Marcela Guimarães Côrtes

ANÁLISE COMPARATIVA DOS PARÂMETROS ESPECTROGRÁFICOS DA VOZ ANTES E DEPOIS DA FONOTERAPIA

Monografia apresentada a Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Medicina, para obtenção do Título de Graduação em Fonoaudiologia.

Belo Horizonte

2007

Marcela Guimarães Côrtes

ANÁLISE COMPARATIVA DOS PARÂMETROS ESPECTROGRÁFICOS DA VOZ ANTES E DEPOIS DA FONOTERAPIA

Monografia apresentada a Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Medicina, para obtenção do Título de Graduação em Fonoaudiologia.

Orientador: Dra. Ana Cristina Côrtes Gama

Belo Horizonte

2007

Côrtes, Marcela Guimarães

Análise comparativa dos parâmetros espectrográficos da voz antes e depois da fonoterapia. / Marcela Guimarães Côrtes. -- Belo Horizonte, 2007.

xi, 39f.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Medicina.

Título em inglês: Comparative analysis of spectrography before and after voice therapy.

1.Distúrbios da voz. 2.Acústica. 3.Espectrografia. 4.Distúrbios da comunicação. 5.Fonoterapia. 6.Resultados de tratamento

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FACULDADE DE MEDICINA

DEPARTAMENTO DE FONOAUDIOLOGIA

Chefe do Departamento: Profª. Ana Cristina Côrtes Gama

Coordenadora do Curso de Graduação: Profª. Letícia Caldas Teixeira

Marcela Guimarães Côrtes

ANÁLISE COMPARATIVA DOS PARÂMETROS ESPECTROGRÁFICOS DA VOZ ANTES E DEPOIS DA FONOTERAPIA

PARECERISTA

Fga. Ana Cláudia Soares César Guerrieri

Aprovada em:_____/_____/_____

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, aqueles que sempre me apoiaram e me incentivaram a seguir na vida acadêmica. São eles meus maiores exemplos de amor e dedicação. Dedico, em especial, a minha mãe, quem sempre me ajudou nas inúmeras escolhas e quem me apresentou a Fonoaudiologia.

A Manah, além de irmã, amiga e companheira. A todos os familiares, pelo carinho e preocupação. Ao Fred, por estar ao meu lado em cada conquista, e pela disposição em sempre me ajudar.

Obrigada, a todos vocês, pela confiança e pelo apoio!

Agradecimentos

Agradeço, especialmente, à professora Ana Cristina Côrtes Gama, pela orientação e ajuda na elaboração deste trabalho.

Às amigas e futuras fonoaudiólogas, Clara Miranda, Iara Bassi e à fonoaudióloga Juliana Costa, pela disponibilidade e colaboração na realização desta pesquisa. Agradeço também a todas as colegas de turma pela amizade, pelo apoio e por todos os momentos vividos.

A todas as professoras, pelos ensinamentos e direcionamentos em minha vida acadêmica.

Aos estatísticos Ivair Ramos e Leandro Alves, pela análise dos dados.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente na concretização deste trabalho.

Sumário

Dedicatória v
Agradecimentos vi
Listas viii
Resumo xi
1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Objetivos Específicos 4
2 REVISÃO DE LITERATURA 5
2.1 Correlação entre avaliação espectrográfica e perceptivo-auditiva 6
2.2 Análise acústica antes e depois da fonoterapia 8
3 MÉTODOS 10
4 RESULTADOS 16
5 DISCUSSÃO 21
6 CONCLUSÕES 27
7 ANEXOS 29
8 REFERÊNCIAS 36
Abstract
Bibliografia Consultada

Lista de figuras

Figura 1. Imagem de um espectrograma regular,
com presença de harmônicos até 3KHz 32

Figura 2. Imagem de um espectrograma irregular,
com presença de harmônicos até 2KHz 32

Figura 3. Imagem de um espectrograma com grau de escurecimento normal 33

Figura 4. Imagem de um espectrograma instável, com oscilações de freqüência,
e com presença de harmônicos até 5KHz 33

Figura 5. Imagem de um espectrograma com presença de ruído
entre 1000 e 3000Hz 34

Figura 6. Imagem de um espectrograma com presença de sub-harmônicos 34

Lista de tabelas

Tabela 1. Cruzamento entre os diversos parâmetros espectrográficos
e o nível de melhora do traçado 17

Tabela 2. Cruzamento entre a presença de sub-harmônicos
e o nível de melhora do traçado 18

