

O USO DA ELETROGLOTOGRAFIA, ELETROMIOGRAFIA, ESPECTROGRAFIA E ULTRASSOM NOS ESTUDOS DE FALA – REVISÃO TEÓRICA

The use of electroglottography, electromyography, spectrography and ultrasound in speech research – theoretical review

Fernanda Wiethan ⁽¹⁾, Marizete Ilha Ceron ⁽¹⁾, Paula Marchetti ⁽¹⁾,
Vanessa Giacchini ⁽¹⁾, Helena Bolli Mota ⁽²⁾

RESUMO

O emprego de novas tecnologias na avaliação e terapia de fala a partir de uma revisão de artigos publicados nos últimos 5 anos é o tema deste estudo, que tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica dos estudos nacionais e internacionais que utilizaram os recursos: eletroglotografia, espectrografia, ultrassonografia e eletromiografia na avaliação e terapia das alterações de fala. Existe um crescente interesse da inserção desses recursos nos estudos de fala, contudo, os trabalhos existentes que os correlacionam ainda são escassos.

DESCRITORES: Fonação; Eletromiografia; Ultrassonografia; Espectrografia; Acústica da Fala

■ INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, cada vez mais os avanços tecnológicos têm sido empregados na área da saúde. Na Fonoaudiologia, especificamente na área de fala, não é diferente, pois é crescente o número de trabalhos utilizando recursos como eletroglotografia, eletromiografia, espectrografia e ultrassonografia.

A eletroglotografia por ser um método objetivo e não invasivo é amplamente utilizada para investigar funções vibratórias das pregas vocais em adultos com e sem distúrbios da voz ¹⁻³. Mais recentemente esse método começou a ser aplicado para avaliar as alterações de fala em crianças, principalmente as alterações de sonoridade.

A eletromiografia é mais conhecida nas áreas de Motricidade Orofacial e Voz, porém é crescente o número de estudos aplicando-a na área de fala. Nesta área, a eletromiografia aparece em estudos que mostram a fisiologia ⁴⁻⁶ e também

algumas patologias como Doença de Parkinson ⁷ e mialgia ⁸. No Brasil, a maior aplicação deste recurso ocorre nas pesquisas em gagueira ⁹⁻¹⁴.

A espectrografia, por muito tempo foi usada quase que exclusivamente para avaliação da voz. Contudo, a necessidade de transcrições mais precisas e maior descrição dos componentes fonéticos a inseriram nos estudos de fala. A espectrografia tem o potencial de fornecer meios quantitativos, objetivos e precisos para ajudar a refletir a presença, a gravidade e as características dos distúrbios de fala e ajudar a monitorar os progressos ou regressos durante a doença, reabilitação ou tratamento dos transtornos de fala ¹⁵.

Da mesma forma que os demais recursos mencionados, a ultrassonografia na Fonoaudiologia é utilizada principalmente na área da Motricidade Orofacial e Voz. Porém, atualmente, o método ultrassonográfico está sendo utilizado na área da fala, principalmente para monitorar a movimentação da língua durante a articulação, assim como, de forma terapêutica na área da linguagem para verificar a lateralização hemisférica durante a fala. A ultrassonografia baseia-se no fenômeno de interação do som e dos tecidos, ou seja, a partir da transmissão da onda sonora pelo meio, observam-se as propriedades mecânicas dos tecidos ¹⁶.

⁽¹⁾ Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

⁽²⁾ Programa de Pós-Graduação em Distúrbios da Comunicação Humana da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

Conflito de interesses: inexistente

Existe também outra técnica objetiva para avaliação da fala, a eletrognatografia. Esta avaliação consiste em um exame computadorizado utilizado para captar os movimentos da mandíbula em décimos de milímetros que possibilita medir o rastreamento mandibular¹⁷. Apesar de esse método poder ser empregado para análise da fala, os estudos ainda são poucos e os existentes apresentam enfoque principal na motricidade oral, com destaque para a análise das disfunções temporo-mandibulares^{18,19} e mastigação^{17,20}.

Com base na breve revisão exposta, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão bibliográfica dos estudos nacionais e internacionais que utilizaram os recursos: eletroglotografia, espectrografia, ultrassonografia e eletromiografia na avaliação e terapia das alterações de fala. Pelo fato dos estudos com eletrognatografia estarem mais enfocados na motricidade oral essa avaliação não foi contemplada na revisão teórica.

■ MÉTODO

Este artigo apresenta uma pesquisa bibliográfica, sobre a utilização da eletroglotografia, eletromiografia, ultrassonografia e espectrografia, a qual visa buscar lacunas do conhecimento. Foi realizado um levantamento bibliográfico em novembro e dezembro de 2011, com busca nas bases de dados LILACS (Literatura Latino-Americana em Ciências de Saúde) IBECS, MEDLINE (Literatura Internacional em Ciências da Saúde), Biblioteca Cochrane e SCIELO do sítio da Biblioteca Virtual de Saúde – BVS – BIREME.

Foram utilizados como descritores, para a busca de artigos sobre a eletroglotografia, as expressões “*electroglottography*” (eletroglotografia) e “*speech*” (fala) associadas. Foram encontradas 21 produções dos últimos 5 anos. Para refinar a busca conforme o objetivo dessa pesquisa associou-se a expressão “*and not voice*”. Dessa forma, foram obtidas apenas três produções, das quais pela leitura do resumo, nenhum é específico sobre o uso da eletroglotografia para alterações na fala. Devido ao escasso número de publicações relacionadas a esse tema alguns outros trabalhos relevantes ao tema foram acrescentados.

Para a busca dos artigos relacionando a eletromiografia às pesquisas sobre produção da fala, utilizaram-se os descritores “*electromyography*” (eletromiografia) e “*speech*” e como assunto principal “*Speech*”, considerando-se apenas os trabalhos publicados nos últimos cinco anos. Esta busca resultou em 45 ocorrências. Assim, realizou-se uma pré-seleção pela leitura dos resumos, selecionando-se assim 12 trabalhos. Dos resumos

selecionados, apenas quatro estavam disponíveis na íntegra, assim realizou-se a busca pelos demais nos Periódicos CAPES, sendo que apenas um não foi encontrado, totalizando 11 artigos utilizados na revisão sobre eletromiografia. Também foi utilizada uma dissertação de mestrado julgada de extrema relevância para o tema.

