

Análise visual de parâmetros espectrográficos pré e pós-fonoterapia para disfonias

Visual analysis of spectrographic parameters before and after dysphonia therapy

Marcela Guimarães Côrtes¹, Ana Cristina Côrtes Gama²

RESUMO

Objetivo: Avaliar os efeitos da fonoterapia nos distúrbios da voz por meio de diferentes parâmetros acústicos pré e pós-fonoterapia. **Métodos:** Trata-se de estudo experimental retrospectivo no qual se analisou as gravações de vozes de 67 indivíduos submetidos à reabilitação vocal. Os espectrogramas pré e pós-terapia fonoaudiológica foram julgados por quatro fonoaudiólogas. Os parâmetros para análise foram: forma do traçado, grau de escurecimento dos harmônicos, estabilidade do traçado dos harmônicos, presença de ruído, presença de harmônicos e de sub-harmônicos. Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística, em que também se buscou observar a eventual diferença de padrões entre gêneros e diagnósticos. **Resultados:** Não houve diferença estatisticamente significativa entre a forma do traçado espectrográfico nas condições pré e pós-fonoterapia, porém a maioria dos pacientes (58%) obteve melhora. O grau de escurecimento manteve-se estável nas condições pré e pós-fonoterapia ($p=0,000$). Houve significativa melhora espectrográfica, após a fonoterapia, para os parâmetros de estabilidade do traçado ($p=0,006$), presença de ruído ($p=0,007$), harmônicos ($p=0,000$) e sub-harmônicos ($p=0,001$). Não houve relação entre o gênero do paciente e o grau de melhora espectrográfica. Em relação ao diagnóstico, apenas o parâmetro forma do traçado apresentou diferenças significativas. **Conclusão:** Apesar de não terem sido encontradas mudanças significativas em todos os parâmetros avaliados, a espectrografia acústica demonstrou ser um instrumento eficaz para avaliar a evolução da voz do paciente no processo terapêutico, sendo complementar à avaliação perceptivo-auditiva e fazendo parte de um protocolo multidimensional.

Descritores: Disfonia/diagnóstico; Voz; Distúrbios da voz/reabilitação; Acústica da fala; Espectrografia do som; Fonoterapia

INTRODUÇÃO

Os laboratórios de voz auxiliam a avaliação objetiva no início do tratamento, de forma a traçar uma linha de base do desvio da voz; para medir o grau de variação ou não do padrão vocal. Tal análise permite, portanto, mensurar a evolução da fonoterapia; como também avaliar os momentos pré e pós-operatório de cirurgias laríngeas. A espectrografia é uma das principais ferramentas para o monitoramento visual das características acústicas da emissão.

O espectrograma é um gráfico tridimensional, obtido a partir da relação entre frequência, intensidade e tempo. Da

representação da frequência e seus harmônicos provêm estrias horizontais. A coloração ou escurecimento dos harmônicos representa a intensidade do sinal acústico⁽¹⁻³⁾. A espectrografia acústica de faixa estreita é a mais indicada para análise dos harmônicos, porque os mesmos são mais bem evidenciados, a partir do cálculo matemático da Transformada de Fourier⁽²⁻⁴⁾.

Vários autores tentam correlacionar os dados espectrográficos aos diversos tipos de vozes^(2,3,5-7), e também verificar como a análise acústica refletia os efeitos da terapia fonoaudiológica. Entre eles, alguns utilizam, como ferramenta, o espectro médio de longo termo^(8,9), outros utilizam medidas acústicas de análise em curto prazo^(10,11), ou o fonetograma^(1,3). Foi encontrado apenas um estudo que utiliza a espectrografia acústica – com espectro de banda larga – na avaliação do processo terapêutico⁽¹⁾. Tais estudos, em sua maioria, apresentam número reduzido de sujeitos^(1,10) – quando comparados com o presente estudo –, restringem-se a determinados tipos de disfonias^(1,8-10), reúnem dados obtidos após tempo exíguo de evolução da disfonia⁽¹⁰⁻¹²⁾ ou selecionam técnicas terapêuticas específicas^(9,10).