Tabela 3. Cruzamento entre os diversos parâmetros espectrográficos
e o nível de melhora do traçado por gênero 18

Tabela 4. Distribuição do nível de melhora na forma
do traçado espectrográfico por diagnóstico 18

Tabela 5. Distribuição do nível de melhora no grau de escurecimento
do traçado espectrográfico por diagnóstico 19

Tabela 6. Distribuição do nível de melhora na estabilidade
do traçado espectrográfico por diagnóstico 19

Tabela 7. Distribuição do nível de melhora na presença de ruído
do traçado espectrográfico por diagnóstico 19

Tabela 8. Distribuição do nível de melhora na presença de harmônicos
do traçado espectrográfico por diagnóstico 20

Tabela 9. Distribuição do nível de melhora de sub-harmônicos
do traçado espectrográfico por diagnóstico 20

Lista de abreviaturas e símbolos

AEMC	Alterações estruturais mínimas de cobertura de pregas vocais
APQ	Quociente de perturbação de amplitude
dB	Decibel
F_0	Freqüência fundamental
FFT	*Transformada de Fourier* (Fast Fourier Transform)
GRBASI	Escala de avaliação perceptivo-auditiva
Hz	Hertz
LTAS	Espectro médio de longo termo
NHR	Proporção harmônico-ruído
PPQ	Quociente de perturbação de freqüência

Resumo

Objetivo: Avaliar o comportamento dos diferentes parâmetros espectrográficos nos momentos pré e pós-fonoterapia. **Métodos:** Trata-se de um estudo experimental longitudinal, que analisou as gravações de vozes de 67 indivíduos submetidos à reabilitação vocal. O material de voz colhido foi a emissão sustentada da vogal /a/. Os espectrogramas pré e pós-terapia fonoaudiológica dos pacientes foram analisados por três Fonoaudiólogas, as quais estabeleceram o tipo de modificação para cada parâmetro espectrográfico, sendo 0 = houve piora, 1 = manteve-se estável, 2 = houve melhora. Os parâmetros para análise foram: *forma do traçado espectrográfico, grau de escurecimento dos harmônicos*, *estabilidade do traçado dos harmônicos, presença de ruído, presença de harmônicos, presença de sub-harmônicos*. Os dados obtidos foram submetidos a uma análise estatística, em que também se buscou observar a eventual diferença de padrões entre gênero e por diagnóstico. **Resultados:** Não houve diferença entre a *forma do traçado* espectrográfico nas condições pré e pós-fonoterapia. O *grau de escurecimento* manteve-se estável nas condições pré e pós-fonoterapia. Houve melhora espectrográfica significativa, após a fonoterapia, para os parâmetros *estabilidade do traçado*, *presença de ruído*, *presença de harmônicos* e *presença de sub-harmônicos*. 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. **Conclusões:** A espectrografia acústica é 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.

1 INTRODUÇÃO

A voz é um atributo exclusivo do ser humano, capaz de expressar suas idéias e pensamentos de acordo com suas emoções e sentimentos. Além de ser a maior responsável pela transmissão de uma mensagem, a voz transmite muito mais que palavras. É a identidade do indivíduo, também capaz de fornecer dados sobre seu estado de saúde geral.

Não há um conceito de voz normal, mas sabe-se que esta deve ser uma emissão agradável, sem esforços, e que se adeque aos interesses sociais, pessoais e profissionais do falante. Qualquer alteração na emissão vocal pode ser classificada como disfonia, sendo percebida pelo próprio falante ou ouvinte.

Existem diversas classificações para as disfonias. A mais utilizada, no Brasil, é o sistema de classificação de Behlau e Pontes, que leva em conta a etiologia do distúrbio vocal. Segundo esta classificação, as disfonias são divididas em: disfonia funcional, organofuncional e orgânica. (Behlau, 2001)

As disfonias funcionais são geradas por comportamento vocal inadequado. As organofuncionais, geralmente, são aquelas disfonias funcionais diagnosticadas tardiamente e, por isso, apresentam lesão secundária. Já as orgânicas independem do uso da voz e, geralmente, apresentam qualidade vocal bastante alterada. Sendo assim, a fonoterapia é o tratamento principal para vários tipos de disfonias e é traçado de acordo com os dados obtidos na avaliação.