Quanto à busca dos artigos relacionados à espectrografia aplicados no campo da fala foram empregados os descritores “*spectrography*” (espectrografia) associado a “*speech disorders*” (distúrbios da fala) ou “*speech*”, e outra pesquisa com o descritor “*speech acoustics*” (acústica da fala) com a omissão dos artigos de voz (*not voice*) em ambas as pesquisas. Por meio da busca foram encontrados 350 artigos dos últimos cinco anos e, por meio da leitura dos resumos, selecionaram-se 26 artigos, sendo três de revistas nacionais e 23 de revistas internacionais.

Para a busca dos artigos relacionados à ultrassonografia aplicada à fala foram utilizados os descritores “*speech*” ou “*speech disorders*” e “*ultrasonography*” (ultrassom). Foram encontrados 67 artigos nos últimos cinco anos, todos em publicações internacionais. Após a análise dos resumos, foram selecionados três artigos, os quais tratavam somente do aspecto fala e/ou distúrbio de fala, foco deste trabalho.

Para todos os assuntos, realizou-se uma pré-seleção das produções pela leitura dos resumos e, após os trabalhos selecionados foram lidos na íntegra.

■ REVISÃO DE LITERATURA

No total foram utilizados 43 trabalhos nesta revisão, dos quais 12 são artigos escritos em língua portuguesa, 30 são artigos escritos em língua inglesa, um é uma dissertação em língua portuguesa e um é resumo de evento escrito em língua portuguesa. Destaca-se que os trabalhos apresentados foram organizados por assunto, a fim de facilitar a leitura.

Eletroglotografia

A eletroglotografia (EGG) é um método objetivo não invasivo e de simples medida, utilizado para monitorar a movimentação das pregas vocais durante a fonação^{20,21}. É essa movimentação das pregas vocais que produz a sonoridade e difere os fonemas plosivos e fricativos sonoros dos correlatos surdos.

Um estudo²² indicou que a EGG é uma técnica eficiente para analisar e caracterizar a fala, no que se refere ao contraste fônico de vozeamento em situação de fala sem alteração. As informações

referentes à dinâmica do ciclo vibratório de pregas vocais, obtidas por meio da EGG, podem contribuir para revelar a eficiência do contato de pregas vocais em curto intervalo de tempo. Neste contexto, tais dados apontam também características da produção dos sons da fala, especificamente, do contraste fônico de vozeamento, o qual envolve uma refinada coordenação de ajustes glóticos e supraglóticos para sua realização.

Crianças com alterações de fala caracterizadas pela dessonorização podem apresentar dificuldade no controle laríngeo. Devido a essa dificuldade tais crianças emitem um fonema próximo, cuja produção é facilitada pela ausência de participação glótica, que seria percebida como o correlato surdo²³.

A dessonorização é uma estratégia de reparo realizada por crianças durante a aquisição fonológica normal e desviante. Na dessonorização ocorre substituição de um fonema sonoro por um surdo, por exemplo, uma criança que pedir para jogar bola diz: [ˈfamʊ ˈjoka ˈpɔla]. Nesse exemplo, ocorreram várias dessonorizações, as quais podem ser observadas na EGG pela não movimentação ou menor movimentação das pregas vocais durante a realização dos fonemas /v/, /ʒ/, /g/, /b/.

Uma pesquisa²² refere que as medidas extraídas do sinal eletroglotográfico mostraram diferenças estatisticamente significantes quanto ao contraste de vozeamento entre os pares [p,t,k] e [b,d,g].

A EGG pode ser usada para confirmar a avaliação perceptivo-auditiva que é realizada na clínica fonoaudiológica. Pois, não é incomum o fonoaudiólogo, ao avaliar ou reavaliar uma criança que apresenta dessonorização na fala, se deparar com a dúvida se a criança produziu o fonema sonoro ou o surdo.

A EGG fornece uma medida indireta do contato das pregas vocais na fonação²¹ que é o quociente de abertura das pregas vocais, o qual mostra a proporção de tempo em que a glote permanece abduzida em relação ao total de tempo da produção do fonema. Essa medição pode contribuir na identificação de uma possível dificuldade motora para a produção de fonemas sonoros e surdos, já que para os fonemas surdos o quociente de abertura deve ser maior do que nos sonoros em função da ausência de vibração das pregas vocais²³. Assim, se existe esta diferença na movimentação das pregas vocais para a produção de fonemas sonoros e surdos, pressupõe-se que exista diferença na produção desses fonemas por crianças com desvio fonológico que utilizam a estratégia de reparo de dessonorização.

Uma pesquisa específica²³ sobre este tema encontrada na literatura teve como objetivo descrever o quociente de abertura das pregas vocais

por meio da utilização da EGG em crianças com e sem desvio fonológico e comparar as diferenças obtidas entre crianças com desvio fonológico que apresentam ou não a estratégia de reparo de ensurdecimento de fonemas plosivos e fricativos. Essa pesquisa indicou que existem diferenças entre a vibração das pregas vocais das crianças com e sem desvio fonológico para os fonemas sonoros, sendo que as crianças com desvio fonológico apresentam maior abertura das pregas vocais e, portanto, menos vibração. Em relação ao grupo de crianças com desvio, as autoras salientaram que a medida do quociente de abertura foi maior para as crianças que realizavam a estratégia de ensurdecimento, sugerindo dificuldade de movimentar as pregas vocais, o que prejudica a produção dos fonemas sonoros.

São inúmeros os trabalhos¹⁻³ que utilizam a EGG, porém a grande maioria investiga as funções vibratórias das pregas vocais em adultos com e sem patologias de voz, os quais não foram foco de análise nesta pesquisa.

Os trabalhos com EGG, apesar da contribuição em apontar o refinamento da atividade glótica, a maioria não se encontram voltados para investigações e descrições segmentais de características dos sons de fala²². O uso da EGG para avaliar crianças com alterações de fala é recente e são poucas as publicações encontradas que enfoquem diretamente o assunto.

Tendo em vista a escassa literatura encontrada sobre o assunto, sugere-se a realização de mais estudos utilizando a EGG nessa população, a fim de aprovar sua utilidade, confirmar evidências e parâmetros normativos para comparação entre crianças com e sem desvio fonológico.

Eletroniografia

A eletroniografia é um recurso bastante utilizado nas áreas de Motricidade Orofacial e Voz, porém é crescente o número de pesquisas relacionando-a à produção da fala de modo geral.

