do mesmo espectro da fala na relação S/R -5dB. Os achados mostraram que os três grupos apresentaram melhor reconhecimento da fala utilizando o sistema de FM em campo quando comparado ao desempenho apenas do AASI.

Em um estudo sobre o reconhecimento de sentenças no ruído com e sem o sistema de FM, Davies et al. (2001) investigaram quatorze crianças e adolescentes com idades entre 7 e 17 anos, usuárias de IC unilateral. Para o experimento, foi gravado o ruído real de uma sala de aula, que foi então utilizado no teste por meio de quatro caixas de som posicionadas a 45°, 135°, 225° e 315° azimuth da cadeira do sujeito. As sentenças do *Hearing in Noise test* - HINT foram utilizadas como material de fala, sendo apresentadas a 0° azimuth do sujeito. Os resultados mostraram um

benefício significativo do sistema de FM. Houve também uma correlação entre a idade dos sujeitos e o benefício do sistema de FM. Os pesquisadores verificaram maiores benefícios nas crianças com idades a partir de 10 anos, sendo que as crianças com idades inferiores também apresentaram maior variabilidade no teste.

Como destaca Gagné (2001), há muito tempo, vários pesquisadores investigam os diversos fatores que interferem na aprendizagem dentro do ambiente escolar, especialmente no que diz respeito ao aluno deficiente auditivo. Todos concordam que é de fundamental importância propiciar boas condições de aprendizagem em sala de aula. Sendo assim, este é um dos motivos pelo qual a escola precisa de auxiliares auditivos como o sistema de FM. Segundo o autor, há mais de 30 anos estudantes com deficiência auditiva têm utilizado esse dispositivo.

Em um trabalho sobre o sistema de FM como recurso para a inclusão do portador de deficiência auditiva no ensino regular, Lins e Oliveira (2001) comentaram que a inclusão tem sido um dos objetivos da atual política educacional; no entanto, para que aconteça de fato, é necessária a adaptação de todo o ambiente escolar. Na escola, a maior parte das informações é apresentada oralmente; portanto, é extremamente importante que o aluno deficiente auditivo receba o som de forma efetiva para acompanhar o conteúdo curricular. As autoras referem que o sistema de FM é um dos recursos capazes de auxiliar a inclusão do deficiente auditivo na escola regular. No entanto, apesar dos benefícios dessa tecnologia, ela ainda é pouco utilizada no Brasil, sendo pouco conhecida entre deficientes

auditivos, familiares e professores, que, além do mais não possuem recursos financeiros para adquiri-la.

Primeiramente, o FM foi visto como um dispositivo que provavelmente beneficiaria crianças com deficiência auditiva no ambiente escolar. Entretanto, com o passar do tempo, as aplicações desse sistema se expandiram, e os fonoaudiólogos passaram a avaliá-lo em diversas populações e faixas etárias, com resultados positivos. Outro aspecto que contribuiu para sua expansão foi o fato de a tecnologia FM se tornar menor e mais integrada com o AASI e IC. Em uma pesquisa com os profissionais da área, participantes da I Conferência Internacional sobre sistemas de FM que ocorreu na cidade de Chicago em 2003, 99% dos participantes avaliaram que pessoas usuárias de IC são candidatas ao uso do FM e 89% consideraram-no importante em crianças pequenas para aumentar o acesso à comunicação (Flexer, 2003a).

Flexer (2003b), discutindo sobre a necessidade da integração dos sistemas de FM em campo com os sistemas de FM pessoal, enfatizou que ouvimos com o cérebro, e que as orelhas são apenas um dos caminhos para a informação chegar até ele. O problema da perda auditiva e dos ambientes que não possuem uma boa acústica é que eles formam uma barreira e impedem que a informação alcance o cérebro. Já um ambiente acústico favorável e sistemas de amplificação contribuem para que as palavras “completas” o alcancem efetivamente. Infelizmente, as crianças precisam ouvir as palavras e distinguir os sons em ambientes desfavoráveis, bem como escutar o interlocutor que não está próximo e que se movimenta em sala.

Gabbard (2003) referiu que o questionário *FM Listening Evaluation* (disponível em português em Jacob et al., 2010) é utilizado regularmente no programa de teste (empréstimo) do Sistema de FM da Universidade do Colorado, constituindo-se como uma ferramenta importante para avaliar o uso e benefício do AASI e sistema de FM em crianças. Na avaliação de nove crianças com idades entre 1 ano e 2 meses e 2 anos e 6 meses, após três e seis meses de uso do FM, tanto os pais quanto os terapeutas referiram que esse sistema como o AASI são fáceis de manusear, funcionam bem e o uso é confortável para criança. As percepções do benefício de ambos foram iguais, sendo que os maiores benefícios com o uso do sistema de FM foram relatados pelos pais como: aumento da atenção no ruído, manutenção da atenção da criança no interlocutor, fornecimento de um impulso extra ao AASI.

Schafer e Thibodeau (2004) realizaram um estudo para verificar o benefício dos sistemas de FM em campo (*Sound Field*) e sistema de FM pessoal em adultos usuários de IC e normo-ouvintes. No estudo, foram incluídos dez adultos normo-ouvintes e oito adultos usuários de IC com idades entre 20 e 58 anos. O HINT foi utilizado na avaliação com a caixa de ruído posicionada a 90° azimuth, a uma distância de 3 metros, e a caixa de som com sinal foi posicionada a 0° azimuth e a uma distância de 5 metros do participante. O microfone do transmissor de FM foi posicionado a 7 cm de distância da caixa de som do sinal. Os autores utilizaram o HINT modificado, com relação S/R fixa, em -5dB, 0dB e +5dB. Um piloto foi realizado com adultos normo-ouvintes para verificar a aplicação do HINT com relação S/R fixa e contagem das palavras corretas, ao invés da abordagem adaptativa

padrão do teste (relação S/R varia até o sujeito reconhecer 50% das sentenças). Essa avaliação teve como objetivo evitar o efeito teto na aplicação do teste com FM.

Os resultados revelaram que, na relação S/R de +5dB sem o FM, os sujeitos normo-ouvintes apresentaram 98% de reconhecimento de fala no ruído com um desvio padrão de 3.0. Porém, na relação S/R de -5dB, os sujeitos apresentaram um desempenho de apenas 49%, e o sistema de FM em campo aumentou o desempenho para 92%. Esses achados evidenciam que o ruído acarreta prejuízos importantes para normo-ouvintes e o uso do sistema de FM em campo pode trazer benefícios. Com relação aos usuários de IC, eles apresentaram um desempenho de 83% no silêncio, com desvio padrão de 13.0 e apenas 36% de desempenho na relação S/R de +5dB, com desvio padrão de 27.0. Nas condições com FM, o melhor desempenho foi observado com o sistema pessoal, receptor conectado diretamente na entrada de áudio do processador, o que promoveu 71% de reconhecimento de fala no ruído.

De acordo com Chung (2004), algumas pessoas com perda de audição apresentam uma redução na relação sinal/ruído superior a 15 dB, e os microfones direcionais podem não ser suficientes. A solução para o autor é a utilização do sistema de FM pessoal.

Segundo Thibodeau (2004), o objetivo comum no atendimento da pessoa com deficiência auditiva é melhorar a habilidade de comunicação oral. Todavia, esse problema não pode ser solucionado até que a adaptação do AASI seja combinada com a adaptação de um sistema de FM.

Em um estudo com oito crianças com perda auditiva de grau moderado a severo, usuárias de AASI e com idades entre 9 e 12 anos, os autores compararam o desempenho de três modelos diferentes de sistema de comunicação sem fio: Sistema de FM pessoal (receptor conectado no AASI), Sistema de FM em campo pessoal (caixa de som portátil, próxima à carteira da criança) e Sistema infravermelho em campo (caixas de som posicionadas no teto da sala de aula). Os resultados mostraram que o sistema de transmissão sem fio por infravermelho não apresentou benefícios quando comparado ao desempenho das crianças apenas com os aparelhos auditivos. Em contrapartida, com o sistema de FM pessoal e o sistema de FM em campo, as crianças apresentaram uma melhora substancial no reconhecimento de fala (Anderson e Goldstein, 2004).

Lewis et al. (2004) avaliaram o reconhecimento de fala no ruído de 46 adultos com perda auditiva sensorineural de grau leve a severo a fim de comparar o desempenho do microfone direcional e do sistema de FM. Os adultos pertenciam a duas universidades diferentes e foram divididos em dois grupos, com 23 sujeitos cada e idade média de 73 anos. Os resultados revelaram que a inteligibilidade de fala foi significativamente melhor com o uso do sistema de FM comparado ao uso apenas do aparelho auditivo com o microfone direcional, em ambos os grupos. Com o microfone direcional, a relação S/R encontrada para 50% de compreensão da fala foi de 0.1dB e 2.9dB. Já com o sistema de FM bilateral, no modo FM apenas, a relação S/R encontrada para 50% de compreensão da fala no grupo 1 e 2 foi de -18.0dB e -19.8dB, respectivamente. Os resultados também mostraram que o

reconhecimento de fala alcançou +3dB de melhora com o uso do FM em ambas as orelhas.

Em uma avaliação do *handicap* auditivo, com o questionário *Communication Profile for the hearing Impaired* – CPHI, Lewis et al. (2005) acompanharam 23 adultos com idades entre 34 e 81 anos por um período de três meses. Os sujeitos apresentavam perda auditiva de grau moderado a severo e utilizavam AASI. No estudo, apesar de os pesquisadores observarem diferenças perceptuais proporcionadas pela utilização do sistema de FM, não houve diferenças significantes no *handicap* auditivo entre as condições AASI e AASI somado ao sistema de FM. Entre as dificuldades que os sujeitos relataram com o FM, e que segundo os autores podem ter influenciado nos resultados, encontramos: custo elevado do sistema, inconveniência (exemplo: precisa carregar toda noite), estética e uso (exemplo: é necessário posicionar o transmissor próximo à boca do interlocutor).

O sistema de FM é a solução mais eficaz no que diz respeito à melhoria da inteligibilidade de fala no ruído. Devido ao fato de o microfone do sistema de FM estar próximo da boca do interlocutor (15 a 20 cm ou menos), ele é capaz de melhorar a relação S/R porque reduz os efeitos negativos do ruído e da reverberação; também soluciona a perda de intensidade do sinal em função da distância, pois a fala alcança o usuário do receptor de FM como se este estivesse próximo do interlocutor (Maggi e Prietro, 2005).

Schafer e Thibodeau (2006) investigaram o limiar de reconhecimento de fala no ruído com e sem o sistema de FM em 22 crianças usuárias de IC, com idades entre 3 e 12 anos, divididas em dois grupos: grupo bilateral

(IC em ambas as orelhas) e grupo bimodal (IC em uma orelha e AASI na orelha contralateral). Para mensuração, foi utilizado um material de fala em conjunto fechado, simples e previsível, composto por sete listas com 28 sentenças, desenvolvido pelas pesquisadoras. As crianças reconheciam sentenças relacionadas ao corpo e representavam em um boneco, não sendo necessário repetir a frase. O ruído foi criado através de sua gravação em quatro salas de aula. O material de fala e ruído foi apresentado em um CD player conectado em um audiômetro, sendo que a caixa de som com o estímulo de fala foi posicionado a 0° azimuth e as caixas de som com o ruído foram posicionadas a 135° e 225° azimuth. Os resultados mostraram que o reconhecimento de fala foi significativamente melhor com o uso do sistema de FM, sem diferenças significativas nos resultados entre os grupos. Os pesquisadores encontraram uma diferença de até 20dB no limiar de reconhecimento de fala no ruído entre as condições com e sem o FM. Constataram também uma diferença significativa entre as condições de adaptação bilateral do sistema de FM, para ambos os grupos, em comparação com a condição unilateral - receptor apenas em um dos processadores de fala do IC.

Schafer e Kleineck (2009) realizaram uma meta-análise do benefício de três tipos de sistema de FM para usuários de IC unilateral, sendo nela incluídos estudos com crianças e adultos, isso porque não houve diferenças estatísticas significantes no benefício do sistema de FM entre ambas as faixas etárias. Foram incluídos nove estudos que totalizaram 35 experimentos na relação S/R fixa, com variação de +5dB a +20dB.

Os resultados combinados dos três tipos de receptores de FM mostraram que o uso do sistema de FM deve melhorar o reconhecimento de fala no ruído de 18 a 31%, comparado ao uso apenas do IC unilateral. Na avaliação individual de cada tipo de sistema, o receptor conectado na entrada de áudio do IC (sistema de FM pessoal) apresentou os melhores resultados: 38% de melhora no reconhecimento de fala no ruído, em comparação às respostas com o IC apenas. O sistema de FM em campo não apresentou diferenças significativas, enquanto o sistema de FM em campo pessoal (caixa de som próxima ao sujeito) apresentou uma melhora no reconhecimento de fala de 17,1%. Os resultados dessa meta-análise fornecem evidências sobre a eficácia dos sistemas de FM, no que diz respeito à melhora no reconhecimento de fala no ruído, tanto de crianças quanto de adultos usuários de IC.