Torna-se, então, necessária uma avaliação detalhada, tanto do otorrinolaringologista, quanto do fonoaudiólogo – e muitas vezes de outros profissionais, como professores de canto e neurologistas. O Comitê de Foniatria da Sociedade Européia de Laringologia sugere a utilização de um protocolo multidimensional, que inclua avaliação perceptivo-auditiva, videoestroboscópica, acústica, aerodinâmica e avaliação da auto-percepção da alteração vocal (Dejonckere *et al*, 2001).

A avaliação perceptivo-auditiva, embora subjetiva, é ainda a mais importante na prática clínica, porque leva em consideração não só os aspectos auditivos, mas também prosódicos, sociais e emocionais do falante (Behlau, 2001). Com o advento da tecnologia, entretanto, surgiram programas específicos para a avaliação vocal e, por conseguinte, análises mais objetivas, precisas e rápidas.

Os laboratórios de voz permitem a avaliação objetiva da mesma no início do tratamento, traçando uma linha de base do desvio da voz; para medir o grau de melhora do padrão vocal, permitindo, portanto, mensurar a evolução da fonoterapia; como também para avaliar os momentos pré e pós-operatório de cirurgias laríngeas. A

espectrografia é um dos principais métodos desta análise, a qual fornece o monitoramento visual das características acústicas da emissão.

A análise de medidas acústicas requer, entretanto, o conhecimento do sinal acústico e de sua estrutura, os quais podem revelar a qualidade e o funcionamento do aparelho fonador (Ternström, 2005). O sinal é classificado como Tipo 2 se há mudanças qualitativas no sinal acústico, como presença de sub-harmônicos ou oscilações de frequência; e Tipo 3 quando não há estrutura periódica aparente. (Titze, 1995)

Tal análise depende, ainda, do tipo de material utilizado: vogal sustentada ou amostra de fala. As vogais sustentadas são amplamente utilizadas em estudos da qualidade vocal, embora a fala contínua seja mais natural e próxima à realidade vocal. A utilização de amostra contínua de fala inclui outros fatores, tais como dialeto, prosódia e articulação, os quais dificultam a análise da qualidade vocal. (de Krom, 1995)

Existem diversas medidas acústicas, as mais utilizadas são: medidas a curto prazo (freqüência fundamental, jitter, shimmer, quociente de perturbação de freqüência, quociente de perturbação de amplitude e proporção harmônico-ruído), perfil de extensão vocal (fonetogramas) e espectrografia acústica (espectrogramas e espectro médio de longo termo – LTAS).

O espectrograma, um gráfico tridimensional, é dado pela relação entre freqüência por tempo e sua representação provê estrias horizontais, denominadas harmônicos. A coloração ou escurecimento dos harmônicos representa a intensidade do sinal acústico. (Pontes *et al*, 2002). A espectrografia pode, então, ser utilizada como ferramenta na clínica fonoaudiológica, fornecendo dados acústicos, por meio da análise visual do traçado espectrográfico, na avaliação e na análise da evolução do processo terapêutico.

O objetivo do presente trabalho é avaliar o comportamento dos diferentes parâmetros espectrográficos nos momentos pré e pós fonoterapia.

1.1 Objetivos Específicos:

1. Avaliar a forma do traçado espectrográfico antes e depois da fonoterapia;
2. Avaliar o grau de escurecimento dos harmônicos antes e depois da fonoterapia;
3. Avaliar a estabilidade do traçado dos harmônicos antes e depois da fonoterapia;
4. Avaliar a presença de ruído antes e depois da fonoterapia;
5. Avaliar a presença de harmônicos antes e depois da fonoterapia;
6. Avaliar a presença de sub-harmônicos antes e depois da fonoterapia;
7. Avaliar a relação entre o gênero e cada parâmetro espectrográfico antes e depois da fonoterapia;
8. Avaliar a relação entre o diagnóstico e cada parâmetro espectrográfico antes e depois da fonoterapia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A espectrografia acústica ganhou ampla repercussão após a Segunda Guerra Mundial, quando o *espectrógrafo do som* era utilizado como recurso militar. Desde então, transformou-se em um instrumento para os laboratórios de voz. O espectrograma é gerado pela ferramenta matemática *Transformada de Fourier* (Fast Fourier Transform – FFT), a qual possibilita a decomposição do sinal acústico. Dentre as diversas possibilidades de espectrografia, estão o espectro médio de longo termo (LTAS) e a espectrografia, seja de banda estreita, seja de banda larga. O LTAS mostra, no eixo das abscissas, o nível de pressão sonora e no das ordenadas, a freqüência. A espectrografia representa, no eixo das abscissas, a freqüência, no das ordenadas, o tempo, e, no grau de escurecimento, a intensidade do estímulo. Considera-se espectrografia com filtro de banda estreita, quando se utiliza uma faixa de freqüência situada entre 15 e 60Hz, geralmente em um ciclo de intervalos regulares de 45Hz. Nesta representação, os harmônicos são claramente evidenciados. No filtro de banda larga, com ciclos de aproximadamente 300Hz, evidenciam-se os formantes. (Koening *et al*, 1946)