Uma das aplicações da eletroniografia na fala consiste de análise da fisiologia dos movimentos. Assim, pesquisa⁴ realizada em 2007, objetivou esclarecer as diferenças na atividade do músculo elevador do véu palatino durante deglutição, fala e sopro, por meio da eletroniografia. Cinco adultos normais participaram do estudo. Cada sujeito foi instruído a falar, soprar e deglutir. A deglutição foi de saliva e solicitada de 15 a 20 vezes para cada sujeito. A tarefa de fala foi a produção da sílaba /pu/, também repetida de 15 a 20 vezes separadamente, com enunciados isolados. Para a tarefa de sopro, cada sujeito foi instruído a soprar uma vez através de tubos o mais forte possível por 10 segundos. O ar

do sopro foi captado por um transdutor de pressão. Cada tarefa foi executada com longo intervalo. Os sujeitos foram proibidos de realizar atividade de fechamento velofaríngeo e instruídos a descansar com respiração nasal durante o intervalo, para reduzir possíveis efeitos de uma fadiga latente, o que influenciaria o procedimento seguinte. Para todos os sujeitos, não houve diferença no sinal eletromiográfico entre fala e sopro; e o sinal eletromiográfico foi maior durante a deglutição do que durante atividades pneumáticas. Isto indica que as unidades motoras do músculo elevador do véu palatino participantes na contração foram diferentes durante atividades respiratórias e de deglutição.

O estudo mencionado pode ser aplicado aos sujeitos com fissuras palatais ou labiopalatais, pois auxilia na compreensão do mecanismo velofaríngeo, que está comprometido nestes pacientes. A mesma metodologia poderia ser aplicada na avaliação de sujeitos com fissura para se ter um padrão desta população, bem como no monitoramento terapêutico dos mesmos.

Também analisando a fisiologia dos movimentos, outro estudo⁵ buscou especificar como o controle motor mandibular varia entre diferentes sílabas produzidas no período de balbucio; se há relação entre a mastigação ou oscilação da mandíbula com as sílabas produzidas precocemente e se a organização do controle motor varia entre diferentes comportamentos de não-fala. O estudo foi longitudinal com uma criança dos 9 aos 22 meses de idade. Os sinais eletromiográficos foram captados de grupos musculares da mandíbula durante atividades de oscilação desta, mastigação e diversos tipos de balbucio precoce. Os resultados indicaram que a atividade mioelétrica depende da sílaba produzida e houve diferença entre balbucio e comportamentos de não-fala. Diferenças no controle motor também foram observadas entre comportamentos de não-fala. O controle motor do balbucio parece ser influenciado pela interação entre desenvolvimento motor e sistemas linguísticos, ou seja, a variação na complexidade linguística sistematicamente evidencia mudanças na organização motora, aparentemente para atender a estas demandas. Este mesmo efeito foi percebido entre mastigação e oscilação da mandíbula.

No que tange ao balbucio, observa-se claramente a inter-relação entre programação motora e complexidade linguística, levando a uma reflexão sobre o quanto terapias puramente fonológicas (em casos de desvios fonológicos, por exemplo) podem ser efetivas, quando há uma relação evidente e direta do sistema fonológico com o fonético.

Outro estudo de caso⁶ analisou as similaridades inter-experimentais na ativação muscular durante a

produção de vogal por um indivíduo. Foi utilizada a eletromiografia de superfície com os eletrodos posicionados em quatro grupos musculares da face: zigomático maior do lado direito, masseter e mentális e depressor do ângulo da boca do lado esquerdo. O paciente produziu as vogais a/e/i/o/u, e isto foi repetido dez vezes. Os resultados indicaram que há uma relação entre atividade muscular dos músculos correspondentes quando os experimentos são repetidos. Além disso, quando as pessoas falam, elas usam grupos musculares semelhantes quando repetem o mesmo som. Entretanto, há uma variação quando o mesmo som é produzido com diferentes velocidades e durações. Isto pode ser atribuído à falta de *feedback* auditivo quando o mesmo som é produzido.

Também sobre a fisiologia dos movimentos durante a fala, uma autora²⁴ objetivou analisar a atividade eletromiográfica de músculos periorais e a trajetória do movimento facial durante a fala, além da correlação entre os mesmos. Os resultados evidenciaram que há maior ativação muscular das regiões do lábio inferior e queixo em relação ao lábio superior. Quanto à correlação entre a atividade eletromiográfica e o movimento facial, houve significância em 33 das 36 relações analisadas. Ainda, antes da emissão das consoantes plosivas e fricativas houve atraso do movimento em relação ao sinal eletromiográfico, já que a situação é de força isométrica, pois os articuladores são mantidos em posições fixas.

No Brasil, já há uma produção considerável de estudos utilizando a eletromiografia na avaliação e monitoramento terapêutico de pacientes gagos. Em 2007, realizou-se pesquisa⁹ buscando comparar falantes gagos com falantes fluentes por meio da atividade eletromiográfica dos músculos dos lábios superior e inferior. Para isso, as autoras utilizaram dois grupos, com dez indivíduos em cada, sendo um de falantes gagos e outro de falantes fluentes (ou controle). Os sujeitos foram pareados de acordo com a idade e o gênero. Foi utilizado um teste linguístico para análise da fala espontânea e, para analisar a atividade muscular dos lábios, utilizou-se um eletromiógrafo com eletrodos duplos de prata descartáveis. Assim, foram investigados os movimentos durante a fala, movimentos orofaciais de não-fala e repouso. Os resultados indicaram que houve diferença entre os grupos quanto à atividade eletromiográfica do lábio superior na lateralização dos lábios e no repouso após os exercícios, sendo que a maior atividade ocorreu no grupo controle. No lábio inferior não foi observada diferença estatisticamente significativa. Na conclusão, as autoras enfatizaram o fato de que os resultados não confirmam níveis mais altos de atividade nos músculos labiais

em falantes que gaguejam, indo de encontro a outros estudos da área.

Estudo semelhante ao anterior¹⁰ buscou comparar a ativação muscular em indivíduos fluentes e gogos durante tarefas de fala e não-fala. Para isso, as autoras avaliaram três indivíduos fluentes (G1) e três indivíduos com gagueira (G2) por meio das situações: tensão muscular em repouso, tempo de reação da fala, atividade não verbal e atividade verbal. Os eletrodos para captação da atividade muscular foram fixados em quatro regiões: na porção média da região perioral inferior; musculatura suprahioidea; pescoço – porção média do músculo esternocleidomastoideo e porção média do trapézio. As autoras obtiveram resultados semelhantes ao do estudo anterior, pois também não foi observada atividade muscular de repouso elevada para o grupo de gogos. Entretanto, neste caso, este achado pode ser atribuído ao fato de os participantes do grupo com gagueira terem realizado 12 sessões de terapia fonoaudiológica por meio de um programa bastante específico para a gagueira. A atividade muscular da região suprahioidea para o tempo de reação da fala foi menor para o grupo dos gogos, ou seja, para eles foi necessária a metade da força muscular apresentada pelos indivíduos fluentes para que a fala ocorresse livre de rupturas. Durante a atividade de fala não verbal, o grupo dos fluentes apresentou maior atividade muscular do que em repouso para o músculo orbicular. O mesmo não aconteceu para os gogos, pois não há prontidão para a fala como nos indivíduos fluentes.