Um desenvolvimento recente na tecnologia FM, patenteado como *Dynamic FM*, trata-se de um ganho FM adaptativo (*adaptative FM advantage* – AFMA). O sistema de FM tradicional mantém a voz do interlocutor em um nível constante, acima do captado pelo microfone do AASI. Nesse tipo de processamento, são recomendados 10dB de ganho FM; entretanto, isso pode ser modificado nos receptores programáveis se o objetivo é escutar mais ou menos o som ambiente. Quando o nível do ruído ambiente é alto, pode ser necessária uma relação S/R de +15dB ou desativar o microfone do AASI (FM apenas). Com o recurso *Dynamic FM*, o sistema ajusta automaticamente a saída do receptor de FM com base no nível de ruído do ambiente, mensurado pelo transmissor do sistema. Se a intensidade do ruído ultrapassa 57dB NPS, um comando (inaudível) é enviado ao receptor

de FM para aumentar o ganho, aumentando, assim, a vantagem do sistema. O aumento máximo do ganho do receptor de FM é de 24dB. Quando o nível do ruído ambiente fica abaixo de 57dB NPS, o sistema retorna para a vantagem FM de 10dB (Wolfe et al., 2009; Thibodeau, 2010).

Wolfe et al. (2009) investigaram o benefício do FM adaptativo (AFMA) em 25 usuários de IC com idades entre 8 e 82 anos, sendo sete participantes com IC bilateral. Para avaliação, foi utilizado o HINT com a caixa de som do sinal posicionada a 0º azimuth e quatro caixas de ruído posicionadas nos quatro cantos da sala de teste. O sinal de fala foi apresentado em uma intensidade constante de 85dB NA, próximo à caixa de som, onde foi posicionado o microfone do FM, e 60dB NA na cadeira do sujeito avaliado (microfone do processador de fala do IC). Os resultados apresentaram uma melhora significativa do reconhecimento de fala no ruído com o uso do FM adaptativo comparado ao desempenho do FM tradicional. Os autores concluíram que o FM adaptativo fornece ao usuário uma melhor relação S/R, o que, conseqüentemente, auxilia na audibilidade e inteligibilidade do sinal.

Em outro estudo que comparou o benefício do FM adaptativo com o FM tradicional, porém em usuários de AASI, Thibodeau (2010) também observou um desempenho significativo do primeiro em comparação ao segundo. Participaram do estudo dez sujeitos, sendo cinco com idades entre 11 e 15 anos e cinco com idades entre 20 e 55 anos, com perda auditiva de grau moderado a severo. Para mensuração do benefício do FM adaptativo e tradicional, foram utilizadas as sentenças do HINT e do *Speech Perception in Noise* – SPIN, na intensidade fixa de 84dB(A), e o ruído foi apresentado

por meio de quatro caixas de som com intensidade variando de 54 a 73dB(A). Os resultados evidenciaram que não houve diferenças significativas entre o FM adaptativo e o FM tradicional com o nível do ruído a 54dB(A). Porém, com o nível do ruído a 73dB(A), foi observado um desempenho de 50% do FM adaptativo em comparação ao FM tradicional. Era esperada a ausência de diferença entre os dois tipos de processamento do sinal FM, com ruídos menos intensos, pois o recurso AFMA é ativado quando o nível de ruído ambiente ultrapassa 57dB NPS.

Na adaptação para a língua portuguesa do questionário *FM Listening Evaluation for Children*, cujo nome em português é “Avaliação dos sistemas de FM”, Jacob et al. (2010) o aplicaram em doze professores de crianças com idades entre 7 e 13 anos usuárias de AASI com o FM, e também em uma fonoaudióloga responsável pela adaptação desse sistema e acompanhamento das crianças. O questionário tem como objetivo comparar o desempenho delas em ambientes silenciosos, com o interlocutor a determinada distância, no ruído, e apenas a via auditiva, com e sem o sistema de FM. Os resultados mostraram diferenças significativas entre as condições com e sem o FM, tanto na avaliação dos professores quanto na avaliação da fonoaudióloga, sendo que as condições com o sistema apresentaram maiores valores e melhor desempenho das crianças na avaliação dos professores e da fonoaudióloga.

Na análise das perspectivas do benefício do sistema de FM, os pesquisadores avaliaram quatorze adultos usuários de IC por dois meses. Os principais benefícios do FM relatados pelos participantes foram:

capacidade de ouvir pessoas ou a televisão a determinada distância; liberdade para se movimentar; necessidade de menor esforço e concentração para entender a fala; maior acesso aos sons e melhor integração social. No que diz respeito aos fatores negativos do uso do FM, os participantes referiram o aspecto físico e as dificuldades de ajuste. É importante ressaltar que, no estudo, foi utilizado receptor de FM do tipo caixa (utilizado no corpo do usuário) e preso no processador de fala do IC via cabos de áudio. Segundo os pesquisadores, o uso de receptores miniaturizados, disponíveis no mercado, pode solucionar as queixa. Dos quatorze participantes adultos do estudo, seis relataram que gostariam de adquirir o sistema de FM (Fitzpatrick et al, 2010).

Os avanços tecnológicos do AASI e IC que ocorreram nas últimas duas décadas não tornaram o uso do sistema de FM menos importante. Como ressalta Lewis (2010), ambos proporcionam um excelente benefício para o usuário, mas existem situações em que eles são incapazes de superar os efeitos adversos do ruído, da distância e da reverberação. Os sistemas de FM também avançaram consideravelmente desde seu surgimento, no que diz respeito ao processamento do sinal, design e indicação.

Segundo Madell (2010), aceitar o uso de dispositivos eletrônicos é difícil para os pais, pois confirma publicamente que há algo “imperfeito” com seus filhos “perfeitos”. No geral, a família está pronta para o uso do AASI quando aceita a deficiência auditiva. E conforme a criança cresce e frequenta cada vez mais locais ruidosos, surge a dúvida sobre o uso do sistema de FM. Muitas vezes, os pais e a escola questionam alternativas

que possam substituir o uso desta tecnologia, como posicionar a criança na frente da sala de aula, ou questionam o uso, porque ela parece estar bem. Diante disso, é necessário orientar a família, demonstrando o benefício do sistema de FM no que se refere aos efeitos negativos da distância e do ruído. Além do teste no ambiente escolar, a autora refere que a aplicação de testes de reconhecimento de fala no ruído proporcionam resultados claros, sendo difícil ignorar os benefícios do FM.

Em um estudo para avaliar a eficácia do FM e o uso de estratégias de comunicação, Nguyen e Benther (2011) observaram a interação de duas famílias (pais) com suas crianças de 5 anos, ambas com perda auditiva sensorineural de grau leve a moderado e sem experiência com o uso do sistema de FM. As interações foram analisadas em quatro condições: AASI no silêncio, AASI no ruído, FM no silêncio e FM no ruído, antes e após um treinamento dos pais sobre estratégias de comunicação que poderiam utilizar. Os resultados mostraram que o treinamento auxiliou no uso do sistema de FM. As vocalizações da criança também foram maiores na condição AASI no silêncio em comparação à condição AASI no ruído. Contudo, entre as condições apenas FM no silêncio e no ruído, não houve diferenças nas vocalizações. Segundo os autores, os resultados sugerem que, na presença de ruído de fundo, o uso apenas do AASI reduz as probabilidades de a criança se comunicar. No caso da segunda criança, não foi possível deixar o AASI no modo FM apenas (desligando o microfone do AASI); portanto, os resultados com o sistema foram inferiores ao da primeira criança.

2.3 Hearing in Noise Test (HINT)

Neste subitem são abordados os princípios do teste de fala no ruído, denominado *Hearing in Noise Test*, e mais conhecido como HINT, sua metodologia e aplicabilidade. Trata-se de uma abordagem que visa complementar os dados da metodologia.

Nilsson et al. (1994) descreveram um método de avaliação direta da inteligibilidade da fala por meio da mensuração no silêncio e no ruído do limiar de recepção de fala (*speech reception thresholds* – SRT). O limiar de recepção de fala é definido como o nível de apresentação necessário para o sujeito reconhecer o material de fala em uma específica porcentagem, em geral, 50%. A técnica de mensuração do SRT é adaptativa, sendo que o nível de apresentação do estímulo varia de acordo com as respostas do sujeito avaliado. Se a resposta está correta, a intensidade do sinal diminui, e se está incorreta, a intensidade do sinal aumenta. Dessa forma, o SRT é estimado pela média dos níveis de apresentação do sinal na última parte da sequência do material de fala. O material de fala comumente utilizado para mensurar o SRT é composto de palavras espondaicas. Porém, segundo os autores, esse tipo de palavra não é representativo da linguagem natural de comunicação e, portanto, foi desenvolvido um teste (gravado) para mensurar a inteligibilidade de sentenças no silêncio e no ruído, denominado *Hearing in Noise Test* – HINT.

As sentenças do HINT foram extraídas do material britânico *Bamford-Kowal-Bench* e adaptadas para o inglês americano, sendo todas elas

foneticamente balanceadas, equiparadas em termos de naturalidade, inteligibilidade e extensão. A primeira versão do HINT era composta de 250 sentenças, distribuídas em 25 listas com 10 sentenças cada, para mensuração adaptativa do limiar de recepção de fala no silêncio e com ruído espectralmente combinado (*spectrally matched noise*). De acordo com os autores, o HINT é um método preciso, confiável e eficiente para mensurar a inteligibilidade da fala no ruído.

A fala é um dos sinais acústicos mais importantes para os seres humanos, e a avaliação de seu reconhecimento no ruído é um procedimento essencial. Com estímulo adequado, acima do limiar e na presença de ruído competitivo, ele reflete a audição funcional e a capacidade de comunicação de indivíduos com deficiência auditiva (Hällgren et al., 2005).

De acordo com Schafer (2005), o HINT-C é o único teste adaptativo de reconhecimento de fala disponível para crianças a partir de seis anos de idade. O teste avalia o reconhecimento de fala em conjunto aberto com ruído do tipo *spectrally-shaped noise*.

O resultado do HINT no silêncio é expresso em dB NPS, enquanto os resultados no ruído são expressos em dB relação S/R. Na aplicação padrão do teste, o ruído é fixo em 65dB NPS, e o sinal de fala varia de acordo com as respostas do sujeito até alcançar 50% de reconhecimento das sentenças (Weiss e Dempsey, 2008).

O HINT está disponível em diversas línguas, e a similaridade dos procedimentos, resultados e material de teste torna-o comparável entre as línguas. O HINT Brasil foi preparado após a análise de um extenso material

visando controlar a naturalidade, dificuldades e balanceamento fonêmico das sentenças, sendo desenvolvido pela Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), e a gravação realizada no *House Ear Intitute*, em Los Angeles, por um ator profissional brasileiro. O desenvolvimento do HINT em português é um avanço nas avaliações de percepção da fala e fornece uma análise de parâmetros tanto para aplicação clínica quanto científica (Bevilacqua et al., 2008).

Soli e Wong (2008) reforçaram que o objetivo do HINT é avaliar os efeitos da audição de um indivíduo na inteligibilidade de fala no ruído. Esses efeitos podem ser avaliados de duas formas diferentes: intra-sujeito, que diz respeito à comparação da inteligibilidade de fala do sujeito entre duas ou mais condições (exemplo: o uso do AASI - 1 e AASI - 2), e entre os sujeitos, que se refere à comparação da inteligibilidade de fala de um sujeito com a média encontrada em sujeitos normo-ouvintes. O HINT padrão é composto de quatro condições de teste, uma no silêncio e três no ruído. As condições de ruído se diferem pela localização: ruído na frente (0° azimuth), ruído à direita (90° azimuth) e ruído à esquerda (270° azimuth).

Os guias de adaptação, acompanhamento e práticas clínicas para microfone sem fio da ASHA 2002 e da AAA 2008 referem que o sinal de fala e o ruído não podem ser apresentados na mesma caixa de som. Isso porque a aproximação do microfone do FM da caixa de som aumentaria ambos os sinais, fala e ruído, não sendo possível a avaliação porque não representaria o benefício real na relação S/R promovida pelo sistema de FM. De acordo com ambos os guias, o desempenho pode variar com a localização da caixa

de ruído. O uso de múltiplas caixas de som é possível, sendo que o ruído à 180° pode eliminar o efeito sombra da cabeça.

No que se refere ao tipo de teste, relação S/R fixa ou teste adaptativo, ambos os guias sugerem para a prática clínica a avaliação com relação S/R fixa a 0dB ou +5dB. O guia da ASHA 2002 sugere a avaliação em +5dB, por ser uma relação S/R típica nas salas de aula. Porém, considerando os estudos nacionais sobre o nível de ruído nesses locais (presentes no primeiro capítulo desta revisão), bem como o desempenho vocal dos professores ou o nível aceitável de produção vocal (Klodzinski et al., 2005; Libardi et al., 2006; Jaroszewski et al., 2007; Gonçalves et al., 2009; Silva e Moraes, 2009), verificamos que é difícil prever a relação S/R.

De acordo com o guia da AAA 2008, a abordagem adaptativa não foi padronizada para uso na verificação clínica do desempenho do sistema de FM, apesar de ser utilizada em pesquisas com o sistema de FM, como o estudo de Lewis et al. (2004) e Schafer e Thibodeau (2006), entre outros.

3 METODOLOGIA

3.1 Aspectos Éticos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo – Campus Bauru, sob ofício nº 31/2009 – SVAPEPE – CEP (**Anexo 1**). Em 23 de fevereiro de 2010, o Comitê de Ética aprovou alterações no projeto, inclusão do grupo controle, sob ofício nº 047/2010 (**Anexo 2**).

O estudo envolveu procedimento não-invasivo, sendo caracterizado como de risco mínimo à saúde dos envolvidos.

Os responsáveis pelos sujeitos, após terem entendido e concordado com os propósitos do estudo e a forma de participação, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (**Anexos 3 e 4**) atestando sua permissão para a participação no trabalho e publicação dos dados obtidos. O anonimato e a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento foi garantido aos responsáveis e participantes.

A coleta de dados do presente estudo ocorreu no período de fevereiro de 2010 a novembro de 2010.