A descrição dos parâmetros espectrográficos da voz ao final da terapia, permite avaliar o resultado do tratamento,

Trabalho realizado no Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

(1) Pós-graduanda (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde - Saúde da Criança e do Adolescente da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

(2) Doutora, Professora Adjunta do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

Endereço para correspondência: Marcela Guimarães Côrtes. R. Herval, 266/301, Serra, Belo Horizonte (MG), Brasil, CEP: 30240-010. E-mail: cela_cortes@yahoo.com.br

Recebido em: 31/5/2009; **Aceito em:** 24/8/2009

além de fornecer dados objetivos das mudanças observadas na avaliação perceptivo-auditiva, tanto para o terapeuta quanto para o paciente⁽¹⁾.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento dos diferentes parâmetros espectrográficos nos momentos pré e pós-fonoterapia dos pacientes com diferentes tipos de disfonia.

MÉTODOS

Foram analisados os registros das vozes de 67 indivíduos – 23 homens e 44 mulheres, entre 18 e 78 anos – os quais foram submetidos à reabilitação vocal com uma única profissional.

Para determinação do número de vozes analisadas, foi realizado cálculo amostral com fórmula para amostra aleatória simples, sem reposição, para populações infinitas. O nível de significância considerado foi de 5% e o erro admitido, de 0,10, determinando-se um total de 67 vozes.

As vozes analisadas foram gravadas em dois momentos; o primeiro registro foi realizado na situação de avaliação da voz na primeira consulta e o segundo na sessão de alta fonoaudiológica. O tempo entre as gravações variou de acordo com o diagnóstico do paciente e a evolução da terapia.

Os critérios de inclusão para a amostra foram: ter diagnóstico otorrinolaringológico e fonoaudiológico de disfonia e ter tido suas vozes registradas nos dois momentos. Os critérios utilizados para a alta fonoaudiológica foram: o paciente apresentar qualidade vocal adaptada às suas condições anátomo-funcionais; não possuir queixa de fadiga vocal; ter alcançado funcionalidade para cumprir as exigências de sua demanda social e/ou profissional. O tempo de terapia variou de três a 28 sessões por paciente, com uma média de 9,64 sessões.

O número de sessões variou em função do tipo de disfonia e do grau de adesão do paciente ao processo terapêutico.

O objetivo da fonoterapia em todos os casos foi o de obter a melhor produção vocal, sem a presença de fadiga. No tratamento fonoaudiológico utilizou-se abordagem global, priorizando os aspectos de orientação, psicodinâmica e treinamento vocal⁽¹³⁾.

Os diagnósticos otorrinolaringológicos foram: cisto (18), edema de Reinke (08), nódulo (06), sulco (05), pólipos (05), paralisia (04), paresia (03), presbifonia (03), leucoplasia (03), sulco e cisto (02), fenda triangular médio-posterior (01), fenda fusiforme anterior (01), cicatriz (01), falsete mutacional (01), afonia de conversão (01), síndrome de tensão músculo-esquelética primária (01), edema (01), pólipos e cisto (01). Além destes 65 pacientes, dois pacientes receberam diagnóstico neurológico de doença de Parkinson idiopática, com ausência de alteração laríngea.

Alguns pacientes foram submetidos exclusivamente ao tratamento fonoaudiológico enquanto que outros realizaram a fonoterapia após microcirurgia de laringe.

As vozes foram coletadas de um banco de dados de consultório particular, com a autorização do profissional responsável, o qual é também um dos autores da pesquisa. O material de voz colhido foi a emissão sustentada da vogal /a/ sem variação de frequência ou de intensidade, prolongada de modo habitual.

A gravação das vozes arquivadas foi realizada diretamente

em computador PC IBM® Aptiva E30P, processador AMD-K6-2/500 MHz, memória de 128 MB RAM, espaço de disco 8,4 GB, placa de som *Crystal SoundFusion*. O computador foi equipado com microfone profissional, do tipo condensado, estéreo, omni-direcional, com sensibilidade de -20 dB, da marca Equitek® E-100, ligado a uma fonte de eletricidade (*PhantonPower*) de uma mesa de som marca Mackie® 1202 VLZ – 12 canais. Os indivíduos estavam em pé, com o microfone situado a 10 cm da boca e com ângulo de captação direcional de 90°. O microfone estava deslocado do corpo da unidade de gravação para evitar captação de ruído do maquinário. As gravações foram realizadas em ambiente silente.

Os arquivos foram abertos no programa Gram 5.0, o qual produz a imagem espectrográfica do som. Essas análises foram geradas em mono, *sample rate* de 11k e resolução de 16 bit e as espectrografias, criadas em escala de 60dB em *display scroll* e paleta CB. A análise das frequências foi realizada em escala linear, banda estreita, FFT 1024 e resolução de 5.4 Hz.