Os dois estudos levam a uma reflexão sobre o papel da realização exaustiva de técnicas fonoaudiológicas de relaxamento em casos de gagueira, quando a ativação muscular destes não é elevada, como se hipotizava.

Um artigo voltado para a divulgação dos resultados terapêuticos¹¹ teve como objetivo verificar a efetividade de um tratamento baseado exclusivamente no uso da eletromiografia de superfície. Quatro adultos gogos foram submetidos à avaliação pré e pós-tratamento (coleta de amostra de fala, análise da tensão muscular de repouso e tempo de reação para fala) e a 12 sessões terapêuticas de 20 minutos monitoradas pela eletromiografia. O programa terapêutico utilizado é fundamentado no aprendizado e aplicação de técnica específica para redução das rupturas de fala e está estruturado em quatro módulos com níveis progressivos de complexidade. O procedimento de monitoramento pela eletromiografia foi introduzido concomitante à aplicação das técnicas específicas para redução da gagueira. Após a terapia, houve redução das disfluências gagas e comuns, evidenciando a

eficácia do programa terapêutico, porém os demais parâmetros e a variação dos dados eletromiográficos não apresentaram diferença estatisticamente significativa.

A técnica mencionada pode ser um bom recurso a ser utilizado nas clínicas fonoaudiológicas.

O tempo de reação da fala foi investigado em outro estudo¹², cujo objetivo foi verificar o repouso e tempo de reação para fala em adultos fluentes e gogos. 22 adultos foram investigados, sendo 11 fluentes e 11 gogos. Realizou-se análise eletromiográfica do músculo orbicular do lábio inferior na situação de repouso e na situação de atividade de tempo de reação. Os resultados obtidos indicaram que os grupos diferiram em termos da tensão muscular em repouso, com o grupo dos gogos apresentando valores mais altos. Para este grupo ainda houve correlação positiva forte entre tempo de reação de fala e atividade muscular na fala – quanto maior o tempo de reação de fala, maior a atividade muscular envolvida na produção de fala. Não houve diferença entre os grupos para tempo de reação de fala e para atividade muscular de fala, diferente do que ocorreu em outro estudo realizado pelo mesmo grupo de pesquisa¹⁰. Assim, as autoras concluem que os gogos apresentam alterações no *output* motor de fala durante a produção da fala fluente.

Na área de gagueira, ainda são realizadas pesquisas com crianças. Uma delas¹³ investigou a velocidade dos movimentos orais de crianças com gagueira desenvolvimental persistente e crianças fluentes durante a repetição de segmentos articulatorios (diadococinesia). 50 crianças foram investigadas, sendo 19 com diagnóstico de gagueira e 31 fluentes. A coleta dos dados envolveu tarefas de movimentação alternada e sequencial. A primeira determina a velocidade e regularidade de movimentos recíprocos da mandíbula, lábios e língua, bem como precisão articulatória e suporte respiratório e fonatório. A segunda mede a habilidade de mover rapidamente e numa sequência pré-determinada os articuladores de uma posição para a outra. Os registros eletromiográficos foram captados por um par de eletrodos de superfície fixados no músculo orbicular dos lábios. Os resultados indicaram diferença entre os grupos para atividade motora sequencial apenas – o grupo de crianças fluentes apresentou maior habilidade para mover rapidamente a posição dos articuladores em segmentos sequenciais.

Assim, parece ser importante a realização de exercícios orofaciais isotônicos na terapia com crianças gagas, o que poderia auxiliar no tempo de reação para fala.

Buscando encontrar as influências genéticas na gagueira, uma pesquisa investigou o perfil familiar da fluência da fala, analisando aspectos linguísticos, eletromiográficos e acústicos em crianças com e sem história familiar próxima para a gagueira¹⁴. Os sujeitos do estudo foram 17 probandos com diagnóstico de gagueira; 17 pais, 17 mães, 10 irmãos e 13 irmãs constituindo o grupo 1; e 15 probandos fluentes; 15 pais, 15 mães, 0 irmãos e 8 irmãs, constituindo o grupo 2. Os procedimentos foram: coleta das tipologias das rupturas; coleta eletromiográfica e coleta acústica. Encontrou-se 41,1% de mães afetadas; 35,3% de pais afetados; 16,7% de irmãs afetadas e 40% de irmãos afetados. Além disso, houve similaridade nas tipologias das rupturas da fala em todos os afetados de uma mesma família, mesmo havendo uma tendência a maior gravidade do distúrbio nos probandos. Quanto à ativação muscular, houve similaridade para as taxas de diadococinesia em todos os afetados de uma mesma família. Com isso, as autoras sugerem um padrão motor para a fala, numa relação passível de ser mensurada pela captação da ativação muscular periférica, dentro de uma mesma família. Na acústica também se observaram similaridades em todos os afetados de uma mesma família.

Além da gagueira, diferentes condições são investigadas por meio da eletromiografia, tais como doença de Parkinson e mialgia. Com relação à primeira condição mencionada, foi realizado um estudo⁷ com o objetivo de determinar se a análise da coerência corticomuscular eletromiográfica e eletroencefalográfica poderia revelar diferenças no domínio da frequência entre o controle cortical eliciado por tarefas de fala e não-fala em sujeitos com doença de Parkinson e falantes normais controles. As amostras de tarefas de fala e não-fala de 20 sujeitos saudáveis e 20 sujeitos com Doença de Parkinson foram analisadas por meio de eletromiografia e eletroencefalografia simultânea. Verificou-se que a coerência corticomuscular ocorreu para ambos os grupos e para todas as tarefas, mas com diferentes graus no córtex sensoriomotor primário e área motora suplementar. Os autores sugerem que a organização do controle corticomuscular da fala pode ser conceituado como uma orquestra de frequências que podem ser usadas diferentemente para produzir os programas motores corretos. Ainda, foram encontradas anormalidades nos domínios de frequência no controle cortical e no músculo orbicular na doença de Parkinson, em relação ao grupo controle.