3.2 Local

O estudo foi realizado no Centro de Pesquisas Audiológicas (CPA) – Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo (HRAC) – Campus Bauru e na Clínica de Fonoaudiologia do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - Campus Bauru (FOB/USP).

3.3 Método

O estudo foi desenvolvido com 30 crianças, sendo 15 do grupo controle, sem queixas audiológicas, e 15 do grupo experimental, as quais apresentavam deficiência auditiva sensorineural e eram usuárias de sistema de FM. O estudo constituiu na análise do benefício deste sistema, por meio da avaliação do reconhecimento de fala no ruído. Para tanto, o grupo experimental foi dividido em dois: grupo 1, de adaptação bimodal, ou seja, IC com AASI na orelha contralateral; grupo 2, de adaptação bilateral com AASI.

Os critérios de inclusão e exclusão dos sujeitos nos grupos 1 e 2 consideraram a complexidade do teste utilizado para avaliação, pois este exigia o reconhecimento de sentenças fora do contexto. Os critérios foram:

- Quanto à faixa etária: crianças entre 06 e 13 anos;

- Quanto à categoria de linguagem: os participantes apresentavam categoria 5 de linguagem (Anexo 5), segundo Bevilacqua et al. (1996b);
- Quanto à categoria de audição: os participantes apresentavam categoria 6 de audição (Anexo 6), de acordo com Geers (1994);
- Os participantes não apresentavam outros comprometimentos que pudessem interferir no desempenho do procedimento realizado.

Para compor o grupo controle, foram considerados os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

- Idade: entre 06 e 13 anos;
- Ausência de queixas ou histórico de alterações otológicas e audiológicas;
- Ausência de distúrbios articulatorios na fala.

De acordo com os critérios apresentados, os participantes integraram os seguintes grupos:

Grupo 1 – Adaptação bimodal, composto por 08 crianças com perda auditiva sensorineural de grau profundo e usuárias de IC unilateral com AASI na orelha contralateral (Tabela 1).

Grupo 2 – Adaptação bilateral, composto por 07 crianças com perda auditiva de grau moderado ou severo, usuárias de AASI bilateral (Tabela 2).

Grupo Controle – Composto por 15 crianças sem queixas ou histórico de alterações otológicas e audiológicas (Tabela 3).

Tabela 1 - Dados demográficos dos sujeitos do Grupo 1 - Adaptação Bimodal

Sujeito	Iniciais	DA	Etiologia	Idade*	Idad. Ativ**	Lado IC
S1	KFAS	Congênita	Genética	6 a.	1a, 2m	OD
S2	BMV	Congênita	Idiopática	11 a.	2a, 1m	OE
S3	ACM	Adquirida 11m	Meningite	12 a.	5a, 10m	OE
S4	TC	Congênita	Genética	10 a.	2a, 11m	OD
S5	GSA	Congênita	Multifatorial***	13 a.	3a, 8m	OD
S6	GRSM	Congênita	Idiopática	08 a.	4a, 4m	OD
S7	VCAS	Congênita	Idiopática	11 a.	3a, 9m	OD
S8	GV	Adquirida 2a. 3m	Meningite	11 a.	4a, 10m	OD

* Idade na avaliação com o teste HINT em anos

** Idade na ativação do IC em anos e meses

*** Intercorrências no parto (prematuridade, baixo peso, hiperbilirrubinemia)

Tabela 2 - Dados demográficos dos sujeitos do Grupo 2 – Adaptação bilateral (AASI).

Sujeitos	Iniciais	Idade*	DA	Etiologia	Temp. AASI***
S1	GRL	11 a.	Congênita	Multifatorial**	8a, 1m
S2	MKC	12 a.	Congênita	Toxoplasmose	7a
S3	LF	09 a.	Congênita	Idiopática	3a, 5m
S4	JDN	08 a.	Congênita	Idiopática	4a, 2m
S5	SAB	09 a.	Congênita	Idiopática	6a, 3m
S6	MOJ	13 a.	Adquirida	Meningite 2a, 6m	10a, 1m
S7	IOG	09 a.	Congênita	Idiopática	4a, 4m

* Idade na avaliação com o teste HINT em anos

** Ototóxicos, baixo peso ao nascimento e hiperbilirrubinemia

*** Tempo de uso do AASI – tempo percorrido desde a primeira adaptação de AASI até a data da avaliação.

O método prescritivo de ganho utilizado na adaptação do AASI de ambos os grupos era o DSL i/o.

Tabela 3 - Dados demográficos dos sujeitos do Grupo Controle – Crianças ouvintes

<i>Sujeitos</i>	<i>Iniciais</i>	<i>Idade</i>
S1	IJ	12
S2	ITM	8
S3	LK	8
S4	LGH	12
S5	AVM	13
S6	GMD	8
S7	IMM	12
S8	HCBJ	9
S9	CCJ	13
S10	HPC	9
S11	GPC	9
S12	LS	12
S13	BS	7
S14	SY Y	8
S15	JFFAV	11

Com relação à avaliação do reconhecimento de fala no ruído, os indivíduos foram submetidos às seguintes condições de avaliação:

Grupo 1

1. IC e AASI na orelha contralateral sem o Sistema de FM;
2. Apenas IC (AASI off) sem o Sistema de FM;
3. IC e AASI na orelha contralateral com o Sistema de FM em ambos os dispositivos;
4. IC e AASI na orelha contralateral com o Sistema de FM apenas no IC;
5. Apenas IC (AASI off) com o sistema de FM;
6. IC e AASI na orelha contralateral com o Sistema de FM apenas no AASI.

Grupo 2

1. AASI em ambas as orelhas sem o Sistema de FM;
2. Apenas AASI na orelha direita sem o Sistema de FM;
3. Apenas AASI na orelha esquerda sem o Sistema de FM;
4. AASI e Sistema de FM em ambas as orelhas;
5. AASI em ambas as orelhas e sistema de FM apenas na orelha direita;
6. AASI em ambas as orelhas e sistema de FM esquerda.

Grupo Controle

1. Avaliação de ambas as orelhas.

3.3.1 Fichas de avaliação

Para essas condições de teste, foram utilizadas nove fichas de avaliação que se diferenciavam pela ordem de aplicação de cada condição. O objetivo foi o de garantir que os resultados não seriam alterados por uma possível habituação no teste, o que poderia favorecer as respostas nas últimas condições testadas (Anexos 7 – 15).

A avaliação das seis condições de teste para os grupos de estudo ocorreu em duas ou três sessões, com duração de 25 minutos cada, para evitar fadiga da criança e consequente alteração dos resultados. Os participantes dos grupos de estudo também foram submetidos a uma sessão de treino, com duração de 20 minutos, quinze dias antes da primeira sessão de avaliação. O intervalo entre cada uma das sessões de teste foi de quinze a trinta dias.

3.4 Instrumentos e Procedimentos

3.4.1 Sistemas de Frequência Modulada

Os sujeitos eram usuários de Sistema de FM da marca Phonak, modelo Campus SX (Figura 2), microfone modelo microBoom (Figura 3) e receptor modelo Microlink – MLx (Figura 4). O receptor MLx é um receptor universal (compatível com AASI e IC de diferentes fabricantes), conectado no AASI ou IC por meio do recurso de entrada de áudio.

Fonte: Banco de dados Phonak do Brasil – Sistemas Audiológicos LTDA

Figura 2 - Transmissor Campus SX

Fonte: Banco de dados Phonak do Brasil – Sistemas Audiológicos LTDA

Figura 3 - Microfone MicroBoom.

Fonte: Banco de dados Phonak do Brasil – Sistemas Audiológicos LTDA

Figura 4 - Receptor Microlink MLx

3.4.2 Considerações sobre a verificação do sistema de FM

Os sujeitos do grupo 2, adaptação bilateral (AASI), já eram usuários de sistema de FM há aproximadamente três meses. Neste grupo, foi realizada uma inspeção física da integridade e conexão da sapata de áudio e receptor de FM, assim como uma verificação auditiva do AASI e FM por meio de estetoscópio apropriado. A verificação auditiva teve como objetivo confirmar que ambos os sinais (mic do AASI e FM) estavam audíveis, que a qualidade sonora do AASI se mantinha com a conexão do FM e a qualidade sonora de ambos os sinais – mic do AASI e FM – eram semelhantes. Também foram analisados no prontuário dados da verificação eletroacústica do AASI, ganho funcional e verificação eletroacústica do AASI + FM – Transparência FM (AAA, 2008).

A pesquisa da transparência FM é importante para garantir que a conexão do sistema de FM não altere as configurações de ganho do AASI e que ambos os sinais, FM e microfone do AASI, estejam funcionando (Jacob e Queiroz, 2011).

Os sujeitos do grupo 1, adaptação bimodal, já eram usuários do sistema de FM há aproximadamente 15 dias. Neste grupo, foi verificada a configuração do áudio *mixing* no mapeamento do IC. A configuração do áudio *mixing* é importante para garantir que ambos os sinais estejam audíveis (microfone do processador de fala e microfone do sistema de FM) e que não há alteração na sensibilidade do microfone do processador de fala do IC com a conexão do sistema de FM.

Alguns participantes apresentavam uma configuração do áudio *mixing* em 1:1 e outros, em 50/50, decorrente das diferenças entre as marcas de IC e processadores de fala. Todavia, o áudio *mixing* 1:1 ou 50/50 permite a entrada do sinal do sistema de FM sem redução na sensibilidade do microfone do processador. A verificação auditiva do sinal FM e do microfone do processador do IC ocorreu por meio do fone de ouvido do IC. Nos modelos de IC que não possuíam fone de ouvido, a verificação do funcionamento do sistema de FM ocorreu através do acoplamento do receptor em um AASI, conforme recomendações estabelecidas no *American Academy of Audiology Clinical Practice Guidelines: Remote Microphone Hearing Assistance Technologies for Children and Youth from Birth to 21 Years* - Guia de Práticas Clínicas para microfones remotos da Academia Americana de Audiologia de 2008.

No que diz respeito à verificação eletroacústica, esta não é realizada no IC por impossibilidade técnica.

Em ambos os grupos foi realizada uma verificação comportamental informal, recomendada principalmente para IC, pelo *American Academy of Audiology Clinical Practice Guidelines: Remote Microphone Hearing Assistance Technologies for Children and Youth from Birth to 21 Years* - Guia de Práticas Clínicas para microfones remotos da Academia Americana de Audiologia (2008), que consiste em dois procedimentos descritos a seguir:

- 1- Confirmar a recepção adequada do microfone do IC e/ou AASI com o Sistema de FM acoplado e ligado. Para este procedimento, o transmissor de FM e seu microfone são posicionados distante

do avaliador. O avaliador se posiciona atrás da criança e solicita a execução de ordens simples.

- 2- Confirmar a recepção adequada do microfone do FM. Para este procedimento, o avaliador utiliza o microfone do FM, posiciona-se distante da criança, do outro lado da sala, e solicita a execução de ordens simples.

3.4.3 Avaliação do reconhecimento de fala no ruído

A avaliação do reconhecimento de fala no ruído ocorreu por meio do teste de audição no ruído - HINT (*Hearing in Noise Test*), em português (Bevilacqua et al., 2008). O teste consiste na aplicação de listas de sentenças foneticamente balanceadas, cuja intensidade varia até o indivíduo alcançar 50% de reconhecimento de fala, com o ruído de mascaramento do mesmo espectro de frequência das sentenças, na intensidade fixa de 65 dB(A). Os resultados do teste HINT são expressos em dB S/R (diferença em decibel entre o nível do sinal e do ruído).

O HINT é composto por doze listas de sentenças, cada uma com vinte sentenças. A escolha da lista é realizada de forma aleatória pelo *software* – HINTPro 7.2. O teste foi aplicado por meio do equipamento HINTPro 7.2 *Audiometric System*. O procedimento foi realizado em campo livre para possibilitar a avaliação dos resultados da adaptação do sistema de FM. Foram utilizadas duas caixas de som posicionadas a um metro equidistante da criança. A caixa de som do sinal foi posicionada a 0°. azimuth e a caixa

de som com ruído a 180° . azimuth, conforme a figura 5. Nas avaliações com o sistema de FM, o microfone do transmissor de FM foi posicionado a 6cm de distância da caixa de som a 0° . azimuth.

Figura 5 - Desenho da sala de teste e posicionamento das caixas de som e cadeira do paciente e avaliador.

3.5 Análise dos Resultados

No grupo 1, de adaptação bimodal, e no grupo 2, de usuários de aparelho, adaptação bilateral, as médias do dB S/R nas seis condições experimentais anteriormente citadas foram comparadas por meio da técnica de Análise de variância com medidas repetidas - ANOVA para medidas repetidas (Neter et al., 2005). A suposição de normalidade dos erros foi avaliada por meio da construção do gráfico de probabilidade normal dos resíduos (anexo 16 e 17). O teste de Mauchly foi aplicado para testar a hipótese de igualdade das variâncias das diferenças entre as condições (hipótese de circularidade). O método de Tukey (Neter et al., 2005) foi aplicado para localizar as diferenças entre as médias, quando necessário.

Na comparação das médias do dB S/R nas diferentes condições experimentais nos grupos 1 e 2, com a média no controle, foi aplicado o teste *t-Student*. A normalidade das variáveis foi avaliada por meio da construção de gráficos de probabilidade normal (anexo 18).

Nos testes de hipótese, foi fixado nível de significância de 0,05.

4 RESULTADOS

A tabela 4 apresenta os resultados individuais na avaliação do reconhecimento de fala no ruído, expressos em dB S/R, e a tabela 5, os valores de estatísticas descritivas para dB S/R nas seis condições de teste do grupo 1. Nota-se que as menores médias e medianas, melhores respostas, foram observadas nas condições que envolvem o uso do IC com o sistema de FM.