Os espectrogramas pré e pós-terapia fonoaudiológica foram analisados por três fonoaudiólogas, as quais realizaram treinamento prévio sobre os parâmetros espectrográficos analisados, com duração total de quatro horas, em dois dias consecutivos. Os avaliadores analisaram 300 espectrogramas gerados a partir de vozes disfônicas e não-disfônicas, que não pertenciam ao grupo de estudo e que apresentavam as mesmas especificações de gravação e de geração do traçado espectrográfico. Foi desenvolvido um protocolo especialmente para este treinamento (Anexo 1).

Quando houve discordância entre os avaliadores, foi considerada a análise de uma quarta fonoaudióloga especialista em voz, como critério de desempate.

Para garantir a qualidade da análise dos parâmetros espectrográficos dos avaliadores, os valores de confiabilidade usados para determinar a concordância das respostas obtidas pelos examinadores antes e após o treinamento visual foram determinados pelo cálculo do coeficiente Kappa. Os parâmetros espectrográficos analisados apresentaram confiabilidade entre moderada e excelente após o treinamento, com exceção da estabilidade que apresentou confiabilidade pobre tanto antes quanto depois do treinamento visual, representados em três tabelas (Anexo 2). Para análise dos espectrogramas das 67 vozes, foi utilizado o Protocolo de Análise Visual/Espectrográfica (Anexo 3), também desenvolvido pelos autores da pesquisa. Foi realizada análise espectrográfica, sem a apresentação das vozes dos sujeitos, para evitar que os avaliadores fossem influenciados pela presença do sinal sonoro. Os espectrogramas pré e pós-fonoterapia eram apresentados conjuntamente. Os avaliadores sabiam quais eram os traçados que representavam as condições pré e pós-fonoterapia de cada indivíduo e foram solicitados a julgar o tipo de modificação para cada parâmetro espectrográfico, de acordo com a seguinte escala: 0 = houve piora, 1 = manteve-se estável, 2 = houve melhora. Os parâmetros para análise foram:

- Forma do traçado espectrográfico: esse parâmetro traz dados sobre a regularidade dos harmônicos, segundo os critérios de regularidade, irregularidade ou ausência.
- Grau de escurecimento dos harmônicos: que se relaciona à cor dos harmônicos no espectro. Essas cores variam do

- azul, amarelo ao vermelho, indicando graus de escurecimento fraco, normal e forte, respectivamente;
- Estabilidade do traçado dos harmônicos: relaciona-se à estabilidade ou instabilidade do traçado espectrográfico, sendo estável quando contínuo, sem falhas ou interrupções, e instável quando ocorrem interrupções ou oscilações no espectrograma;
 - Presença de ruído: caracteriza-se por uma imagem sombreada no espectrograma, relacionada à presença de ruído à emissão, podendo estar presente ou ausente;
 - Presença de harmônicos: refere-se à frequência fundamental e seus harmônicos – que costumam estar presentes até 5 kHz;
 - Presença de sub-harmônicos: caracteriza-se pela ocorrência de traçados entre dois harmônicos consecutivos, revelando uma frequência de vibração diferente à das pregas vocais quando presentes; são uma duplicação completa ou parcial dos harmônicos, observados em emissões de pregas vocais com diferença de tensão ou massa, por exemplo em paralisia ou sulco vocal;

Dentre as 67 vozes analisadas, 22 apresentaram sub-harmônicos no traçado espectrográfico. Dessa forma, foram considerados apenas os espectrogramas nos quais foi constatada presença de sub-harmônico em alguma situação (pré e/ou pós-fonoterapia).

Após avaliação, foram utilizados os valores de maior ocorrência em cada parâmetro dos espectrogramas.

Os resultados obtidos foram, posteriormente, agrupados por gênero e por tipo de disфония, sendo esse definido de acordo com a classificação que segue as seguintes categorias:

funcionais, organofuncionais e orgânicas⁽¹⁴⁾, com exceção das alterações estruturais mínimas da cobertura (AEMC) por se constituírem, em nossa amostra, um grupo de alta prevalência. Os tipos de disфония foram, portanto, assim distribuídos: AEMC (25), disфонияs funcionais (05), disфонияs organofuncionais (24) e disфонияs orgânicas (13).

Para a avaliação estatística dos dados utilizou-se o teste Qui-quadrado de bondade de ajuste. Para a análise da associação dos resultados da avaliação pré e pós fonoterapia com o gênero utilizou-se o teste Qui-quadrado de Pearson e com o tipo de disфония, o teste não paramétrico de Kruskal Wallis (teste H). Foram considerados significativos os resultados em que o valor de p foi menor que 0,05.