Em relação à mialgia, pesquisa⁸ objetivou comparar a frequência média de energia durante a fala entre grupos de pacientes com mialgia e

controles. O grupo controle consistiu de 20 voluntários assintomáticos e o grupo com mialgia foi composto por 19 pacientes. Foi realizada eletromiografia com eletrodos de superfície dos músculos masseteres, bilateralmente, durante movimentos de fala. Nos pacientes com mialgia, taxas de disparo ou de recrutamento de unidades motoras inervadas por motoneurônios de limiares elevados podem diminuir e levar a uma maior frequência média de energia. Os resultados sugerem a possibilidade de a dor muscular, que é uma experiência subjetiva, poder ser avaliada por dados objetivos, calculada pelas atividades eletromiográficas durante a fala.

Os estudos apresentados ainda mostram resultados discrepantes e inconclusivos. Com isso, sugere-se a realização de mais pesquisas utilizando a eletromiografia nas mesmas condições mencionadas e em outras patologias, como disartria, desvio fonológico e fissura labiopalatal, por exemplo. Ainda, a eletromiografia parece ser um ótimo recurso terapêutico para monitoramento dos resultados, pelos próprios pacientes durante a realização de exercícios, especialmente nas fases de automatização da fala correta.

Espectrografia

A espectrografia pode ser empregada de diferentes formas na avaliação e terapia da fala. Os estudos analisam desde características formânticas à interferência da percepção na produção dos fonemas. A espectrografia da fala é vista como um poderoso recurso para a descrição e aquisição do sistema fonológico das crianças, como apresentado no estudo²⁵ que avaliou a transcrição fonética e codificação das vocalizações infantis. Os resultados obtidos com a pesquisa segundo os autores são altamente aplicados a outros casos de difícil transcrição como os encontrados em distúrbios severos de fala.

As características formânticas das vogais é um poderoso instrumento para avaliação da fala. Um estudo²⁶ obteve valores para os formantes das vogais depois de analisar 175 falantes que determinou as faixas de frequência para primeiro formante (F1) e segundo formante (F2) das vogais (a, e, i, o, u). Os resultados para a vogal "a" ficaram entre 850 e 1150 Hz para o F1 e 1200 e 2000 Hz para o F2, para "e" foram 700 e 950 Hz para a F1 e 1700 e 3000 Hz para F2; vogal "i" 300 e 450 Hz para a F1 e 2000 e 3600 Hz para F2; vogal "o" 600 e 800 Hz para a F1 e 600 e 1400 Hz para F2; e vogal "u" 100 e 400 Hz para F1 e 400 e 1200 Hz para F2.

A descrição dos formantes foi pesquisada em outro estudo²⁷ que se analisou e compararam-se os formantes (F1, F2, F3) das líquidas /l, λ, r/ produzidos por crianças com e sem alterações de fala. Foi

analisada a produção de 59 crianças, divididas em três grupos, sendo um controle. As crianças foram solicitadas a repetir sílabas contendo as líquidas e vocábulos com os fones avaliados nas diferentes posições da palavra. Os resultados demonstraram que as crianças sem alterações de fala exibiam diferenças nítidas entre os três sons estudados em relação aos formantes. E as alterações nas líquidas encontradas nos sujeitos com alterações de fala tiveram características semelhantes.

Com objetivo de verificar as propriedades acústicas das consoantes fricativas do inglês em diferentes situações de comunicação o estudo²⁸ avaliou 20 falantes (equiparados quanto ao sexo) com idades entre 19 e 34 anos quanto à produção de oito fricativas do inglês combinadas com a vogal /a/. A partir do experimento observaram que a produção das fricativas foi influenciada pela natureza das situações comunicacionais demonstrando modificações acústicas. As modificações mais observadas foram duração da fricativa, e frequência de pico espectral.

Um estudo²⁹ com falantes sérvios avaliou as características acústicas das consoantes murmuradas comparadas a consoantes emitidas em fala encadeada. Os pesquisadores observaram que as consoantes sussurradas tem uma duração prolongada quando comparadas a consoantes emitidas em articulação de fala normal.

Outro estudo³⁰ analisou acusticamente as substituições entre os fones /t/ e /k/ na fala de crianças com aquisição típica e atípica como intuito de identificar e quantificar a existência de contrastes encobertos. Por meio de um experimento em que era solicitada a repetição a produção das crianças foi avaliada segundo características espectrais do burst; transição CV e características temporais. Com os resultados obtidos a autora concluiu que muitas das substituições presentes na produção de fala de crianças em processo de aquisição típico e atípico tratam-se na verdade de contrastes fônicos encobertos, salientado que a espectrografia contribuiu para a detecção de diferenças sutis da produção da fala das crianças.

O voice onset time (VOT) é uma importante medida empregada na diferenciação contraste vozeado/desvozeado, estudo avaliando o limiar para detecção da percepção de vozeamento das consoantes oclusivas no inglês demonstrou lacunas entre os diferentes marcadores acústicos e a percepção categórica do VOT, sugerindo que compartilham a mesma base de mecanismos temporais de percepção³¹.

Um estudo³² reafirma que o VOT é um parâmetro utilizado para diferenciar as oclusivas do inglês, contudo algumas vezes utiliza-se esse parâmetro

para avaliação das pausas na fala encadeada. Tal estudo sugere um modelo representativo fisiológico para avaliação dessas pausas, ficando o VOT apenas como parâmetro de início de vozeamento na síntese da fala.

Com objetivo de comparar os valores VOT de fonemas plosivos, produzidos por crianças com desvio fonológico e dificuldade na produção do contraste de sonoridade realizou-se uma pesquisa³³ com dados de fala de cinco meninos com dificuldade no estabelecimento do contraste [+voz] nas plosivas. O VOT foi medido a partir de palavras contendo plosivas dentro de frases veículo. Os resultados indicaram que somente o VOT não é uma pista determinante para a percepção da distinção da sonoridade para os casos de desenvolvimento atípico. Contudo, o VOT mostrou exercer influência na discriminação dos fonemas de acordo com o ponto articulatório nos casos atípicos.

Outro estudo³⁴ investigando as medidas de VOT no inglês em crianças em processo de aquisição demonstrou que inicialmente essas evitam palavras em que a oclusiva inicial seja surda, os valores de VOT encontrados foram mais variáveis nas oclusivas surdas do que para oclusivas sonoras. De forma geral, os resultados indicam que há um modelo de aquisição que incide sobre o domínio da coordenação gestual, por oposição à aquisição de contrastes segmentar.

A espectrografia também pode ser empregada para avaliar o perfil acústico da fala hipernasal³⁵. Com esse propósito foram avaliados os efeitos dos implantes de palato mole sobre a articulação dos sons da fala. Com os resultados observados, os autores puderam concluir que inserção do implante não teve efeito significativo sobre os parâmetros de frequência fundamental, contudo a articulação em função da região velar deu indícios de ser afetada devido a alterações nos valores médios do VOT para /k/³⁶.