Tabela 4 - Resultados individuais do G1 nas seis condições de teste com e sem o sistema de FM

Sujeitos	Limiar Silêncio	<i>Condições sem FM</i>		<i>Condições com FM</i>			
		IC + AASI	IC apenas	IC ^{FM} + AASI ^{FM}	IC ^{FM} + AASI ^{s/FM}	IC ^{FM} / AASI ^{off}	IC ^{s/FM} + AASI ^{FM}
S1	54,7	+3,2	+6,5	-4,1	-3,6	-7,8	+0,4
S2	58,4	-0,8	+1,5	-17,1	-4,9	-13,2	+0,6
S3	53,6	+0,8	-3,6	-10,4	-7,8	-3,4	+1,7
S4	59,2	+8	+5,9	+1,6	+2,6	-2,6	+10,4
S5	60,2	+11	+10,3	+7,5	+6,9	-0,3	+12,3
S6	67	+11,3	+7,8	-9,8	-5,6	+7,1	+1,4
S7	47,7	+0,1	+7,9	+1,7	-3,8	-4,3	+6,9
S8	61,6	+10,7	+8,8	-2,8	+4,6	+8,2	+9

Tabela 5 - Estatísticas descritivas para dB S/R nas 6 condições de teste no G1

Condição	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
IC e AASI	8	+5,5	5,3	-0,8	+5,6	+11,3
IC apenas	8	+5,6	4,5	-3,6	+7,2	+10,3
IC ^{FM} + AASI ^{FM}	8	-4,2	8,0	-17,1	-3,5	+7,5
IC ^{FM} + AASI ^{s/FM}	8	-1,5	5,4	-7,8	-3,7	+6,9
IC ^{FM} / AASI ^{off}	8	-2,0	7,1	-13,2	-3,0	+8,2
IC ^{s/FM} AASI ^{FM}	8	+5,3	4,9	+0,4	+4,3	+12,3

Os perfis individuais e o perfil médio do grupo 1 estão representados na figura 6.

Figura 6 - Perfis individuais e médio em dB S/R do G1

A técnica de Análise de variância com medidas repetidas apontou que as médias em dB S/R não foram iguais nas seis condições experimentais (existe pelo menos uma média diferente das demais ($p < 0,001$)).

Com o objetivo de localizar as diferenças entre as médias, nas seis condições, foi aplicado o método de *Tukey*. Os resultados obtidos na comparação das médias duas a duas estão resumidos na tabela 10. É possível observar que as médias nas condições que envolvem o uso do IC com o sistema de FM foram menores, melhores resultados, em comparação às outras condições.

Tabela 6 - Resultados obtidos na comparação das médias em dB S/R nas 6 condições duas a duas pelo método de Tukey no G1

Comparação	Diferença	Erro padrão da diferença	p
IC - IC+AASI	0,1	1,99	>0,999
IC - IC ^{FM} + AASI ^{FM}	9,8	1,99	<0,001
IC - IC ^{FM} + AASI ^{S/FM}	7,1	1,99	0,012
IC+AASI - IC ^{FM} + AASI ^{FM}	9,7	1,99	<0,001
IC+AASI - IC ^{FM} + AASI ^{S/FM}	7	1,99	0,012
IC - IC ^{FM}	7,6	1,99	0,006
IC+AASI - IC ^{FM}	7,5	1,99	0,007
IC ^{FM} - IC ^{FM} + AASI ^{FM}	2,2	1,99	0,888
IC ^{FM} + AASI ^{S/FM} - IC ^{FM} + AASI ^{FM}	2,7	1,99	0,744
IC ^{FM} + AASI ^{S/FM} - IC ^{FM}	0,5	1,99	>0,999
IC - IC ^{S/FM} + AASI ^{FM}	0,3	1,99	>0,999
IC+AASI - IC ^{S/FM} + AASI ^{FM}	0,2	1,99	>0,999
IC ^{S/FM} + AASI ^{FM} - IC ^{FM} + AASI ^{FM}	9,5	1,99	<0,001
IC ^{S/FM} + AASI ^{FM} - IC ^{FM}	7,3	1,99	0,009
IC ^{S/FM} + AASI ^{FM} - IC ^{FM} + AASI ^{S/FM}	6,8	1,99	0,019

Na tabela 6 observamos que não houve diferença estatisticamente significativa entre as condições unilateral e bilateral sem FM e com FM. Observamos um melhor resultado na condição bilateral (IC+AASI) em relação à condição unilateral (IC apenas), porém com uma diferença entre as médias em dB S/R de apenas 0,1. Nas condições com FM unilateral (IC^{FM} + AASI^{S/FM}) e bilateral (IC^{FM} + AASI^{FM}), apesar da diferença entre as médias ser maior, 2,7 dB S/R, sendo o melhor resultado com FM bilateral, esta diferença também não foi estatisticamente significativa.

Na comparação da condição FM unilateral, FM no IC ou FM no AASI (IC^{S/FM} + AASI^{FM} - IC^{FM} + AASI^{S/FM}), encontramos uma diferença estatisticamente significativa entre as médias, com melhor resultado na condição FM no IC.

O mesmo ocorreu na comparação das condições: $IC^{s/FM} + AASI^{FM} - IC^{FM}$ e $IC^{s/FM} + AASI^{FM} - IC^{FM} + AASI^{FM}$, com resultados estatisticamente melhores nas condições do FM adaptado no IC. Os resultados das condições do FM adaptado somente no AASI foram similares aos resultados das condições sem FM.

Nas tabelas 7 e 8 encontramos os dados da audiometria referente à orelha contralateral ao IC e o desempenho desta orelha com o AASI.

Tabela 7 - Audiometria tonal na orelha contralateral ao IC no G1

Sujeito	Frequências				
	500Hz	1KHz	2KHz	3KHz	4KHz
S1	90	100	100	100↓	100↓
S2	110	110	105	110↓	110↓
S3	105	100	110	115	110
S4	100	105	120↓	120	120↓
S5	115	120	115↓	120↓	120↓
S6	100	100	105	120↓	120↓
S7	100	95	115	120↓	120↓
S8	110	115	100	120↓	110

Tabela 8 - Audiometria em campo apenas com AASI no Grupo 1

Sujeito	Frequências				
	500Hz	1KHz	2KHz	3KHz	4KHz
S1	65	75	85	-	100↓
S2	80	75	90	90	105
S3	70	70	85	100	100
S4	70	70	85	95	90
S5	60	90	100↓	100↓	100↓
S6	60	60	65	80↓	80↓
S7	70	85	100	100↓	100↓
S8	60	65	50	-	75

Quanto às comparações sem FM e com FM no IC, observamos diferenças estatisticamente significantes em todas as comparações.

Com relação aos resultados do grupo 2, a tabela 9 apresenta os resultados individuais e a tabela 10, os valores de estatísticas descritivas para dB S/R nas seis condições de teste do grupo 2. Neste grupo também observamos menores médias e medianas, melhores respostas, nas condições com o sistema de FM.

Tabela 9 - Resultados do G2 nas seis condições de teste com e sem o sistema de FM

Sujeitos	Limiar Silêncio	Condições sem FM			Condições com FM		
		AASI ^{BI}	AASI ^{DI}	AASI ^{ES}	AASI ^{BI FM}	AASI ^{DI FM} + AASI ^{ES s/FM}	AASI ^{ES FM} + AASI ^{DI s/FM}
S1	55,3	+3,1	+6,2	-0,1	-10,2	-10,6	-11,4
S2	45,9	+3,3	-0,1	+0,8	-17,8	-14,6	-14,8
S3	50,6	-1,9	+4,8	+2,1	-13,9	-6,2	-11,3
S4	61,4	+7,3	+3,1	+6,2	-15,4	-12,7	-13,3
S5	47	-6,8	+2,5	-3,9	-12,2	-8,7	-14,3
S6	58,7	+8,2	+6,2	+4,3	-14,2	-9,3	-8,4
S7	68,1	+14,8	-	-	-8,5	-5,7	-7,2

Tabela 10 - Estatísticas descritivas para dB S/R nas 6 condições de teste do G2

Condição	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
AASI ^{BI}	7	+4,0	7,0	-6,8	+3,3	+14,8
AASI ^{DI}	6	+3,8	2,4	-0,1	+4,0	+6,2
AASI ^{ES}	6	+1,6	3,5	-3,9	+1,5	+6,2
AASI ^{BI FM}	7	-13,2	3,2	-17,8	-13,9	-8,5
AASI ^{DI FM} + AASI ^{ES}	7	-9,7	3,2	-14,6	-9,3	-5,7
AASI ^{ES FM} + AASI ^{DI}	7	-11,5	2,9	-14,8	-11,4	-7,2

Os perfis individuais e médio do grupo 2, nas seis condições de teste, estão representados na figura 7 e os dados da audiometria na tabela 11.

Figura 7 - Perfis individuais e médio em dB S/R do G2

Tabela 11 - Audiometria do Grupo 2

Sujeitos		Frequências							
		250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	3KHz	4KHz	6KHz	8KHz
S1	OD	-	45	80	85	80	75	-	-
	OE	-	50	85	80	80	70	-	-
S2	OD	20	15	35	65	70	100	105	ausente
	OE	20	20	25	65	70	70	80	95
S3	OD	65	60	55	65	65	60	35	15
	OE	30	35	50	45	35	25	30	30
S4	OD	45	50	55	50	50	60	55	45
	OE	35	40	55	55	60	60	55	50
S5	OD	35	35	65	75	60	60	65	60
	OE	40	35	55	75	60	55	65	55
S6	OD	35	35	40	50	70	85	ausente	ausente
	OE	40	50	55	50	40	35	75	80
S7	OD	75	75	85	85	85	75	70	70
	OE	75	75	90	85	85	60	80	75

Na análise de variância com medidas repetidas para o grupo 2, pelo menos uma das médias se mostrou significativamente diferente das demais ($p < 0,001$). Os resultados obtidos pelo método de *Tukey* no prosseguimento da análise encontram-se na tabela 12. Observa-se que houve diferença significativa entre as médias nas condições com FM e sem FM, sendo as médias com FM menores, melhores resultados, que as sem FM.

Tabela 12 - Resultados obtidos na comparação das médias do dB S/R nas 6 condições duas a duas pelo método de *Tukey* no G2

Comparação	Diferença	Erro padrão	p
$AASl^{BI} - AASl^{DI}$	0,2	1,52	0,998
$AASl^{BI} - AASl^{ES}$	2,4	1,52	0,876
$AASl^{DI} - AASl^{ES}$	2,2	1,56	0,723
$AASl^{BI} - AASl^{BIFM}$	17,2	1,46	<0,001
$AASl^{DI} - AASl^{BIFM}$	17	1,52	<0,001
$AASl^{BI} - AASl^{DI FM} + AASl^{ES}$	13,7	1,46	<0,001
$AASl^{DI FM} + AASl^{ES} - AASl^{BI FM}$	3,5	1,46	0,236
$AASl^{ES} - AASl^{BIFM}$	14,8	1,52	<0,001
$AASl^{BI} - AASl^{ES FM} + AASl^{DI}$	15,5	1,46	<0,001
$AASl^{ES FM} + AASl^{DI} - AASl^{BI FM}$	1,7	1,46	0,870
$AASl^{DI FM} + AASl^{ES} - AASl^{ES FM} + AASl^{DI}$	1,8	1,46	0,801

No grupo 2, apesar de também observarmos melhores resultados nas condições bilaterais sobre as condições unilaterais, as diferenças entre as médias não foram significantes tanto nas condições sem o Sistema de FM ($AASl^{BI} - AASl^{DI}$ e $AASl^{BI} - AASl^{ES}$), quanto nas condições com o sistema de FM ($AASl^{DI FM} + AASl^{ES} - AASl^{BI FM}$ e $AASl^{ES FM} + AASl^{DI} - AASl^{BI FM}$).

Na tabela 13 são encontrados valores de estatísticas descritivas para o dB S/R do grupo Controle e na tabela 14, os resultados individuais do grupo controle. Nota-se que todos os valores observados no Controle são negativos.

Tabela 13 - Estatísticas descritivas para dB S/R no Controle

N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
15	-6,16	2,55	-12,60	-5,90	-2,00

Tabela 14 - Resultados do grupo controle na condição de avaliação com ruído em ambas as orelhas

Sujeitos	OD+OE
S1	-6,4
S2	-6,6
S3	-5,9
S4	-9,2
S5	-3,9
S6	-2,0
S7	-5,8
S8	-7,4
S9	-6,1
S10	-4,8
S11	-8,2
S12	-12,6
S13	-3,5
S14	-5,0
S15	-5,0

Os valores individuais do dB S/R nas 6 condições experimentais no G1 e no Controle estão representados nos *dot-plots* na Figura 8. Nas condições com IC^{FM} observa-se que a distribuição do dB S/R é mais próxima à distribuição dessa variável no Controle.

Figura 8 - *Dot plots* do dB S/R nas 6 condições experimentais no G1 e no Controle

Os resultados obtidos na comparação das médias do dB S/R no G1 e Controle estão resumidos na tabela 15. São apresentados nessa tabela o valor observado da média da diferença nos dois grupos, o intervalo de confiança de 95% para a média da diferença e p-valor obtido no teste *t-Student*. Nota-se que não houve diferença significativa entre a média no Controle e as médias no G1 nas condições IC^{FM} + AASI^{FM} e IC^{FM} / AASI^{off}). Observamos uma diferença significativa entre a condição IC^{FM} + AASI^{S/FM}

(grupo 1) em comparação à resposta do grupo Controle Entretanto, as comparações das condições $IC^{FM}+AASI^{FM}$ e $IC^{FM}+AASI^{off}$ com a condição $IC^{FM}+AASI^{S/FM}$ não apresentaram diferenças estatisticamente significantes (Tabela 6).