Todos os participantes deste estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), concordando em participar da pesquisa. Este trabalho foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e aprovado com o número ETIC 051/07.

RESULTADOS

Os resultados encontrados na análise geral estão na Tabela 1, onde se observa o cruzamento entre os diversos parâmetros espectrográficos nas comparações pré e pós-fonoterapia.

Não houve relação estatisticamente significativa entre gênero e as comparações pré e pós-fonoterapia dos pacientes em nenhum dos parâmetros espectrográficos (Tabela 2).

Na análise por tipo de disфония, o único parâmetro que apresentou diferença estatisticamente significativa foi a forma do traçado (Tabelas 3, 4 e 5).

Tabela 1. Cruzamento entre os diversos parâmetros espectrográficos e dos resultados obtidos nas comparações pré e pós-fonoterapia

Parâmetros espectrográficos	Melhora		Estável		Piora		Valor de p
	N	%	N	%	N	%	
Forma do traçado	39	58	28	42	0	0	0,179
Grau de escurecimento	16	23,88	51	76,2	0	0	0,000*
Estabilidade	40	59,70	19	28,36	8	11,94	0,006*
Presença de ruído	41	61,19	20	29,85	6	8,96	0,007*
Presença de harmônicos	58	59,70	4	5,97	5	7,46	0,000*
Sub-harmônicos	19	86,36	1	4,55	2	9,99	0,001*

Teste Qui-quadrado de bondade de ajuste

* Valores estatisticamente significantes ($p < 0,05$)

Tabela 2. Cruzamento entre os diversos parâmetros espectrográficos dos resultados obtidos nas comparações pré e pós-fonoterapia por gênero

	Melhora		Estável		Piora		Total		Valor de p
	F	M	F	M	F	M	F	M	
Forma do traçado	23	16	21	7	0	0	44	23	0,173
Grau de escurecimento	11	5	33	18	0	0	44	23	0,766
Estabilidade	23	17	14	5	7	1	44	23	0,181
Presença de ruído	26	15	13	7	5	1	44	23	0,629
Presença de harmônicos	38	20	3	1	3	2	44	23	0,893
Sub-harmônicos	12	7	0	1	2	0	14	8	0,819

Teste Qui-quadrado de Pearson

Legenda: F = feminino; M = masculino

Tabela 3. Distribuição dos resultados obtidos nas comparações pré e pós-fonoterapia nos parâmetros espectrográficos de forma do traçado, grau de escurecimento e estabilidade do traçado por tipo de disфония

Tipo de disфония	Forma do traçado			Grau de escurecimento			Estabilidade do traçado			Total	
	Melhora	Estável	Piora	Melhora	Estável	Piora	Melhora	Estável	Piora	N	%
AEMC	19	6	0	7	18	0	16	5	4	25	37,31
Organofuncionais	9	15	0	4	20	0	13	10	1	24	35,82
Orgânicas	9	4	0	4	9	0	9	3	1	13	19,40
Disfonias funcionais	2	3	0	1	4	0	2	1	2	5	7,46
Total	39	28	0	16	51	0	40	19	8	67	100
Valor de p	0,034*			0,733			0,536				

Teste Kruskal Wallis

* Valores estatisticamente significantes ($p < 0,05$)

Legenda: AEMC = alterações estruturais mínimas de cobertura de pregas vocais

Tabela 4. Distribuição dos resultados obtidos nas comparações pré e pós-fonoterapia nos parâmetros espectrográficos de presença de ruído e presença de harmônicos por tipo de disфония

Tipo de disфония	Presença de ruído			Presença de harmônicos			Total	
	Melhora	Estável	Piora	Melhora	Estável	Piora	N	%
AEMC	18	6	1	23	0	2	25	37,31
Organofuncionais	12	8	4	21	1	2	24	35,82
Orgânicas	8	4	1	11	2	0	13	19,40
Disfonias funcionais	3	2	0	3	1	1	05	07,46
Total	41	20	6	58	4	5	67	100
Valor de p	0,384			0,328				

Teste Kruskal Wallis

Legenda: AEMC = alterações estruturais mínimas de cobertura de pregas vocais

Tabela 5. Distribuição dos resultados obtidos nas comparações pré e pós-fonoterapia de sub-harmônicos do traçado espectrográfico por tipo de disфония