Outro estudo³⁷, avaliando os aspectos espectrais das frequências de F1, F2, F3, o formante nasal e anti-formante, para as vogais [a] e [e] na presença de aberturas feitas no bulbo de réplicas da prótese de palato de uma paciente com insuficiência velofaríngea. Os resultados demonstraram mudanças significantes nos valores espectrais estudados de acordo com alterações no tamanho da abertura velofaríngea.

Avaliando a fala disártrica, com relação a "Vowel Space Área" (VSA), visto que essa medida acústica tem sido empregada como parâmetro na fala de disártricos em graus variados de sucesso, um estudo buscou testar uma alternativa métrica para o VSA em relação a "Formant Centralization Ratio" (FCR) com o intuito de diferenciar de forma mais

eficaz a fala disártrica da fala típica e quantificar os efeitos do tratamento. Os resultados evidenciaram uma forte correlação entre os valores registrados e os efeitos do tratamento, além disso, indicam o FCR como um marcador sensível, confiável e válido para a distinção do discurso disartrico e monitoramento do tratamento³⁸.

Na apraxia, um estudo¹⁵ investigou a produção da vogal em adultos com apraxia adquirida em relação à indivíduos sem alterações. Participaram do estudo sete adultos com apraxia adquirida e afasia de Broca, com idade entre 48 e 74 anos. Foi realizada a análise da vogal em 15 repetições em estrutura /hVC/ (hid, head, hat, hot, hub, hoot) produzida pelos sujeitos. Os autores observaram que a vogal nesses sujeitos avaliados foi muito semelhante a falantes sem alterações de fala.

Falantes com síndrome de Down tiveram sua fala analisada acusticamente para diferentes aspectos de entonação e fonação. Os resultados da espectrografia de entonação e fonação indicaram que os jovens e adultos com síndrome de Down apresentam redução na tessitura orgânica e laringea, pouca variação melódica e padrões de entonação reduzidos³⁹.

Outro emprego da espectrografia é na avaliação do ritmo prosódico. Um estudo⁴⁰ realizou avaliou a variação duracional por meio de 15 medidas de ritmo em cinco idiomas, com o intuito de classificar e diferenciar as línguas a partir das medidas de duração e desenvolver um sistema de reconhecimento automático de fala. Os autores ressaltaram haver uma segmentação independente para as línguas, sendo que cada uma apresenta padrões específicos de variação duracional (ritmo) e devido a essa variação a identificação de um idioma exclusivamente por meio da duração não seria confiável.

Nessa mesma linha de investigação, o estudo⁴¹ finlandês teve como objetivo investigar como as estruturas prosódicas e sintáticas interagem no foco prosódico durante a fala. Os autores consideraram o foco como sendo parte de determinado enunciado que necessita de atenção, contraste ou importância dentro do discurso. Avaliando as informações formânticas dos enunciados, o estudo sugere que, como na percepção do destaque prosódico, a informação de maior interesse obtém uma elevada ordem estrutural. Além disso, a ordem das palavras interage com os parâmetros prosódicos básicos, com o intuito de garantir uma semântica e uma pragmática coerente para a interpretação do enunciado.

A aplicação da espectrografia é ampla como se observa no estudo em que se buscou identificar a capacidade perceptiva sobre a percepção da fala e acesso ao léxico. Os resultados revelaram que a

natureza da exposição do falante influencia consideravelmente seu comportamento nas tarefas de fala, sugerindo que as minúcias fonéticas da fala são encontradas e armazenadas no léxico juntamente com as informações de origem regional dos falantes⁴².

Em outro estudo⁴³, a espectrografia é empregada para avaliar quando e como emergem socialmente estilos de fala distintos. A pesquisa analisou a fala de 30 crianças pré-escolares com idade entre 3 a 5 anos em diferentes contextos situacionais. As medidas acústicas de frequência de formantes não evidenciaram diferenças com relação os diferentes estilos de fala em qualquer idade, nem qualquer diferença em tempos iniciais de vozeamento. Os resultados sugerem que os estilos distintos de fala se desenvolvem lentamente e inicialmente os estilos são dependentes das diferenças no discurso das crianças. Salientam que as crianças não desenvolvem estilos comunicativos até que tenham adquirido o controle articulatório minucioso.

Ultrassonografia

Uma das principais peculiaridades do método ultrassonográfico é a possibilidade de um estudo não-invasivo por meio do efeito Doppler. O efeito Doppler é definido como a alteração na sensação de frequência resultante de uma situação em que a fonte sonora é móvel, deslocando-se a uma velocidade constante, e o receptor encontra-se parado em algum ponto da trajetória. Com a aproximação da fonte sonora ao receptor, este recebe maior número de ondas por unidade de tempo (frequência maior) e com o afastamento recebe um menor número de ondas (frequência menor)¹⁶.

O ultrassom oferece uma representação direta da movimentação da língua durante a articulação da fala, sendo uma técnica segura, direta e não invasiva⁴⁴.

Um estudo⁴⁴ baseou-se no fato de existirem lacunas sobre o conhecimento a respeito dos caminhos de desenvolvimento do controle motor da fala tomados por crianças e adultos. O controle correto dos articuladores durante a fala se manifesta de forma adequada pela coarticulação (a sobreposição de sons da fala). Os pesquisadores compararam propriedades coarticulatórias linguais da fala de crianças e adultos, utilizando imagens de ultrassom da língua. Os participantes eram falantes de inglês britânico, sendo dez adultos e dez crianças de 6-9 anos. Sílabas formadas por consoante-vogal foram apresentados em uma frase transportadora. As distâncias entre as curvas da língua foram usados para quantificar coarticulação. Em ambos os adultos e crianças, os pares de vogal /a/, /i/, /e/, /a/ e /u/ afetaram significativamente a consoante, e

o par vogal /i/ e /u/ não. A extensão da coarticulação foi significativamente maior nas crianças que nos adultos, fornecendo suporte para a noção de que a produção da fala de crianças opera com unidades maiores do que os adultos.