A espectrografia de banda estreita, além de exibir os harmônicos de forma detalhada, tem a vantagem de demonstrar a presença de sinais aperiódicos, como a ausência de harmônicos no espectro. O espectrograma também permite avaliar toda a duração vocal, ao contrário do LTAS, que representa apenas um instante da fonação. (Batalla *et al*, 2004)

2.1 Correlação entre avaliação espectrográfica e perceptivo-auditiva

Um estudo correlacionou a rouquidão com a presença de ruído e perda de componentes harmônicos, no traçado espectrográfico. O autor afirma que o ruído pode ser originado por falta de coaptação glótica adequada durante o ciclo vibratório ou pela irregularidade de vibração glótica. Segundo ele, a perda de componentes harmônicos em alta freqüência pode ser atribuída ao incompleto fechamento glótico. Ainda de acordo com o autor, quanto maior o grau da rouquidão, maior a alteração espectrográfica, sendo que nos casos mais severos, os harmônicos são completamente substituídos por ruído. (Yanagihara, 1967)

De acordo com estudo que avaliou os traçados espectrográficos de vozes soprosas e roucas, a soprosidade é evidenciada no espectro pelo aumento da

amplitude do primeiro harmônico e do ruído em altas freqüências. A rugosidade, por outro lado, é melhor explicitada pela presença de ruído em todo o espectro. (de Krom, 1995)

A presença de sub-harmônicos no espectro, cujas freqüências encontram-se entre os harmônicos, indica irregularidade à fonação e presença de outras fontes sonoras à emissão vocal. (Titze, 1995)

Outro autor também relaciona a rouquidão à substituição do traçado por ruído, podendo haver cancelamento total dos harmônicos, sinal característico de aperiodicidade de vibração das pregas vocais. Na voz soprosa, segundo este mesmo autor, observa-se energia reduzida abaixo de 5KHz – com harmônicos fracos e com presença de ruído entre eles – e aumentada acima de 5KHz. A qualidade vocal instável caracteriza-se por perturbação na forma da onda. Há quebras de freqüência quando se verificam alterações abruptas no traçado da freqüência fundamental. Interrupções abruptas no registro são características de quebras de sonoridade. (Behlau, 2001)

Um estudo realizado com seis vozes roucas, seis ásperas e seis normais demonstrou diferenças marcantes entre as mesmas. As vozes ásperas apresentaram mais harmônicos e maior regularidade do traçado que as roucas e menos que as vozes normais. As vozes roucas foram as que mais apresentaram ruídos difusos nos espectrogramas. (Pontes *et al*, 2002)

Outro estudo, com amostra de 107 vozes de pacientes com diagnóstico de edema de Reinke, correlacionou o parâmetro perceptivo-auditivo astenia à falta de harmônicos, com ou sem substituição destes por ruído. (Batalla *et al*, 2004)

Em estudo que objetivou relacionar os resultados da avaliação perceptivo-auditiva, da análise acústica e avaliação médica, a análise acústica se mostrou um método altamente sensível, sendo que algumas alterações não foram confirmadas nos demais métodos de avaliação. O autor ressalta que a análise acústica, especialmente a espectrografia, oferece auxílio visual para o paciente na comparação da evolução fonoterápica e pode ser utilizada em pesquisas e na complementação da avaliação fonoaudiológica. (Nemr et al, 2005)

Os parâmetros da análise espectrográfica foram relacionados com a avaliação perceptivo-auditivo, a partir da escala GRBASI, em um estudo realizado com 43 vozes disfônicas. Neste estudo, verificou-se que o grau geral da disfonia, e os parâmetros de rugosidade (rouquidão/aspereza) e soprosidade se relacionaram com distorção do traçado harmônico, fato observado devido à aperiodicidade aumentada. O parâmetro

de astenia se correlacionou a um traçado irregular ou ausente e a presença de ruído no traçado espectrográfico, com a presença da disfonia. Também foi observada diminuição de harmônicos em altas freqüências quando na presença de disfonia e de rugosidade. A presença de sub-harmônicos se relacionou com a presença de disfonia e rugosidade, indicando irregularidade à fonação. (Drumond, Gama, 2006)