Tipo de disфония	Presença de sub-harmônicos (grupo II)			Total	
	Melhora	Estável	Piora	N	%
AEMC	8	1	0	9	40,9
Organofuncionais	6	0	0	6	27,27
Disfonias funcionais	3	0	0	3	13,63
Orgânicas	2	0	2	4	18,18
Total	19	1	2	22	100
Valor de p	0,100				

Teste Kruskal Wallis

Legenda: AEMC = alterações estruturais mínimas de cobertura de pregas vocais

DISCUSSÃO

A análise espectrográfica fornece dados sobre a produção vocal e pode ser utilizada como ferramenta complementar à avaliação perceptivo-auditiva⁽¹⁴⁾.

Apesar das diferenças metodológicas de pesquisas que analisaram os efeitos da terapia fonoaudiológica na análise acústica utilizando o espectro médio de longo termo^(8,9), medidas acústicas de análise em curto prazo⁽¹⁰⁻¹²⁾, fonetograma⁽¹²⁾ e a espectrografia acústica⁽¹⁾, os resultados do presente estudo concordam com os achados da literatura, em que se observou melhora acústica após a fonoterapia.

Ao analisar as modificações ocorridas no traçado espectrográfico de faixa estreita de todos os sujeitos, observa-se que, quanto ao parâmetro espectrográfico referente à forma do traçado (Tabela 1), não houve melhora estatisticamente significativa na condição pós-fonoterapia, apesar de 58% dos traçados apresentarem melhora deste parâmetro. A irregularidade do traçado relaciona-se à periodicidade do sinal acústico e, quanto maior a alteração vocal, maior a aperiodicidade^(3,15). Esses resultados podem estar relacionados, portanto, ao fato de vários espectrogramas (42%) não demonstrarem irregularidade ou ausência do traçado na situação inicial de tratamento, mantendo-se, portanto, estáveis. Tal achado difere dos resultados encontrados por outro estudo⁽¹⁾, em que houve aumento da periodicidade e melhora da estrutura do traçado. Esta diferença também pode correlacionar-se ao pequeno número de sujeitos envolvidos na referida pesquisa, uma vez que, o reduzido tamanho da amostra pode não ter assegurado um poder estatístico suficiente ao estudo.

Em relação ao grau de escurecimento do traçado (Tabela 1), observou-se estabilidade estatisticamente significativa, sendo que a maioria dos traçados (76%) manteve mesmo grau de escurecimento após a fonoterapia. Este parâmetro relaciona-se ao *loudness*, o qual depende da resistência glótica relacionada à tonicidade laríngea⁽³⁾. O achado indica que a maioria dos indivíduos do presente estudo não apresentavam alteração no *loudness* antes da fonoterapia. Não há relatos de estudos que correlacionem o escurecimento do traçado espectrográfico e o resultado da fonoterapia em pacientes que apresentem

alterações de *loudness*, decorrente de alterações na coaptação glótica e/ou do padrão ressonantal.

Ainda na Tabela 1, pode-se observar melhora significativa na estabilidade do traçado espectrográfico (59,70%). A melhora da estabilidade pode ser interpretada como resultado de diminuição e/ou eliminação das falhas e interrupções do traçado, características de quebras de sonoridade ou de frequência ou oscilações de frequência. Tal parâmetro correlaciona-se com a harmonia de vibração da mucosa das pregas vocais⁽³⁾.

Também houve melhora significativa quanto à presença de ruído (Tabela 1), com a diminuição do mesmo após a fonoterapia (61,19%). A presença de ruído correlaciona-se com a aperiodicidade de vibração de pregas vocais e com a rouquidão^(5,15). A diminuição do ruído após fonoterapia sugere aumento da periodicidade de vibração e melhora dopadrãovocal. Um estudo que correlacionou as avaliações perceptivo-auditiva, acústica e laringoestroboscópica antes e depois da fonoterapia, verificou melhora laringoestroboscópica e diminuição das medidas acústicas – como *jitter*, *shimmer* e NHR – sem melhora perceptivo-auditiva. Segundo o autor, tais métodos demonstram melhora da vibração das pregas vocais, sem que haja mudança aparente ao ouvinte⁽¹¹⁾.