Em outro estudo⁴⁵ foi proposto analisar a utilidade potencial de ultrassom em remediação de Inglês norte-americano no fonema /r/. Participaram da pesquisa duas adolescentes canadenses falantes do inglês que ainda não tinham adquirido o fonema /r/. O estudo incluiu um período inicial sem ultrassom e 13 sessões de tratamento, de uma hora, utilizando o recurso. Amostras de fala foram gravadas na triagem e imediatamente antes e após o tratamento, e após foram analisadas acusticamente por três fonoaudiólogos que não estavam habituados com os participantes. Além disso, imagens de ultrassom foram obtidas antes, durante e após o período de tratamento. Análises acústicas mostraram uma redução esperada do terceiro formante após o tratamento. A observação qualitativa das imagens pós-tratamento de ultrassom mostrou o posicionamento da língua mais semelhante ao alvo adulto do que havia sido observado antes do tratamento. Os pesquisadores concluíram que amostras maiores devem ser analisadas para comprovar a eficácia do uso do ultrassom.

Uma pesquisa com nove falantes do inglês canadense⁴⁶, também avaliaram a produção do

fonema /r/ utilizando o ultrassom em combinação com rastreamento óptico, para medir as relações gestuais na produção do fonema. Os resultados mostraram um padrão temporal de movimentação da língua para frente e para trás em sílaba inicial, houve também uma redução da magnitude dos gestos labiais em sílabas de posição final.

■ CONCLUSÃO

Após esta revisão bibliográfica fica evidente a necessidade do emprego de recursos objetivos na avaliação e acompanhamento da terapia fonoaudiológica, principalmente nos casos de alterações de fala. Os recursos tecnológicos aqui descritos são de suma importância para uma terapia mais eficiente e eficaz, visto que à medida que se realizam avaliações mais minuciosas e aprofundadas pode-se intervir de forma mais precisa nas dificuldades de cada paciente.

Assim, com base nos trabalhos aqui apresentados, nota-se o crescente interesse da utilização destas técnicas na Fonoaudiologia. Porém, os trabalhos que pesquisam estes recursos na área da fala ainda são escassos, mas devido à importância do uso destas técnicas é necessário que mais pesquisas sejam realizadas na área.

ABSTRACT

The use of new technologies in the evaluation and speech therapy from a review of articles published over the past 5 years is the theme of this study which also has as a purpose to conduct a literature review of national and international studies that used the keywords: electroglottography, spectrography, *ultrasonography* and electromyography in the evaluation and therapy of speech disorders. There is a growing interest in the integration of these resources in studies of speech; however, the existing studies that correlate the assessment are still scarce.

KEYWORDS: Phonation; Electromyography; Ultrasonography; Spectrography; Speech Acoustics

■ REFERÊNCIAS

1. Camargo ZA, Madureira S. Dimensões perceptivas das alterações de qualidade vocal e suas correlações aos planos da acústica e da fisiologia. *Delta*. 2009;25(2):285-317. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-44502009000200004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 06 de Junho de 2012.
2. D'ávila H, Cielo CA, Siqueira MA. Som fricativo sonoro /ʒ/: modificações vocais. *Rev. CEFAC*. 2010; 12(6):915-24. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462010000600002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 06 de Junho de 2012.
3. Mourão AM, Bassi IB, Gama ACC. Avaliação eletroglotográfica de mulheres disfônicas com lesão de massa. *Rev. CEFAC*, ahead of print Epub Sep 23, 2011.
4. Nohara K, Kotani Y, Ojima M, Sasao Y, Tachimura T, Sakai T. Power spectra analysis of levator veli palatini muscle electromyogram during velopharyngeal closure for swallowing, speech, and blowing. *Dysphagia*. 2007;22(2):135-9.
5. Steeve RW, Moore CA. Mandibular motor control during the early development of speech and nonspeech behaviors. *J Speech Lang Hear Res*. 2009;52(6):1530-54.
6. Naik GR, Kumar DK. Inter-experimental discrepancy in facial muscle activity during vowel utterance. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2010;13 (2):215-23.
7. Caviness JN, Liss JM, Adler C, Evidente V. analysis of high-frequency electroencephalographic-electromyographic coherence elicited by speech and oral nonspeech tasks in Parkinson's disease. *J Speech Lang Hear Res*. 2006; 49(2):424-38.
8. Suzuki E, Ishigaki S, Yatani H, Morishige E, Uchida M. Mean power frequency during speech in myalgia patients. *J Oral Rehabil*. 2010;37(9):692-7.
9. Felício CM, Freitas RLRG, Vitti M, Regalo SCH. Comparison of upper and lower lip muscle activity between stutterers and fluent speakers. *Int J Ped Otorhinolaryngol*. 2007;71(8):1187-92.
10. Andrade CRF, Sassi FC, Juste FS, Meira MIS. Atividades de fala e não-fala em gagueira: estudo preliminar. *Pró-Fono*. 2008a; 20(1):67-70.
11. Andrade CRF, Sassi FC, Juste FS, Ercolin B. Modelamento da fluência com o uso da eletromiografia de superfície: estudo piloto. *Pró-Fono*. 2008b;20(2):129-32.
12. Andrade CRF, Sassi FC, Juste FS, Mendonça LIZ. Persistent developmental stuttering as a cortical-subcortical dysfunction. *Arq Neuropsiquiatr*. 2008c; 66 (3-B): 659-64.
13. Andrade CRF, Queiróz DP, Sassi FC. Eletromiografia e diadococinesia: estudo com crianças fluentes e com gagueira. *Pró-Fono*. 2010; 22(2):77-82.
14. Andrade CRF. Perfil familiar da fluência da fala – estudo linguístico, acústico e eletromiográfico. *Pró-Fono*. 2010;22(3):169-74.
15. Jacks A, Mathes KA, Marquardt TP. Vowel acoustics in adults with apraxia of speech. *J Speech Lang Hear Res*. 2010;53(1):61-74.
16. Cagliari CF et al. Análise dos sons da deglutição pelo sonar Doppler em indivíduos normais na faixa etária pediátrica. *Braz. j. otorhinolaryngol. (Impr.)*, São Paulo. 2009; 75(5)706-15.
17. Oncins MC, Freire RMAC, Marchesan IQ. Mastigação: análise pela eletromiografia e eletrognatografia. Seu uso na clínica fonoaudiológica. *Distúrbios da Comunicação*. 2006;18(2):155-65.
18. Bianchini EMG, Paiva G, Andrade CRF. Movimentos mandibulares na fala: interferências das disfunções temporomandibulares segundo índice de dor. *Pró-Fono R. Atual. Cient*. 2007;19(1):7-18.
19. Bianchini EMG, Rossi SSB, Paiva G, Nasr MK, Paiva AF. Verificação de interferência das disfunções da ATM na amplitude e velocidade do movimento mandibular durante a fala por meio de eletrognatografia. *Rev. dent. press ortodon. ortop. maxilar*. 2003;8(3):109-15.
20. Casselli H, Landulpho AB, Silva WAB, Silva FA. Electrognathographic evaluations of rehabilitated edentulous patients. *Brazilian Oral Research*. 2007;21(4):355-36.
21. Ma EP, Love AL. Electroglottographic Evaluation of Age and Gender Effects During Sustained Phonation and Connected Speech. *J Voice*. 2010;24(2): 146-52.
22. Gregio FN, Queiroz RM, Sacco ABF, Camargo Z. O Uso da Eletroglotografia na Investigação do Vozeamento em Adultos sem Queixa de Fala. *Revista Intercâmbio*, v. XXIII: 88-105, 2011. Disponível em: https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:V10uK2qQldMJ:revistas.pucsp.br/index.php/intercambio/article/download/8890/6557+eletroglotografia+cefac&hl=pt-BR&gl=br&pid=bl&srcid=ADGEEShTihPy9EC_0Hgif4er2WoI9bXBU-iNES_4-JdaOhm17g-GvvH7AI8x7n4DkUrfH-3j2-PCjYU7I027dIQp-FAKZ6KbxubquXf2a7eqjVEwUwaoALn-GYYq2LDXGZE2Ga-feVF&sig=AHIEtbTPlfuVmRM90gWG7WbNRGs9ZP68AA. Acesso em: 07 de junho de 2012.
23. Wertzner HF, Rehem LO, Castro MM. Eletroglotografia em crianças com e sem transtorno fonológico. 17º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia – 1º Congresso Ibero-Americano