Já entre as condições sem FM do G1 em comparação à média do grupo Controle, observamos diferenças significativas, com melhores respostas no grupo Controle.

Tabela 15 - Comparação do dB S/R no G1 e Controle: valor observado da média da diferença nos dois grupos, intervalo de confiança de 95% e p-valor obtido no teste t-Student

Comparação	Diferença	Intervalo de Confiança	t	p
IC + AASI - Controle	+11,66	7,15 ; 16,24	5,93	<0,001
IC apenas - Controle	+11,76	7,87 ; 15,73	6,79	<0,001
$IC^{FM} + AASI^{S/FM}$ - Controle	+4,7	0,07 ; 9,35	2,34	0,047
$IC^{FM} + AASI^{FM}$ - Controle	+1,96	-4,85 ; 8,82	0,69	0,514
$IC^{FM} / AASI^{off}$ - Controle	+4,16	-2,04 ; 10,29	1,58	0,158
$IC^{S/FM} AASI^{FM}$ - Controle	+11,46	7,33 ; 15,66	6,25	<0,001

Os valores individuais do dB S/R nas seis condições experimentais no G2 e no Controle estão representados nos *dot-plots* na Figura 9.

Figura 9 - Dot plots do dB S/R nas 6 condições experimentais no G2 e no Controle

Na tabela 16, são encontrados os resultados obtidos na comparação das médias do dB S/R no G2 e Controle. Observa-se que houve diferença significativa entre as médias no G2 e a média no Controle, sendo que nas condições sem FM a média no G2 foi maior que no Controle, e nas condições com FM a média no Controle foi maior que no G2.

Tabela 16 - Comparação do dB S/R no G2 e Controle: valor observado da média da diferença nos dois grupos, intervalo de confiança de 95% e p-valor obtido no teste t-Student

Comparação	Diferença	Intervalo de Confiança	p
AASI ^{BI} - Controle	+10,16	3,45 ; 16,87	0,010
AASI ^{DI} - Controle	+9,96	7,24 ; 12,65	<0,001
AASI ^{ES} - Controle	+7,76	3,98 ; 11,48	0,002
AASI ^{BI} + FM - Controle	-7,04	-10,09; -3,93	0,001
AASI ^{DI FM} + AASI ^{ES} - Controle	-3,53	-6,68 ; 0,38	0,032
AASI ^{ES FM} + AASI ^{DI} - Controle	-5,37	-8,21 ; -2,53	0,002

O presente estudo foi importante para analisar o benefício de uma tecnologia pouco utilizada no Brasil; porém, sua indicação tem aumentado gradativamente entre as pessoas usuárias de AASI e IC.

Os estudos internacionais apontam o sistema de FM como um dispositivo essencial para crianças deficientes auditivas, principalmente no ambiente escolar (Boothroyd e Iglehart, 1998; Davies et al., 2000; Gagné, 2001; Flexer, 2003^a; Flexer, 2003^b; Maggi e Prietro, 2005; Schafer e Thibodeau, 2006; Schafer e Kleineck, 2009; Lewis, 2010 e Thibodeau, 2010). Em contrapartida, poucos estudos relatam a efetividade da adaptação bilateral em comparação à adaptação unilateral do FM (Lewis et al., 2004; Schafer e Thibodeau, 2006).

Um dos objetivos do presente estudo foi avaliar o benefício do sistema de FM no reconhecimento de fala no ruído em crianças com audição bimodal. Os resultados apresentaram diferenças significativas entre as condições sem FM e com FM ($P < 0,001$ para 0,05 de significância). A média de melhora com o sistema de FM foi de 9,8dB na relação S/R entre as condições IC apenas e $IC^{FM} + AASI^{FM}$ e melhora de 9,7 dB na relação S/R entre as condições IC+AASI e $IC^{FM} + AASI^{FM}$ (Tabela 6).

Um estudo importante, disponível na literatura internacional e que contribuiu na elaboração desta dissertação, foi o desenvolvido por Schafer e Thibodeau (2006). Os autores relataram uma melhora no

reconhecimento de fala no ruído com o sistema de FM de 13.3dB a 16.2dB em comparação aos resultados apenas com o IC. O desempenho maior encontrado, em comparação aos achados neste estudo, pode ser explicado pelas diferenças no método utilizado na mensuração do reconhecimento de fala no ruído e o tipo de adaptação e amostra. O *Hint* requer um reconhecimento de fala em conjunto aberto, enquanto o material utilizado no estudo anterior exigiu um reconhecimento de fala em conjunto fechado. Além disso, a média de idade das crianças avaliadas na ativação do IC era inferior e elas possuíam adaptação bimodal e bilateral do IC.

O benefício do sistema de FM em crianças usuárias de IC também foi demonstrado nos estudos de Davies et al. (2001), Schafer e Thibodeau (2004), Lewis et al. (2004) e na meta-análise realizada por Schafer e Kleineck (2009), que evidenciou benefícios similares para adultos e crianças usuários de IC, sendo possível a comparação dos resultados entre as diferentes faixas etárias.

No que diz respeito ao uso unilateral ou bilateral do sistema de FM, em crianças com audição bimodal, apesar de ser observado um melhor desempenho com a adaptação bilateral do sistema de FM, diferença maior que 2dB relação S/R entre as condições IC^{FM} e $IC^{FM}+AASI^{FM}$, bem como entre as condições $IC^{FM}+AASI^{S/FM}$ e $IC^{FM}+AASI^{FM}$ (Tabela 6), no presente estudo a diferença não foi estatisticamente significativa. Contudo, também não houve diferença significativa nas condições unilateral e bilateral sem FM, ou seja, entre as condições IC apenas e IC+AASI.

Schafer e Thibodeau (2006) também não encontraram diferenças entre as condições unilateral e bilateral com e sem FM. As autoras observaram 1.1dB de melhora entre a adaptação unilateral e bilateral (sem FM) tanto para o grupo bimodal quanto para o grupo bilateral, sendo que essa diferença não foi significativa. No presente estudo, encontramos uma diferença menor entre essas condições (IC e IC+AASI), apenas 0,1dB relação S/R (Tabela 6). No entanto, similar ao que aqui constamos, as autoras referem que o arranjo das caixas de som utilizado para mensuração não permitiu avaliar os benefícios adicionais da adaptação bilateral, como: localização e redução do efeito sombra da cabeça, que, provavelmente, contribuiriam para melhores resultados da adaptação bilateral.

Na avaliação individual (Tabela 4), seis dos oito sujeitos (S1, S2, S3, S4, S6 e S8) apresentaram melhores respostas com a adaptação do FM em ambas as orelhas ($IC^{FM}+AASI^{FM}$) em comparação com a condição $IC^{FM}+AASI^{S/FM}$. As diferenças entre as duas condições ($IC^{FM}+AASI^{FM}$ e $IC^{FM}+AASI^{S/FM}$) variaram de 0,5dB relação S/R (S1) até 12,2 relação S/R (S2). Esses sujeitos apresentavam também um maior desempenho com o AASI (Tabela 8), não havendo diferenças com relação ao grau da perda auditiva (Tabela7).

No estudo de Schafer e Thibodeau (2006), seis das dez crianças usuárias de IC bilateral apresentaram melhores respostas com o sistema de FM em ambas as orelhas em comparação com a condição de adaptação unilateral do FM. No grupo bimodal, três das dez crianças apresentaram diferenças, maiores benefícios no uso do FM bilateral.

Esses resultados evidenciam que, na decisão entre adaptação unilateral ou bilateral do sistema de FM, para crianças com audição bimodal, é importante a análise individual, considerando o desempenho e uso do AASI na orelha contralateral. Contudo, os resultados mostram que, na decisão pelo uso unilateral do FM, a adaptação na orelha com melhor resposta apresenta maiores benefícios.

No presente estudo, o resultado na condição $IC^{S/FM} + AASI^{FM}$ (Tabela 4) foi semelhante aos resultados das condições sem FM (IC apenas e IC + AASI), não havendo diferença significativa no uso do FM nesta condição (Tabela 6). A diferença entre as condições $IC^{S/FM} + AASI^{FM}$ e $IC^{FM} + AASI^{S/FM}$ foi significativa, 6,8dB relação S/R (Tabela 6), ou seja, melhor resultado na adaptação do FM no IC. Esses dados também estão de acordo com o estudo de Schafer e Thibodeau (2006).

Os nossos resultados também apontam que, quanto melhor o desempenho da criança com o uso do IC e AASI, melhor também será o aproveitamento da tecnologia FM. Os sujeitos (S1, S2 e S3) que apresentaram boas respostas nas condições sem FM (Figura 6) apresentaram também as melhores respostas nas condições com FM, ou seja, maiores benefícios com o uso do sistema de FM. Por conseguinte, os sujeitos (S4, S5 e S8) com desempenho inferior nas condições sem FM, apenas IC e AASI, também apresentaram menores benefícios no uso do FM (Figura 6).

Boothroyd e Iglehart (1998) descreveram um maior benefício no uso do sistema de FM em adolescentes, com melhores respostas na discriminação de fala com AASI.

Entretanto, mais uma vez os resultados do presente estudo apontam a necessidade da avaliação individual da criança, visto que o sujeito S6 apresentou um excelente benefício no uso do sistema de FM, próximo aos sujeitos S1, S2 e S3, enquanto suas respostas nas condições sem FM foram semelhantes aos sujeitos S5 e S8.

No que diz respeito à comparação das condições com sistema de FM do grupo 1 em relação ao grupo controle (crianças normo-ouvintes), os resultados indicaram que o uso do sistema de FM em crianças com audição bimodal acarreta um reconhecimento de fala no ruído próximo às crianças normo-ouvintes (Figura 8), não havendo diferenças significativas nas respostas do grupo Controle com as condições $IC^{FM}+AASI^{FM}$ e $IC^{FM}+AASI^{off}$ do grupo 1 (Tabela 15).

Quanto ao desempenho no ruído de crianças normo-ouvintes (Tabelas 13 e 14) em comparação às crianças com audição bimodal (Tabela 5), os resultados do presente estudo confirmam que crianças com deficiência auditiva sensorineural, usuárias de IC, apresentam maiores dificuldades para compreender a fala na presença do ruído de fundo (Bevilacqua et al., 1996; Killion, 1997; Nelson e Soli, 2000; Davies et al., 2001; Frederigue e Bevilacqua, 2003; Moore, 2003; Schafer e Thibodeau, 2004; Nascimento e Bevilacqua, 2005; Shafer e Thibodeau, 2006; Santos et al., 2009; Wolfe et al., 2009). A diferença entre o grupo 1, nas condições

IC+AASI e IC apenas, e o grupo Controle foi maior que 11dB relação S/R (Tabela 15). Tal resultado está de acordo com o estudo de Nelson e Soli (2000), cujos autores evidenciam a necessidade de uma relação sinal/ruído de +12dB para crianças com deficiência auditiva sensorioneural.

A efetividade do Sistema de FM para crianças usuárias de AASI também foi um dos objetivos deste estudo. A análise dos resultados do grupo 2 evidenciou que o uso do sistema de FM em conjunto com o AASI produz benefícios estatisticamente significativos para crianças com deficiência auditiva de grau moderado e severo (Tabelas 11 e 12). O benefício do sistema de FM em crianças usuárias de AASI também foi reportado no estudo de Novaes et al. (1993), Boothroyd e Iglehart (1998), Barreira (2000), Anderson e Goldstein (2004), Jacob et al. (2010), Nguyen e Benther (2011).

No grupo 2, a média de diferença foi de 17,2 dB relação S/R (Tabela 12) entre a condição sem FM (AASI^{BI}) em comparação com a condição com FM (AASI^{BI+FM}). Moore (2003) referiu que, quando a relação S/R é estabelecida para 50% de acertos, o aumento de 1dB na relação S/R geralmente eleva a porcentagem de acertos de 7 a 19%. Assim sendo, o resultado do presente estudo revela a importância de considerar o uso do sistema de FM tanto para crianças com adaptação bimodal quanto para crianças com adaptação bilateral do AASI, para um melhor desempenho no reconhecimento de fala no ruído.

No que diz respeito à adaptação bilateral e unilateral do sistema de FM em crianças usuárias de AASI, observamos uma média de melhora de 1,7 e 1,8dB relação S/R (Tabela 12) na adaptação bilateral em comparação

à adaptação unilateral ($AASI^{BI} - AASI^{DI}$, $AASI^{BI} - AASI^{ES}$); porém, essa diferença não foi estatisticamente significativa. Na análise individual (Tabela 9), observamos que cinco dos sete sujeitos do grupo 1 (S2, S3, S4, S6 e S7) apresentaram uma melhor resposta na adaptação bilateral do FM em comparação à adaptação unilateral. O presente resultado, semelhante ao grupo 1, evidencia a importância da análise individual do sujeito no que diz respeito à adaptação unilateral e bilateral do Sistema de FM.

Em contrapartida, Lewis et al. (2004) observaram uma média de diferença de 3dB relação S/R, diferença estatisticamente significativa, na adaptação bilateral do FM em comparação com a adaptação unilateral em adultos usuários de AASI. Nesse estudo, também foram utilizadas as sentenças do HINT para mensuração, porém, apresentadas através de um CD *player*, e cada lista continha apenas dez sentenças. O ruído foi apresentado por meio de quatro caixas de som posicionadas a 45°, 135°, 225° e 315° azimuth, enquanto o presente estudo utilizou apenas uma caixa de ruído posicionada a 180° azimuth.