Em relação à presença de harmônicos (Tabela 1), também houve melhora significativa após a fonoterapia (59,7%), ou seja, houve aumento da quantidade de harmônicos no espectro. Este achado sugere que os traçados anteriores à fonoterapia apresentavam pouca quantidade de harmônicos, com ou sem substituição destes por ruído. Houve, portanto, aumento da estrutura harmônica decorrente tanto da produção dos mesmos pela fonte glótica quanto da amplificação destes pelo trato vocal. Não foram encontrados estudos que correlacionem os efeitos da terapia com a presença de harmônicos.

Dentre as 22 vozes que apresentaram sub-harmônicos no traçado espectrográfico, houve melhora em 86,36% (Tabela 1). O número de indivíduos com melhora foi significativamente maior que o número de indivíduos estáveis (4,55%) ou com piora de sub-harmônicos (9,99%). A diminuição/eliminação dos sub-harmônicos, de acordo com os correlatos encontrados na literatura, está associada à melhora da regularidade à fonação⁽³⁾.

Não foi observada, em momento algum, diferença estatisticamente significativa entre os resultados dos parâmetros espectrográficos por gênero (Tabela 2). Alguns estudos também encontraram resultados semelhantes a esse^(10,11). Tal resultado difere, entretanto, dos achados de dois outros estudos. O primeiro, realizado com espectro médio de longo termo, demonstrou aumento da frequência fundamental e do primeiro formante no gênero feminino⁽⁸⁾. O segundo estudo encontrou melhora evidente no fonetograma de indivíduos do sexo masculino⁽¹²⁾. Outras pesquisas demonstraram que o gênero interfere nos valores das medidas acústicas em curto prazo^(16,17). É importante salientar que nenhum desses estudos utilizou a espectrografia acústica. Na análise por tipo de disфония verificou-se diferença estatisticamente significativa apenas para a forma do traçado (Tabela 3). Os sujeitos com AEMCe disfonias orgânicas apresentaram melhora na forma do traçado na condição pós-fonoterapia. Nas disfonias organofuncionais, entretanto, a forma do traçado se manteve predominantemente estável após a terapia. Tal achado pode estar correlacionado à

forma do traçado na situação anterior à fonoterapia, uma vez que os indivíduos com AEMC e disfonias orgânicas tendem a apresentar maior alteração vocal e, por isso, um traçado espectrográfico mais irregular. Tais resultados concordam com os achados da literatura, em que se observou que os sujeitos que apresentavam medidas acústicas mais alteradas obtiveram um gradiente de melhora superior ao dos indivíduos que apresentam valores mais perto do normal no início da terapia⁽¹¹⁾.

Para os demais parâmetros espectrográficos nos momentos pré e pós fonoterapia, não houve evidências de correlação como tipo de disфония (Tabelas 3 a 5); nota-se contudo, que a melhora dos parâmetros é sempre mais frequente, independente do tipo de diagnóstico. Existem alguns casos isolados em que isso não se observa, possivelmente pelo fato de amostra de estudo ser numericamente insuficiente. Um estudo que avaliou o efeito da fonoterapia observado no fonetograma das vozes analisadas verificou diferenças não muito claras entre as categorias diagnósticas, observando-se apenas pouca melhora dos indivíduos com paralisia de pregas vocais⁽¹²⁾. Outro estudo, que utilizou medidas acústicas em curto prazo, demonstrou também pouca melhora dos indivíduos com paralisia e melhora importante em sujeitos com nódulos vocais e pequenas alterações de pregas vocais, embora sem diferenças estatisticamente significantes⁽¹¹⁾. Estes resultados se assemelham aos do presente estudo, que apesar de ter encontrado diferença estatisticamente significativa apenas para o parâmetro forma do traçado, comparando-se os momentos pré e pós fonoterapia, os demais parâmetros espectrográficos demonstram uma tendência de melhora (Tabelas 3 a 5).

Foi intencional, na metodologia do presente estudo, a utilização de um protocolo em que o avaliador deveria quantificar o nível de melhora do traçado espectrográfico, observando as condições pré e pós-fonoterapia conjuntamente. Embora ciente da possibilidade deste tipo de avaliação influenciarem o julgamento do avaliador e conseqüentemente prejudicando a validade do estudo, esta escolha fez-se necessária para que se pudesse englobar maior número de sujeitos, com diferentes diagnósticos e, conseqüentemente, diferentes graus de disфония, com diferentes fatores etiológicos.

A espectrografia acústica, além de aumentar a confiabilidade da avaliação⁽¹⁸⁾, parece ser um instrumento eficaz para avaliar a evolução do processo terapêutico, ainda que seja uma análise complementar à avaliação perceptivo-auditiva. É importante ressaltar que este tipo de análise representa parte da avaliação vocal, que deve ser realizada por meio da utilização de um protocolo amplo, incluindo a avaliação perceptivo-auditiva, videoestroboscópica, aerodinâmica e os protocolos de qualidade de vida⁽¹⁹⁾.