Ainda que não haja relação direta da análise espectrográfica com a qualidade vocal e seus parâmetros, a adição de *feedback* visual – por meio da espectrografia acústica – na avaliação perceptivo-auditiva aumenta a confiabilidade da mesma, segundo estudo realizado com 70 vozes disfônicas avaliadas com o uso da escala GRBASI. (Martens *et al*, 2007)

2.2 Análise acústica antes e depois da fonoterapia

A fonoterapia é a conduta de eleição para o tratamento das disfonias funcionais. Um estudo relata as vantagens de se utilizar a espectrografia na análise da evolução do processo terapêutico em dois casos de disfonia funcional, um por fonação vestibular e outro de disfonia hipercinética. Na condição pós fonoterapia de paciente com avanço de pregas ventriculares à fonação, observou-se aumento da estrutura de formantes e diminuição da energia em altas freqüências, devido à melhora da coaptação glótica. Na disfonia hipercinética, muito associada a situações de estresse e tensão vocal, houve melhora da periodicidade do traçado e diminuição do ruído de soprosidade. Os autores do estudo relatam que a descrição dos parâmetros espectrográficos da voz, ao final da terapia, permite avaliar a eficácia do tratamento, além de fornecer dados objetivos das mudanças observadas na avaliação perceptivo-auditiva, tanto para o terapeuta quanto para o paciente. (Rontal *et al*, 1975)

Em um estudo realizado com 174 vozes de indivíduos também com diagnóstico de disfonia funcional, analisadas antes e depois da fonoterapia pelo método LTAS, houve melhora acústica, principalmente na região do primeiro formante, embora sem significância estatística. O LTAS mostrou-se útil, entretanto, para medidas individuais da qualidade vocal, fornecendo dados precisos da melhora da voz. (Kitzing, Akerlund, 1993)

Em relação às medidas acústicas de curto prazo, foi observada melhora significativa do quociente de perturbação de freqüência (PPQ), do quociente de

perturbação de amplitude (APQ) e da freqüência fundamental (F_0), em estudo realizado com 10 pacientes com diagnóstico de disfonia funcional e submetidos à terapia pelo método de acentuação. Os autores do estudo recomendam o uso de tais medidas para quantificar os resultados da terapia. (Fex *et al*, 1994)

O perfil de extensão vocal, representado no fonetograma, apresentou melhora na condição pós-fonoterapia, ainda que sem significância estatística, em estudo realizado com 62 sujeitos com disfonia crônica, cujos sintomas estavam presentes há, pelo menos, 4 meses. O estudo mostrou diminuição da freqüência e da intensidade mínima após fonoterapia. Além disso, houve leve diferença em relação ao gênero, sendo que as mudanças acústicas foram mais observadas em vozes de homens. Os autores do estudo ressaltam que a avaliação da fonoterapia requer o uso de um protocolo multidimensional. (Speyer *et al*, 2003)

Segundo estudo sobre o efeito da terapia de voz a partir de um protocolo multidimensional, realizado com 78 indivíduos, verificou-se melhora significativa para os parâmetros *jitter*, *shimmer* e proporção harmônico-ruído (NHR). Foi observada também considerável variação dos efeitos da terapia entre sujeitos. Os pacientes com diagnóstico de nódulos vocais ou pequenas alterações de pregas vocais foram aqueles que mais obtiveram sucesso após fonoterapia. Neste estudo, observou-se evidente melhora nos parâmetros acústicos e estroboscópicos, sem melhora perceptivo-auditiva. Este fato pode estar relacionado a uma melhora fisiológica na vibração das pregas vocais, as quais não são aparentes aos ouvintes. Dessa forma, para se avaliar os efeitos da fonoterapia, todas as dimensões devem ser consideradas. (Speyer *et al*, 2004)

Também foi observada melhora significativa dos parâmetros acústicos *jitter*, *shimmer*, proporção harmônico-ruído, quociente de perturbação de freqüência e quociente de perturbação de amplitude, em estudo realizado com 21 pacientes disfônicos submetidos à reabilitação vocal. Neste estudo, houve diferenças entre indivíduos do gênero masculino e feminino. (Guerrieri, 2004)

Um estudo realizado com 93 pacientes com disfonia funcional avaliou os efeitos da massagem circunlaríngea, realizada em sessão única, pelo método LTAS. Houve melhora acústica, mas sem grande relação com a melhora perceptivo-auditiva. (Tanner *et al*, 2005)

3 MÉTODOS

Trata-se de um estudo experimental longitudinal, que analisou as gravações de vozes de 67 indivíduos – 23 homens e 44 mulheres, com faixa etária entre 18 e 78 anos – os quais foram submetidos à reabilitação vocal com a mesma profissional e tiveram suas vozes registradas em computador, em dois momentos.