Os achados do presente estudo revelaram a necessidade de maiores pesquisas sobre a eficácia da adaptação unilateral e bilateral do FM, tanto para usuários de IC quanto para usuários de AASI. No caso de crianças, a avaliação do reconhecimento de fala no ruído de forma adaptativa, nível de dificuldade maior em comparação à avaliação do reconhecimento de fala no ruído com relação S/R fixa, pode ter sido um dos fatores pelo qual não foram observadas diferenças significativas entre a adaptação bilateral e unilateral. E isso ocorreu tanto no dispositivo de

amplificação e estimulação elétrica, quanto no uso destes em conjunto com o sistema de FM unilateral ou bilateral.

Similar ao grupo 1, os resultados do grupo 2 mostram que, quanto melhor o desempenho da criança, melhor também será a resposta com a tecnologia FM. O sujeito S7, com deficiência auditiva de grau severo (Tabela 11) e com o pior desempenho no reconhecimento de fala no ruído com o AASI (Figura 7), sendo possível a mensuração apenas com o AASI bilateral, também apresentou o pior desempenho com o FM.

Com relação aos achados do grupo 2 (Tabela 10), em comparação ao grupo Controle (Tabela 13), mais uma vez observamos que a deficiência auditiva sensorineural acarreta grandes dificuldades no reconhecimento de fala no ruído, mesmo com o uso da amplificação. Esses resultados estão de acordo com os estudos de Killion (1997a), Agnew (1999), Killion e Niquette (2000), Nelson e Soli (2000), Caporali e Silva (2004). No presente estudo foi verificada uma diferença de 10,16dB relação S/R entre a condição AASI^{BI} e o grupo Controle (Tabela 16); ou seja, para uma criança usuária de AASI, pode ser necessária uma melhora na relação S/R maior que 10dB, a fim de alcançar o mesmo grau de reconhecimento de fala de crianças normo-ouvintes.

Por outro lado, o uso do sistema de FM em conjunto com o AASI revelou um excelente benefício, visto que as respostas da maioria das crianças do grupo 2 foram melhores do que as do grupo Controle (Figura 9). Esses achados evidenciam a necessidade de melhorar a relação S/R até mesmo para crianças normo-ouvintes, pois o ruído interfere de modo negativo

no reconhecimento de fala e pode prejudicar a aprendizagem no ambiente escolar (Elliot, 1979; Soulodre et al., 1989; Agnew, 1999; Nelson e Soli, 2000, Couto e Lichtig, 2002; Flexer, 2003b; Caporali e Silva, 2004; Dreossi e Momensohn-Santos, 2005). O benefício do uso de sistemas de amplificação em campo, como os Sistemas de FM em campo para indivíduos normo-ouvintes, já foi reportado por diversos autores (Lewis, 1994; McSporran et al., 1997; Crandell, 1998; Flexer, 2002; Wolfe e Shafer, 2010).

É importante ressaltar que todas as crianças do presente estudo apresentaram melhores benefícios com o uso do sistema de FM em comparação com as condições sem FM, sendo a diferença dos resultados em ambas estatisticamente significantes.

Os resultados do presente estudo permitiram as seguintes conclusões:

1. O Sistema de FM pessoal, microfone sem fio para o AASI e/ou IC, beneficia o reconhecimento de fala no ruído de crianças com deficiência auditiva usuárias de AASI e ou IC.
2. O desempenho no reconhecimento de fala no ruído de crianças usuárias de AASI ou IC com o Sistema de FM aproxima-se daquele das crianças normo-ouvintes.
3. No que diz respeito às contribuições da adaptação unilateral e bilateral do FM, não houve diferenças entre ambas. Em contrapartida, como grande parte dos sujeitos apresentou benefícios com o uso do FM bilateral, sugerimos a avaliação individual da criança na tomada de decisão entre as duas adaptações.
4. Na indicação do uso do FM unilateral, a adaptação do receptor de FM na orelha com melhores limiares tonais e melhor discriminação de fala acarreta maiores benefícios.
5. O Sistema de FM pessoal não prejudica o desempenho da criança usuária de AASI e/ou IC, visto que todos os indivíduos apresentaram benefícios no reconhecimento de fala no ruído com o uso do Sistema de FM.

ANEXO 1

Ofício nº 31/2009-SVAPEPE-CEP

Bauru, 02 de abril de 2009.

Prezado(a) Senhor(a)

O projeto de pesquisa encaminhado a este Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, denominado ***“Benefício do sistema de frequência modulada em crianças usuárias de aparelhos de amplificação sonora individual e implantes cocleares”***, de autoria de **MICHELLE QUEIROZ ZATTONI** desenvolvido sob sua orientação, foi enviado ao relator para avaliação.

Na reunião de **31 de março de 2009**, o parecer do relator **aprovando o projeto**, foi aceito pelo Comitê, considerando que não existem infrações éticas pendentes para início da pesquisa. Solicitamos a V.Sa. a gentileza de comunicar o parecer ao(à) pesquisador(a) e anexar o presente ofício ao projeto pois o mesmo será necessário para futura publicação do trabalho.

O(A) pesquisador(a) fica responsável pela entrega na SVAPEPE – Apoio ao Projeto de Pesquisa dos relatórios semestrais, bem como, comunicar ao CEP todas as alterações que possam ocorrer no projeto.

Informamos que após o recebimento do trabalho concluído, este Comitê enviará o parecer final para publicação.

Atenciosamente,

PROFA. DRA. IZABEL MARIA MARCHI DE CARVALHO
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do HRAC-USP

Ilmo(a) Sr(a)
Prof^ª. Dr^ª. Maria Cecília Bevilácqua
CPA – USP

Rua Sílvio Marchione, 3-20 Bauru SP Brasil
Caixa Postal 1501 CEP 17.012-900
Tel. 55 14 3235 8421
E-mail: cep@centrinho.usp.br

ANEXO 2

Ofício nº 047/2010-SVAPEPE-CEP

Bauru, 22 de março de 2010.

Prezado(a) Senhor(a)

O projeto de pesquisa intitulado **"Benefício do sistema de frequência modulada em crianças usuárias de aparelhos de amplificação sonora individual e implantes cocleares"**, de autoria de V.Sa., foi aprovado pelo CEP em 31 de março de 2009. Na reunião realizada em **23 de fevereiro de 2010**, as alterações solicitadas, foram **aprovadas**.

Informamos que após o recebimento do trabalho concluído, este Comitê enviará um parecer final que poderá ser utilizado para publicação.

Atenciosamente,

PROFA. DRA. IZABEL MARIA MARCHI DE CARVALHO
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos do HRAC-USP

Ilmo(a) Sr(a)

MICHELLE QUEIROZ ZATTONI

A/C

Prof^o. Dr^a. Maria Cecília Bevilacqua

CPA – USP

Rua Sílvio Marchione, 3-20 Bauru SP Brasil
Caixa Postal 1501 CEP 17.012-900
Tel. 55 14 3235 8421
E-mail: cep@centrinho.usp.br

ANEXO 3

Serviço de apoio ao ensino, pesquisa e extensão
Seção de apoio à Pesquisa

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, o Sr. (a) _____

portador da cédula de identidade _____, responsável pelo paciente _____,

após leitura minuciosa deste documento, devidamente explicado pelos profissionais em seus mínimos detalhes, ciente dos serviços e procedimentos aos quais será submetido, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e explicado, firma seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO concordando em participar da pesquisa: “Benefício do Sistema de Frequência Modulada em crianças usuárias de aparelhos de amplificação sonora individual e Implantes Cocleares”, realizada por: Michelle Queiroz Zattoni, CRFa: 10327/SP, sob a orientação da Profa. Dra. Maria Cecília Bevilacqua, CRFa. 3695/SP que tem por objetivo avaliar se o sistema de frequência modulada, conhecido como sistema de FM, ajuda na compreensão da fala em locais com ruído. O Sistema de FM, utilizado pela criança, é como um microfone sem fio. O professor ou cuidador utiliza esse microfone sem fio próximo da sua boca e o som é encaminhado direto para uma peça conhecida como receptor que é conectada no aparelho auditivo e/ou implante coclear da criança. O som encaminhado pelo sistema de FM não tem interferência do ruído/barulho, do eco e não perde intensidade (volume) com a distância entre o professor ou cuidador e a criança. Com isso, esperamos que o sistema de FM auxilie o aparelho auditivo e/ou implante coclear em locais com ruído/barulho, eco ou quando o professor ou cuidador está distante, para que a criança com deficiência auditiva possa compreender melhor o professor ou cuidador.

A fim de avaliar se o sistema de FM auxilia ou não a compreensão da fala em locais com ruído/barulho, será realizada uma entrevista com os senhores responsáveis para obter dados da deficiência auditiva da criança, do desenvolvimento de fala e do uso do aparelho auditivo e /ou implante coclear. Após a entrevista a criança realizará um teste, no qual, ela será orientada a repetir frases ou palavras que escutar que serão transmitidas por uma caixa de som localizada a sua frente, enquanto outras caixas de som localizadas atrás da criança transmitirão um ruído/barulho. Este teste, que se chama “HINT”, será realizado dentro de uma sala com tratamento acústico, como as salas ou cabines utilizadas no teste que mede a

audição de uma pessoa, que chamamos de audiometria. O objetivo do teste “HINT” é avaliar a audição da pessoa em um local com ruído/barulho, por isso, ele simula uma situação bem parecida com a sala de aula. A criança realizará este teste com e sem o sistema de FM. Este teste é simples, rápido (demora em média uns 20 minutos) e não causa dor, desconforto ou risco a criança ou qualquer pessoa que a ele se submete. Os resultados encontrados nesta pesquisa podem mostrar se o sistema de FM ajuda ou não a criança a compreender a fala em locais com ruído/barulho.

O paciente e/ou responsável poderão solicitar a qualquer momento esclarecimento a qualquer dúvida ou esclarecimento acerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados à pesquisa.

O acesso aos resultados será livre, havendo a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento, sem qualquer prejuízo à continuidade do tratamento na Instituição.

Os dados obtidos durante a pesquisa serão sigilosos, sendo os mesmos utilizados apenas para fins científicos, publicados e divulgados em congressos e/ou revistas científicas. A identidade da criança não será divulgada, mantendo-se todas as informações em caráter confidencial.

"Caso o sujeito da pesquisa queira apresentar reclamações em relação a sua participação na pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, do HRAC-USP, pelo endereço Rua Silvio Marchione, 3-20 no Serviço de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão ou pelo telefone (14) 3235-8421".

Fica claro que o sujeito da pesquisa ou seu representante legal, pode a qualquer momento retirar seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar desta pesquisa ciente de que todas as informações prestadas tornar-se-ão confidenciais e guardadas por força de sigilo profissional (Art. 29 do Código de Ética Fonoaudiológico).

Por estarem de acordo assinam o presente termo.

Bauru-SP, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Sujeito da Pesquisa
ou responsável

Assinatura da Pesquisadora

Nome do Pesquisador Responsável: Michelle Queiroz Zattoni

Endereço do pesquisador: AV. Norberto Mayer, 136/51

São Paulo – SP CEP: 03425-040

Endereço institucional do pesquisador:

Rua Tianguá 136

São Paulo – SP CEP

Telefone: 11 2163-2339

e-mail: mifono7@yahoo.com.br

ANEXO 4

Serviço de apoio ao ensino, pesquisa e extensão

Seção de apoio à Pesquisa

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, o Sr. (a) _____ portador da cédula de identidade _____, responsável pelo paciente _____, **após leitura minuciosa deste documento, devidamente explicado pelos profissionais em seus mínimos detalhes, ciente dos serviços e procedimentos aos quais será submetido, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e explicado, firma seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO concordando em participar da pesquisa: “Benefício do Sistema de Frequência Modulada em crianças usuárias de aparelhos de amplificação sonora individual e Implantes Cocleares”, realizada por: Michelle Queiroz Zattoni, CRFa: 10327/SP, sob a orientação da Profa. Dra. Maria Cecília Bevilacqua, CRFa. 3695/SP que tem por objetivo avaliar a compreensão da fala em locais com ruído de crianças com dificuldades auditivas.**

O presente estudo tem como objetivo verificar as dificuldades de compreensão de fala das crianças em locais com ruído/barulho. Para isso, será realizado um teste simples, no qual, a criança é orientada a repetir frases ou palavras que escutar que serão transmitidas por uma caixa de som localizada a sua frente, enquanto outra caixa de som localizada atrás da criança transmitirá um ruído/barulho. Este teste, que se chama “HINT”, é realizado dentro de uma sala com tratamento acústico, como as salas ou cabines utilizadas no teste que mede a audição de uma pessoa. O objetivo da aplicação do teste HINT é buscar informações sobre a audição no ruído/barulho de crianças ouvintes e crianças com dificuldades auditivas. O teste é rápido (demora em média uns 20 minutos) e não causa dor, desconforto ou risco a criança ou qualquer pessoa que a ele se submete. Os resultados encontrados neste teste nos auxiliarão a entender a audição no ruído/barulho de crianças ouvintes.

A criança e/ou responsável poderão solicitar a qualquer momento esclarecimento a qualquer dúvida ou esclarecimento acerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados à pesquisa.

O acesso aos resultados será livre, havendo a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento, sem qualquer prejuízo à continuidade do tratamento na Instituição.

Os dados obtidos durante a pesquisa serão sigilosos, sendo os mesmos utilizados apenas para fins científicos, publicados e divulgados em congressos e/ou revistas científicas. A identidade da criança não será divulgada, mantendo-se todas as informações em caráter confidencial.

"Caso o sujeito da pesquisa queira apresentar reclamações em relação a sua participação na pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, do HRAC-USP, pelo endereço Rua Silvio Marchione, 3-20 no Serviço de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão ou pelo telefone (14) 3235-8421".