O espectrograma mostrou ser um instrumento útil para monitorar o processo terapêutico e a melhora do padrão vocal e deve, então, ser incluído em um protocolo multidimensional de avaliação e acompanhamento vocal.

CONCLUSÃO

A espectrografia acústica demonstrou ser um instrumento eficaz para avaliar a evolução da voz do paciente no processo terapêutico, ainda que não tenham sido encontradas mudan-

ças significativas em todos os parâmetros avaliados. Cabe ressaltar que a análise espectrográfica deve ser complementar

à avaliação perceptivo-auditiva, como parte de um protocolo multidimensional.

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the effects of vocal therapy on voice disorders using different spectrographic parameters, before and after therapy. **Methods:** This experimental retrospective study analyzed voice recordings of 67 dysphonic patients that had attended vocal therapy. Pre- and post-treatment spectrograms were analyzed by four speech-language pathologists. The following parameters were analyzed: spectrogram regularity, harmonic colors, spectrogram stability, presence of noise components, presence of harmonic and sub-harmonics. Data were submitted to statistical analysis, which aimed at identifying different patterns between genders and diagnoses. **Results:** There was no difference between pre and post-therapy conditions for spectrogram regularity, however, most patients (58%) showed improvement. Harmonic colors remained stable ($p=0.000$). Significant improvement was observed, after voice therapy, regarding spectrogram stability ($p=0.006$), and presence of noise ($p=0.007$), harmonics ($p=0.000$) and sub-harmonics components ($p=0.001$). No relation was found between patient's gender and spectrographic improvement. Regarding diagnoses, differences caused by therapy were only significant for spectrogram regularity. **Conclusions:** Not all evaluated parameters showed significant improvements with therapy, however, acoustic spectrography proved to be an efficient tool to evaluate patients' progresses during vocal rehabilitation, complementing auditory-perceptual evaluation and composing a multidimensional assessment protocol.

Keywords: Dysphonia/diagnosis; Voice; Voice disorders/rehabilitation; Speech acoustics; Sound spectrography; Speech therapy

REFERÊNCIAS

- Rontal E, Rontal M, Rolnick MI. Objective evaluation of vocal pathology using voice spectrography. *Ann OtolRhinolLaryngol.* 1975;84(5 Pt 1):662-71.
- Pontes PAL, Vieira VP, Gonçalves MIR, Pontes AAL. Características das vozes roucas, ásperas e normais: análise acústica espectrográfica comparativa. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2002;68(2):182-8.
- Drumond LB, Gama ACC. Correlação entre dados espectrográficos e perceptivo-auditivos de vozes disfônicas. *Fono Atual.* 2006;8(35):49-58.
- Koenig W, Dunn HK, Lacy LY. The sound spectrograph. *J Acoust Soc Am.* 1946;18:19-49.
- de Krom G. Some spectral correlates of pathological breathy and rough voice quality for different types of vowel fragments. *J Speech Hear Res.* 1995;38(4):794-811.
- Núñez Batalla F, Corte Santos P, Señaris Gonzáles B, Rodríguez Prado N, Suárez Nieto C. Evaluación espectral cuantitativa de la hipofunción vocal. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2004;55(7):327-33.
- Nemr K, Amar A, Abrahão M, Leite GCA, Köhle J, Santos AO, Correa LAC. Análise comparativa entre avaliação fonoaudiológica perceptivo-auditiva, análise acústica e laringoscopias indiretas para avaliação vocal em população com queixa vocal. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2005;71(1):13-7.
- Kitzing P, Akerlund L. Long-time average spectrograms of dysphonic voices before and after therapy. *Folia Phoniatr (Basel).* 1993;45(2):53-61.
- Tanner K, Roy N, Ash A, Buder EH. Spectral moments of long-term average spectrum: sensitive indices of voice change after therapy? *J Voice.* 2005;19(2):211-22.
- Fex B, Fex S, Shiromoto O, Hirano M. Acoustic analysis of functional dysphonia: before and after voice therapy (accent method). *J Voice.* 1994;8(2):163-7.
- Speyer R, Wieneke GH, Dejonckere PH. Documentation of progress in voice therapy: perceptual, acoustic, and laryngostroboscopic findings pretherapy and posttherapy. *J Voice.* 2004;18(3):325-40.
- Speyer R, Wieneke GH, van Wjick-Warnaar I, Dejonckere PH. Effects of voice therapy on the voice range profiles of dysphonic patients. *J Voice.* 2003;17(4):544-56.
- Behlau M, Madazio G, Feijó D, Azevedo R, Gielow I, Rehder MI. Aperfeiçoamento vocal e tratamento fonoaudiológico nas disfonias. In: Behlau M. *Voz: o livro do especialista.* Rio de Janeiro: Revinter; 2004-2005. cap. 13. p. 419-30.
- Behlau M, Azevedo R, Pontes P. Conceito de voz normal e classificação das disfonias. In: Behlau M. *Voz: o livro do especialista.* Rio de Janeiro: Revinter; 2001. cap. 2. p. 53-79.
- Yanagihara N. Significance of harmonic changes and noise components in hoarseness. *J Speech Hear Res.* 1967;10(3):531-41.
- Glaze LE, Bless DM, Milenkovic P, Susser RD. Acoustic characteristics of children's voice. *J Voice.* 1988;2(4):312-9.
- Jafari M, Till JA, Truesdell LF, Law-Till CB. Time-shift, trial, and gender effects on vocal perturbation measures. *J Voice.* 1993;7(4):326-36.
- Martens JW, Versnel H, Dejonckere PH. The effect of visible speech in the perceptual rating of pathological voices. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2007;133(2):178-85.
- Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P, Cornut G, Crevier-Buchmanet L, Friedrich G, Van De Heyning P, Remacle M, Woisard V; Committee on Phoniatrics of the European Laryngological Society (ELS). A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. Guideline elaborated by the Committee on Phoniatrics of the European Laryngological Society (ELS). *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2001;258(2):77-82.