- de Fonoaudiologia; 21 a 24 de outubro; Salvador, Ba. Anais do 17o. Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia – 1o. Congresso Ibero-Americano de Fonoaudiologia, 2009.
24. Araújo VGB. Estudo da relação entre a atividade eletromiográfica de músculos da face e o movimento facial durante a fala [Dissertação de Mestrado]. Belo Horizonte (MG): Universidade Federal de Minas Gerais; 2009.
25. Ramsdell HL, Oller DK, Ethington CA. Predicting phonetic transcription agreement: insights from research in infant vocalizations. *Clin Linguist Phon.* 2007;21(10):793-831.
26. Grepl M, Furst T, Pesak J. The F1-F2 vowel chart for Czech whispered vowels a, e, i, o, u. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub.* 2007;151(2):353-6.
27. Pagan LO, Wertzner HF. Análise acústica das consoantes líquidas do Português Brasileiro em crianças com e sem transtorno fonológico. *Rev. Soc. Bras. Fonoaudiol.* 2007;12(2):106-13.
28. Maniwa K, Jongman A, Wade T. Acoustic characteristics of clearly spoken English fricatives. *J Acoust Soc Am.* 2009;125(6):3962-73.
29. Jovicic ST, Saric Z. Acoustic analysis of consonants in whispered speech. *J Voice.* 2008;22(3):263-74.
30. Berti LC. Contrastes e contrastes encobertos na produção da fala de crianças. *Pró-Fono.* 22(4):531-6, TAB.
31. Elangovan S, Stuart A. Natural boundaries in gap detection are related to categorical perception of stop consonants. *Ear Hear.* 2008;29(5):761-74.
32. Rothenberg M. Voice onset time versus articulatory modeling for stop consonants. *Logoped Phoniatr Vocol.* 2009;34(4):171-80.
33. Melo RM, Mota HB, Mezzomo CL, Brasil BC, Lovatto L, Arzeno L. Desvio fonológico e a dificuldade com a distinção do traço [voz] dos fonemas plosivos: dados de produção e percepção do contraste de sonoridade. *Rev. CEFAC, ahead of print Epub Aug 05, 2011.*
34. Lowenstein JH, Nittrouer S. Patterns of acquisition of native voice onset time in English-learning children. *J Acoust Soc Am.* 2008;124(2):1180-91.
35. Widdershoven JC, Stubenitsky BM, Breugem CC, MinkvanderMolen AB. Outcome of velopharyngoplasty in patients with velocardiofacial syndrome. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2008;134(11):1159-64.
36. Akpınar ME, Kocak I, Gurpinar B, Esen HE. Effects of soft palate implants on acoustic characteristics of voice and articulation. *J Voice.* 2011;25(3):381-6.
37. Lima-Gregio AM, Dutka-Souza Jde C, Marino VC, Pegoraro-Krook MI, Barbosa PA. Spectral findings for vowels [a] and [a] at different velopharyngeal openings. *Pró-Fono.* 2010;22(4):515-20.
38. Sapir S, Ramig LO, Spielman JL, Fox C. Formant centralization ratio: a proposal for a new acoustic measure of dysarthric speech. *J Speech Lang Hear Res.* 2010;53(1):114-25.
39. Lee MT, Thorpe J, Verhoeven J. Intonation and phonation in young adults with Down syndrome. *J Voice.* 2009;23(1):82-7.
40. Loukina A, Kochanski G, Rosner B, Keane E, Shih C. Rhythm measures and dimensions of durational variation in speech. *J Acoust Soc Am.* 2011;129(5): 3258-70.
41. Vainio M, Jarvikivi J. Focus in production: tonal she, intensity and word order. *J Acoust Soc Am.* 2007;121(2): EL55-61.
42. Hay J, Drager K, Warren P. Short-term exposure to one dialect affects processing of another. *Lang Speech.* 2010;53(Pt 4):447-71
43. Redford MA, Gildersleeve-Neumann CE. The development of distinct speaking styles in preschool children. *J Speech Lang Hear Res.* 2009;52(6): 1434-48.
44. Zharkova N; Hewlett N; Hardcastle WJ. Coarticulation as an indicator of speech motor control development in children: an ultrasound study. *Motor Control;* 2011;15(1):118-40.
45. Adler-Bock M; Bernhardt BM; Gick B; Bacsfalvi P., The use of ultrasound in remediation of North American English /r/ in 2 adolescents. *Am J Speech Lang Pathol;* 2007;16(2):128-39.
46. Campbel F, Gick B, Wilson I, Vatikiotis-Bateson E. Spatial and Temporal Properties of Gestures in North American English /R/. *Lang Speech.* 2010; 53(Pt 1):49-69.

<http://dx.doi.org/10.1590/s1516-18462013005000049>

Recebido em: 28/02/2012

Aceito em: 27/05/2012

Endereço para correspondência:

Fernanda Marafiga Wiethan

Rua Júlio Nogueira, 130 – Bairro Uglione

Santa Maria – RS – Brasil

CEP: 97070-510

E-mail: fernanda_wiethan@yahoo.com.br