Fica claro que o sujeito da pesquisa ou seu representante legal, pode a qualquer momento retirar seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar desta pesquisa ciente de que todas as informações prestadas tornar-se-ão confidenciais e guardadas por força de sigilo profissional (Art. 29 do Código de Ética Fonoaudiológico).

Por estarem de acordo assinam o presente termo.

Bauru-SP, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Sujeito da Pesquisa
ou responsável

Assinatura da Pesquisadora

Nome do Pesquisador Responsável: Michelle Queiroz Zattoni
Endereço do pesquisador: AV. Norberto Mayer, 136/51
São Paulo – SP CEP: 03425-040

Endereço institucional do pesquisador: Rua Tianguá 136
São Paulo – SP CEP
Telefone: 11 2163-2339
e-mail: mifono7@yahoo.com.br

ANEXO 5

CATEGORIAS DE LINGUAGEM¹

CATEGORIA 1

A criança não fala e pode apresentar vocalizações indiferenciadas.

CATEGORIA 2

A criança fala apenas palavras isoladas.

CATEGORIA 3

A criança constrói frases de 2 ou 3 palavras.

CATEGORIA 4

A criança constrói frases de 4 ou 5 palavras, e inicia o uso de elementos conectivos (pronomes, artigos, preposições).

CATEGORIA 5

A criança constrói frases de mais de 5 palavras, usando elementos conectivos, conjugando verbos, usando plurais, etc. É uma criança fluente na linguagem oral.

¹ Bevilacqua MC, Delgado EMC, Moret ALM. Estudos de casos clínicos de crianças do Centro Educacional do Deficiente Auditivo (CEDAU), do Hospital de Pesquisas e Reabilitação de Lesões Lábio-Palatais - USP. In: Costa OA, Bevilacqua MC. (organizadores). XI Encontro Internacional de Audiologia. Anais; 1996 Mar. 30 - Abr. 02; Bauru, Brasil. p. 187.

ANEXO 6

SPEECH PERCEPTION CATEGORIES - CATEGORIAS DE AUDIÇÃO²

CATEGORY 0: No Detection of Speech

The child does not reliably demonstrate detection of speech at normal conversational levels (i.e., aided Speech Detection Threshold > 65dB HL).

CATEGORY 1: Detection

The child detects the presence of a speech signal.

CATEGORY 2: Pattern Perception

The child differentiates words with different temporal or stress patterns (e.g., dog vs. airplane vs. baby vs. birthday cake).

CATEGORY 3: Beginning Word Identification

The child differentiates among a closed set of words on the basis of phoneme information rather than overall pattern alone. This skill may be demonstrated with words which are identical in duration and stress but contain multiple spectral differences (e.g., toothbrush vs. hot dog vs. airplane vs. lunchbox).

CATEGORY 4: Word Identification through Consonant Recognition

The child differentiates among a closed set of words which differ primarily in their vowel sounds (e.g., bird, boat, bike, bat).

CATEGORY 5: Word Identification through Consonant Recognition

The child differentiates among a closed set of words which have the same vowel sound but contain different consonants (e.g., hair, pear, chair, stair).

CATEGORY 6: Open set Word Recognition

The child is able to listen to words presented out of context and extract enough phoneme information to recognize the word through audition alone.

² Geers A. Techniques for Assessing Auditory Speech Perception and Lipreading Enhancement in Young Deaf Children. Volta Rev. 1994;96(5):85-96.

ANEXO 7**Avaliação HINT Grupo 1 – ficha 1**

Nome:	Sexo: () M () F
Cidade:	Estado:

Aplicação:

Sinal - 0º Azimute

Ruído – 180º. Azimute : ruído fixo em 65dBNA

Distância entre caixas de som e paciente – 1 metro

Resultados:

Situações	Relação sinal/ruído
Fala no silêncio com AASI e IC:	Limiar
Fala no ruído com AASI e IC:	
Fala no ruído apenas com IC:	
Fala no ruído com IC ^{FM} e AASI:	
Fala no ruído com AASI ^{FM} e IC ^{FM} :	
Fala no ruído com IC ^{FM} e AASI off:	
Fala no ruído com AASI ^{FM} e IC:	

Data da avaliação: ____/____/____

Fonoaudiólogo
Assinatura e carimbo

ANEXO 8**Avaliação HINT Grupo 1 – ficha 2**

Nome:	Sexo: () M () F
Cidade:	Estado:

Aplicação:

Sinal - 0º Azimute

Ruído – 180º. Azimute : ruído fixo em 65dBNA

Distância entre caixas de som e paciente – 1 metro

Resultados:

Situações	Relação sinal/ruído
Fala no silêncio com AASI e IC:	Limiar
Fala no ruído com IC ^{FM} e AASI:	
Fala no ruído com AASI ^{FM} e IC ^{FM} :	
Fala no ruído com IC ^{FM} e AASI off:	
Fala no ruído com AASI ^{FM} e IC:	
Fala no ruído com AASI e IC:	
Fala no ruído apenas com IC:	

Data da avaliação: ____/____/____

Fonoaudiólogo
Assinatura e carimbo

ANEXO 9**Avaliação HINT Grupo 1 – ficha 3**

Nome:	Sexo: () M () F
Cidade:	Estado:

Aplicação:

Sinal - 0º Azimute

Ruído – 180º. Azimute : ruído fixo em 65dBNA

Distância entre caixas de som e paciente – 1 metro

Resultados:

Situações	Relação sinal/ruído
Fala no silêncio com AASI e IC:	Limiar
Fala no ruído com IC ^{FM} e AASI:	
Fala no ruído com AASI ^{FM} e IC ^{FM} :	
Fala no ruído com AASI e IC:	
Fala no ruído apenas com IC:	
Fala no ruído com IC ^{FM} e AASI off:	
Fala no ruído com AASI ^{FM} e IC:	

Data da avaliação: ____/____/____

Fonoaudiólogo
Assinatura e carimbo

ANEXO 10**Avaliação HINT Grupo 1 – ficha 4**

Nome:	Sexo: () M () F
Cidade:	Estado:

Aplicação:

Sinal - 0º Azimute

Ruído – 180º. Azimute : ruído fixo em 65dBNA

Distância entre caixas de som e paciente – 1 metro

Resultados:

Situações	Relação sinal/ruído
Fala no silêncio com AASI e IC:	Limiar
Fala no ruído com AASI e IC:	
Fala no ruído com AASI ^{FM} e IC ^{FM} :	
Fala no ruído apenas com IC:	
Fala no ruído com IC ^{FM} e AASI off:	
Fala no ruído com IC ^{FM} e AASI:	
Fala no ruído com AASI ^{FM} e IC:	

Data da avaliação: ____/____/____

Fonoaudiólogo
Assinatura e carimbo

ANEXO 11**Avaliação HINT Grupo 2 – ficha 1**

Nome:	Sexo: () M () F
Cidade:	Estado:

Aplicação:

Sinal - 0º Azimute

Ruído – 180º. Azimute : ruído fixo em 65dBNA

Distância entre caixas de som e paciente – 1 metro

Resultados:

Situações	Relação sinal/ruído
Fala no silêncio com AASI bi:	Limiar
Fala no ruído com AASI bi:	
Fala no ruído com AASI Direito:	
Fala no ruído com AASI Esquerdo:	
Fala no ruído com AASI Bi + FM:	
Fala no ruído com AASI di ^{FM} e AASI es:	
Fala no ruído com AASI es ^{FM} e AASI di:	

Data da avaliação: ____/____/____

Fonoaudiólogo
Assinatura e carimbo

ANEXO 12**Avaliação HINT Grupo 2 – ficha 2**

Nome:	Sexo: () M () F
Cidade:	Estado:

Aplicação:

Sinal - 0º Azimute

Ruído – 180º. Azimute : ruído fixo em 65dBNA

Distância entre caixas de som e paciente – 1 metro

Resultados:

Situações	Relação sinal/ruído
Fala no silêncio com AASI bi:	Limiar
Fala no ruído com AASI Bi + FM:	
Fala no ruído com AASI di ^{FM} e AASI es:	
Fala no ruído com AASI es ^{FM} e AASI di:	
Fala no ruído com AASI bi:	
Fala no ruído com AASI Direito:	
Fala no ruído com AASI Esquerdo:	

Data da avaliação: ____/____/____

Fonoaudiólogo
Assinatura e carimbo

ANEXO 13**Avaliação HINT Grupo 2 – ficha 3**

Nome:	Sexo: () M () F
Cidade:	Estado:

Aplicação:

Sinal - 0° Azimute

Ruído – 180°. Azimute : ruído fixo em 65dBNA

Distância entre caixas de som e paciente – 1 metro

Resultados:

Situações	Relação sinal/ruído
Fala no silêncio com AASI bi:	Limiar
Fala no ruído com AASI Bi + FM:	
Fala no ruído com AASI bi:	
Fala no ruído com AASI Direito:	
Fala no ruído com AASI di ^{FM} e AASI es:	
Fala no ruído com AASI Esquerdo:	
Fala no ruído com AASI es ^{FM} e AASI di:	

Data da avaliação: ____/____/____

Fonoaudiólogo
Assinatura e carimbo

ANEXO 14**Avaliação HINT Grupo 2 – ficha 4**

Nome:	Sexo: () M () F
Cidade:	Estado:

Aplicação:

Sinal - 0º Azimute

Ruído – 180º. Azimute : ruído fixo em 65dBNA

Distância entre caixas de som e paciente – 1 metro

Resultados:

Situações	Relação sinal/ruído
Fala no silêncio com AASI bi:	Limiar
Fala no ruído com AASI bi:	
Fala no ruído com AASI Bi + FM:	
Fala no ruído com AASI Direito:	
Fala no ruído com AASI di ^{FM} e AASI es:	
Fala no ruído com AASI Esquerdo:	
Fala no ruído com AASI es ^{FM} e AASI di:	

Data da avaliação: ____/____/____

Fonoaudiólogo
Assinatura e carimbo

ANEXO 15**Avaliação HINT Grupo Controle**

Nome:	Sexo: () M () F
Cidade:	Estado:

Aplicação:

Sinal - 0º Azimute

Ruído – 180º. Azimute: ruído fixo em 65dBNA

Distância entre caixas de som e paciente – 1 metro

Resultados:

Situações	Relação sinal/ruído
Fala no silêncio:	Limiar
Fala no ruído:	

Data da avaliação: ____/____/____

Fonoaudiólogo
Assinatura e carimbo

ANEXO 16

Apêndice técnico

▪ Análise do G1

Valor observado da estatística F na análise de variância com medidas repetidas: $F_{5,35} = 10,28$

Teste de Mauchly: $p=0,355$

Figura A.1 - Gráfico de probabilidade normal dos resíduos

ANEXO 17

Apêndice técnico

▪ Análise do G2

Valor observado da estatística F na análise de variância com medidas repetidas: $F_{2,12} = 62,69$
Teste de Mauchly: $p < 0,001$

Figura A.2 - Gráfico de probabilidade normal dos resíduos

8 REFERÊNCIAS

Agnew J. Challenges and some solutions for understanding speech in noise. *Hear Rev.* 1999;3(Suppl):4-9.

Almeida K, Santos TMM. Seleção e adaptação de próteses auditivas em crianças. In: Almeida K, Iorio MCM. *Próteses auditivas: fundamentos teóricos e aplicações clínicas*. São Paulo: Lovise, 2003. p. 357- 80.

American Academy of Audiology. Clinical Practice Guidelines: remote microphone hearing assistance technologies for children and youth from birth to 21 years. 2008. [cited 2011 apr. 4] Available from: http://www.audiology.org/resources/documentlibrary/Documents/HAT_Guidelines_Supplement_A.pdf.

Anderson KL, Goldstein H. Speech Perception Benefits of FM and infrared devices to children with hearing aids in a typical classroom. *Lang Speech Hear Serv Sch.* 2004;35: 169-84.

American Speech-Language-Hearing Association. Guidelines for fitting and monitoring fm systems. 2002 [cited 2011 nov. 25]. Available from: <http://www.asha.org/docs/html/GL2002-00010.html>.

American Speech-Language-Hearing Association. Acoustics in educational settings: position statement. 2005. [cited 2011 apr. 4]. Available from: <http://www.asha.org/docs/html/PS2005-00028.html>.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico - procedimentos. Rio de Janeiro; 1987.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11 957: Reverberação – análise do tempo de reverberação em auditórios. Rio de Janeiro; 1988.

Barreira CSC. Padronização das condições de uso do sistema de FM em campo: um estudo com crianças deficientes auditivas [dissertação]. Bauru: Universidade de São Paulo, Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais; 2005.

Bevilacqua MC, Formigone GMP, Silveira TS, Godoy LAF, Ferrari D. Tudo sobre FM. In: *Textos didáticos do seminário sobre sistema de frequência modulada: conceituação, caracterização e indicação*. Bauru: Hospital de Pesquisa e Reabilitação de Lesões Lábio-Palatais, Universidade de São Paulo; 1996a. p. 1-6.

Bevilacqua MC, Delgado EMC, Moret ALM. Estudos de casos clínicos de crianças do Centro Educacional do Deficiente Auditivo (CEDAU), do Hospital de Pesquisas e Reabilitação de Lesões Lábio-Palatais - USP. In: Costa OA, Bevilacqua MC. *Organizadores. XI Encontro Internacional de Audiologia*. Anais; Mar. 30 - Abr. 02; Bauru, Brasil; 1996b. p. 187.

Bevilacqua MC, Banhara MR, Costa EA, Vignoly AB, Alvarenga KF. The brazilian portuguese Hearing Noise Teste. *J Audiol*. 2008;47: 364-65.