Anexo 1. Protocolo de avaliação visual/espectrográfica utilizado no treinamento da análise espectrográfica

Avaliador: _____

Data: ____/____/____ Espectrograma número: _____

- Forma do traçado dos harmônicos:
 regular irregular ausente
- Grau de escurecimento dos harmônicos:
 normal forte fraco
- Estabilidade do traçado dos harmônicos:
 estável instável
- Presença de ruído entre harmônicos:
 presente ausente
 _____ Hz a _____ Hz
- Presença de harmônicos até _____ Hz
- Presença de sub-harmônicos:
 presente ausente

Anexo 2. Comparações entre avaliadores antes e depois do treinamento e confiabilidade inter-avaliadores

Parâmetro	Avaliadores (antes)		
	1-2	1-3	2-3
Forma	0,400	0,500	0,500
Escurecimento	0,330	0,382	0,289
Estabilidade	0,196	-0,130	-0,05
Ruído	0,571	0,572	0,700
Harmônico	0,591	0,610	0,300
Sub-harmônicos	0,710	0,902	0,628
Kappa			

Parâmetro	Avaliadores (depois)		
	1-2	1-3	2-3
Forma	0,520	0,520	0,800
Escurecimento	0,583	0,517	0,750
Estabilidade	0,560	0,189	0,106
Ruído	0,778	0,990	0,778
Harmônico	0,583	0,250	0,515
Sub-harmônicos	0,830	0,750	0,917
Kappa			

Confiabilidade inter-avaliadores

	Avaliador		
	1	2	3
Antes do treinamento	0,85	0,754	0,745
Depois do treinamento	0,90	0,90	0,95

Kappa:

- entre 0,6 e 0,8: substancial
- acima de 0,8: excelente

Anexo 3. Protocolo de avaliação visual/espectrográfica utilizado na avaliação espectrográfica

Avaliador: _____

Data: ____/____/____ Espectrograma número: _____

- Forma do traçado dos harmônicos:
 0 – Houve piora
 1 – Manteve-se estável
 2 – Houve melhora
- Grau de escurecimento dos harmônicos:
 0 – Houve piora
 1 – Manteve-se estável
 2 – Houve melhora
- Estabilidade do traçado dos harmônicos:
 0 – Houve piora
 1 – Manteve-se estável
 2 – Houve melhora
- Presença de ruído:
 0 – Houve piora
 1 – Manteve-se estável
 2 – Houve melhora
- Presença de harmônicos:
 0 – Houve piora
 1 – Manteve-se estável
 2 – Houve melhora
- Presença de sub-harmônicos:
 0 – Houve piora
 1 – Manteve-se estável
 2 – Houve melhora