Boothroyd A, Iglehart F. Experiments with classroom FM amplification. *Ear Hear*. 1998;19(3): 202-17.

Bevilacqua MC, Banhara MR, Da Costa EA, Vignoly AB, Alvarenga KF. The brazilian portuguese hearing in noise test. *Int J Audiol*. 2008;47(6):364-5.

Campos CAH, Russo ICP, Almeida K. Indicação, seleção e adaptação de próteses auditivas: princípios gerais. In: Almeida K, Iorio MCM. *Próteses auditivas: fundamentos teóricos e aplicações clínicas*. São Paulo: Lovise; 2003. p. 35-53.

Caporali SA, Silva JA. Reconhecimento de fala no ruído em jovens e idosos com perda auditiva. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2004;70(4):525-32.

Chung K. Challenges and recent developments in hearing aids: Part I. speech understanding in noise, microphone technologies and noise reduction algorithms. *Trends Amplif.* 2004;8(3):83-124.

Couto MIV, Lichtig I. Ruído e reverberação: estudo comparativo entre faixas etárias em crianças ouvintes. *Temas Desenvolv.* 2002;11(63):22-9.

Crandell CC. Using sound field FM amplification in the educational setting. *Hear J.* 1998;51(5):10-9.

Crandell CC, Smaldino JJ. Classroom acoustics for children with normal hearing and with hearing impairment. *Lang Speech Hear Serv Sch.* 2000;31:362-70.

Davies MG, Yellon L, Purdy SC. Speech-in-noise perception of children using cochlear implants and FM systems. *Aust N Z J Audiol.* 2001;23(1):52-62.

Dreossi RCF, Momensohn-Santos T. O ruído e sua interferência sobre estudantes em uma sala de aula: revisão de literatura. *Pro-Fono.* 2005;17(2):251-8.

Elliot LL. Performance of children aged 9 to 17 years on a test of speech intelligibility in noise using sentence material with controlled word predictability. *J Acoust Soc Am.* 1979;66(3):651-3.

Ferreira ABH. Novo Dicionário da Língua Portuguesa. São Paulo: Nova Fronteira; 1986. p.1527.

Fitzpatrick EM, Fournier P, Séguin C, Armstrong S, Chénier J, Schramm D. Users' perspectives on the benefits of FM systems with cochlear implants. *Int J Audiol.* 2010;49:44-53.

Flexer C. Rationale and use of soundfield systems: an update. *Hear J.* 2002;55(8):10-8.

Flexer C. Candidacy and FM applications – participant surveys. In: Fabry D, Johnson CD. *Acess: achieving clear communication employing sound solutions. Proceedings for the First International FM Conference.* Chicago: Cambrian Printers; 2003a. p. 89- 91.

Flexer C. Integrating sound distribution systems and personal FM technology. In: Fabry D, Johnson CD. *Acess: achieving clear communication employing sound solutions. Proceedings for the First International FM Conference.* Chicago: Cambrian Printers; 2003b. p. 121- 9.

Frederique NB, Bevilacqua MC. Otimização da percepção da fala em deficientes auditivos usuários do sistema de implante coclear multicanal. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2003;69(2): 227-33.

Gabbard SA. The use of FM technology for Infants and Young Children. In: Fabry D, Johnson CD. *Acess: achieving clear communication employing sound solutions. Proceedings for the First International FM Conference.* Chicago: Cambrian Printers; 2003. p. 93-9.

Gagné JP. Audiovisual-FM system is found more beneficial in classroom than auditory-only. *Hear J.* 2001;54(1):48-51.

Geers A. Techniques for assessing auditory speech perception and lipreading enhancement in young deaf children. *Volta Rev.* 1994;96(5):85-96.

Gonçalves VSB, Silva LB, Coutinho AS. Ruído como agente comprometedor da inteligibilidade de fala dos professores. *Produção.* 2009;19(3):466-76.

Hällgren M, Larsby B, Lyxell B, Arlinger S. Speech understanding in quiet and noise, with and without hearing aids. *Int J Audiol.* 2005;44(10):574-83.

Henriques MO, Miranda EC, Costa MJ. Speech recognition thresholds in noise áreas: reference values for normal hearing adults. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2008;74(2):188-92.

Jacob RTS, Molina SV, Amorim RB, Bevilacqua MC, Lauris JRP, Moret ALM. FM listening evaluation for children: adaptação para língua portuguesa. *Rev Bras Educ Esp*. 2010;16(3):359-74.

Jacob RTS, Queiroz-Zattoni M. Sistema de frequência modulada. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen SA, Pupo AC, Reis ACMB, Frota S. *Tratado de audiologia*. São Paulo: Santos, 2011. p. 727-43.

Jaroszewski GC, Zeigelboim BS, Lacerda A. Ruído escolar e sua implicação na atividade de ditado. *Rev CEFAC*. 2007;9(1):122-32.

Knecht HA, Nelson PB, Whitelaw GM, Feth LL. Background noise levels and reverberation times in unoccupied classrooms: predictions and measurements. *Am J Audiol*. 2002;11:65-71.

Killion MC. Hearing aids: past, present, future: moving toward normal conversations in noise. *Br J Audiol*. 1997a;31(3):141-8.

Killion MC. The SIN report: circuits haven't solved the hearing-in-noise problem. *Hear J*. 1997b;50(10):28-34.

Killion MC, Niquette PA. What can the pure-tone audiogram tell us about a patient's SNR loss? *Hear J*. 2000;53(3):46-53.

Klodzinski D, Arnas F, Ribas A. O ruído em salas de aula de Curitiba: como os alunos percebem este problema. *Rev Psicopedagogia*. 2005;22(68):105-10.

Kochkin S. Mark Track V: Consumer satisfaction revisited. *Hear J*. 2000;53(1):38-55.

Kuk F, Ludvigsen C, Paludan-Müller C. Improving hearing aid performance in noise: challenges and strategies. *Hear J*. 2002;55(4):34-46.

Leung SWH, McPherson B. Classrooms for children with developmental disabilities: sound-field and public address amplification systems compared. *Int J Disabil Dev Educ*. 2006;53(3):287-99.

Lewis DE. Assistive devices for classroom listening. *Am J Audiol*. 1994;3(1): 58-69.

Lewis MS, Crandell CC, Valente M, Horn JE. Speech perception in noise: directional microphones versus frequency modulation (FM) systems. *J Am Acad Audiol*. 2004;15(6):426-39.

Lewis MS, Valente M, Horn JE, Crandell C. The effects of hearing aids and frequency modulation technology on results from the communication. *J Am Acad Audiol*. 2005; 16(4): 250-61.

Lewis D. Individual FM systems for children: Where are we now?. *Perspect Hear Hear Disord Child*. 2010; 20: 56-62.

Libardi A, Gonçalves CGO, Vieira TPG, Silverio KCA, Rossi D, Penteado RZ. O ruído em sala de aula e a percepção dos professores de uma escola de ensino fundamental de Piracicaba. *Distúrb comun*. 2006;18(2):167-78.

Lins FAC, Oliveira ES. A tecnologia dos sistemas de frequência modulada como recurso para a inclusão do portador de deficiência auditiva no ensino regular [on line]. Trabalho apresentado no I Seminário ATIID – Acessibilidade, Tecnologia da Informação e Inclusão Digital; São Paulo; 2001 [acesso em 20 jun 2010]. Disponível em: <http://fsp.usp.br/acessibilidade>.

Luts H, Maj JB, Soede W, Wouters J. Better speech perception in noise with an assistive multimicrophone array for hearing aids. *Ear Hear*. 2004;25(5):411-20.

Maggi MM, Prieto JCC. Utilización de los sistemas de FM en el contexto escolar. *Rev Logop foniatr Audiol*. 2005;25(2):84-94.

Madell JR. Do I really need an FM system? *Hear J*. 2010;63(7):32-3.

McFarland WH. Próteses auditivas e compreensão da fala. In: Almeida K, Iorio MCM. *Próteses auditivas: fundamentos teóricos e aplicações clínicas*. São Paulo: Lovise; 2003. p. 17-34.

McSporran E, Butterworth Y, Rowson VJ. Sound Field Amplification and listening behaviour in the classroom. *Br Educ Res J*. 1997;23(1):81-96.

Moore BCJ. Speech processing for the hearing-impaired: successes, failures, and implications for speech mechanisms. *Speech Commun*. 2003;41:81-91.

Nascimento LT, Bevilacqua MC. Avaliação da percepção da fala com ruído competitivo em adultos com implante coclear. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2005;71(4): 432-8.

Nelson PB, Soli S. Acoustical barriers to learning: children at risk in every classroom. *Lang Speech Hear Serv Sch*. 2000;31:356-61.

Neter J, Kutner MH, Nachtsheim CJ, Li W. Applied linear statistical models. 5th ed. Chicago: Irwin; 2005.

Neuman AC, Wroblewski M, Hajicek j, Rubinstein A. Combined effects of noise and reverberation on speech recognition performance of normal-hearing children and adults. *Ear Hear*. 2010;31(3):336-344.

Nguyen H, Bentler R. Optimizing FM systems: verification of device function at fitting and follow-up preserves advantages of use. The ASHA Leader. 2011. [cited 2012 jan 10] Available from: <http://www.asha.org/Publications/leader/>

2011/ 111011/ Optimizing-FM-Systems—Verification-of-Device-Function-at-Fitting-and-Follow-Up-Preserves-Advantages-of-Use.htm.

Nilsson M, Soli SD, Sullivan JA. Development of the Hearing in noise test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *J Acoust Soc Am*. 1994;95(2):1085-99.

Novaes BCAC, Balieiro CR, Pupo AC, Ficker LB, Sprenger AMA. Sistema de amplificação com transmissão por FM na deficiência auditiva: influência do ruído ambiental. *Distúrb. comun*. 1993;5(2):259-73.

Palmer CV. Hearing and listening in a typical classroom. *Lang Speech Hear Ser Sch*. 1997;28:213-8.

Riccketts TA, Hornsby BWY. Sound quality measures for speech in noise through a commercial hearing aid implementing digital noise reduction. *J AM Acad Audiol*. 2005;16(5):270-7

Ross M. FM systems: a little history and some personal reflections. In: Fabry D, Johnson CD. *Acess: achieving clear communication employing sound solutions*. Proceedings for the First International FM Conference. Chicago: Cambrian Printers; 2003. p. 17- 27.

Santos KTP, Fernandes JC, Amorim RB, Bevilacqua MC. Avaliação da percepção da fala no ruído em diferentes posições em adultos com implante coclear. *Arq Int Otorrinolaringol*. 2009;13(1):16-23.

Santos SN, Petry T, Costa MJ. Índice percentual de reconhecimento de sentenças no silêncio e no ruído: efeitos da aclimatização no indivíduo avaliado sem as próteses auditivas. *Rev CEFAC*. 2010;12(5):733-40.

Schafer EC, Thibodeau LM. Speech recognition abilities of adults using cochlear implants with FM systems. *J Am Acad Audiol*. 2004;15: 678-91.

Schafer EC. Improving speech recognition in noise of children with cochlear implants: contributions of binaural input and FM systems [thesis]. Dallas: The University of Texas; 2005.

Schafer EC, Thibodeau LM. Speech recognition in noise in children with cochlear implants while listening in bilateral, bimodal, and FM-system arrangements. *Am J Audiol*. 2006; 15:114-26.

Schafer EC, Kleineck MP. Improvements in speech recognition using cochlear implants and three types of FM systems: a meta-analytic approach. *J Educ Audiol*. 2009;15:4-14.

Silva LF, Moraes RGM. Análise da qualidade acústica das salas de aula das escolas públicas municipais da Itajubá-MG. *Rev Tecnol*. 2009;30(2):175-87.

Soli SD, Wong LLN. Assessment of speech intelligibility in noise with the hearing in noise test. *Int J Audiol*. 2008;47(6):356-61.

Soulodre GA, Popplewell N, Bradley JS. Combined effects of early reflections and background noise on speech intelligibility. *J Sound Vib*. 1989;135(1):123-33.

Thibodeau L. Terminology and Standardization. In: Fabry D, Johnson CD. *Acess: achieving clear communication employing sound solutions*.

Proceedings for the first international FM conference. Chicago: Cambrian Printers; 2003. p. 75- 87.

Thibodeau L. Hearing assistance technology (HAT) can optimize communication. *Hear J*. 2004;57(11):11.

Thibodeau L. Benefits of adaptive FM systems on speech recognition in noise for listeners who use hearing aids. *Am J audiol*. 2010;19:36-45.

Valente M, Sweeton R, May A. Using microphone technology to improve speech recognition. *Hear Rev*. 1999;3(Suppl):10-3.

Weiss D, Dempsey JJ. Performance of bilingual speakers on the English and Spanish versions of the hearing in noise test (HINT). *J Am Acad Audiol*. 2008; 19(1):5-17.

Wolfe J, Schafer EC, Heldner B, Mülder H, Wards E, Vincent B. Evaluation of speech recognition in noise with cochlear implants and dynamic FM. *J Am Acad Audiol*. 2009;20(7):409-21.

Wolfe J, Shafer EC. Candidacy and device options: personal amplification systems for school-aged children. *Semin Hear*. 2010;31(3): 203-18.

World Health Organization – WHO. Guidelines for community noise. Geneva. 1999. [cited 2011 dec 29]. Available from: <http://www.who.int/docstore/peh/noise/Commnoise4.htm>.

Zannin PHT, Ferreira AM, Zwirter DP, Nunes ELS, Stumm SB, Töws M. Comparação entre tempos de reverberação calculados e medidos. *Ambient Constr*. (Online). 2005;5(4): 75-85.