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. (Mingoti *et al*, 2000)

O primeiro registro foi realizado na situação de avaliação da voz na primeira consulta, ou seja, pré-terapia fonoaudiológica. O segundo registro, na sessão de alta fonoaudiológica, ou seja, pós-terapia, quando a reabilitação foi concluída.

Os critérios de inclusão para a amostra foram: ter realizado fonoterapia; ter diagnóstico otorrinolaringológico e fonoaudiológico de alteração vocal; ter tido sua voz registrada na primeira consulta e na alta fonoaudiológica. Os critérios utilizados para a alta fonoaudiológica foram: o paciente apresentar uma qualidade vocal adaptada a suas condições anátomo-funcionais; não possuir queixa de fadiga vocal; a voz cumprir as exigências de sua demanda social e/ ou profissional. O tempo de terapia variou de 3 a 28 sessões por paciente, de acordo com a necessidade de cada um.

Os diagnósticos otorrinolaringológicos, em ordem de maior ocorrência, eram: cisto (18), edema de Reinke (08), nódulo (06), sulco (05), pólipo (05), paralisia (04), paresia (03), presbifonia (03), leucoplasia (03), sulco e cisto (02), fenda (02), cicatriz (01), falsete mutacional (01), afonia de conversão (01), Síndrome de Tensão Músculo-Esquelética (01), edema (01), pólipo e cisto (01). Dois pacientes possuíam diagnóstico neurológico de Doença de Parkinson idiopática.

As vozes foram coletadas em um banco de dados de consultório particular em Belo Horizonte, com a autorização do profissional responsável. O material de voz colhido foi a emissão sustentada da vogal /a/ oral, central, baixa, aberta, solicitando-se ao indivíduo que inspirasse e emitisse o referido som, numa única freqüência, sem variação musical ou de intensidade, prolongada de modo habitual.

A gravação das vozes arquivadas foi realizada diretamente em computador, equipado com microfone profissional, do tipo condensado, estéreo, omni-direcional, sensibilidade de -20 dB, da marca EQUITEK E-100, ligado a uma fonte de eletricidade (*Phanton Power*) 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 90º. O microfone estava deslocado do corpo da unidade de gravação para evitar captação de ruído do maquinário. As gravações foram realizadas em ambiente silente.

A gravação da vogal sustentada foi registrada em PC IBM Aptiva E30P, processador AMD – K6 – 2 / 500 MHz, memória de 128 mega bytes RAM, espaço de disco 8,4 Giga bytes, placa de som Crystal SoundFusion.

As emissões foram transferidas para o programa Gram 5.0, o qual gera a imagem espectrográfica do som. Estas análises foram geradas em mono, sample rate de 11k e resolução de 16 bit e as espectrografias, geradas em escala de 60dB em display scroll e paleta CB. A análise das freqüências foi realizada em escala linear, banda estreita, FFT 1024 e resolução 5.4 Hz.

Os espectrogramas pré e pós-terapia fonoaudiológica destes pacientes foram analisados por três fonoaudiólogas recém-formadas, as quais realizaram treinamento prévio sobre os parâmetros espectrográficos analisados, com duração de 4 horas. Os avaliadores analisaram 300 espectrogramas, com auxílio de um protocolo criado especialmente para este treinamento (Anexo 1). Os espectrogramas utilizados no treinamento foram diferentes daqueles utilizados na pesquisa. Para análise dos espectrogramas das 67 vozes, foi utilizado o Protocolo de Análise Visual/Espectrográfica (Anexo 2), 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 as condições pré e pós-fonoterapia de cada indivíduo e deveriam, então, estabelecer o tipo de modificação para cada parâmetro espectrográfico, sendo 0 = houve piora, 1 = manteve-se estável, 2 = houve melhora. Os parâmetros para análise foram:

- *Forma do traçado espectrográfico*, a fim de avaliar a regularidade dos harmônicos, podendo o traçado ser regular, irregular ou ausente. Observa-se melhora quando os harmônicos tornam-se mais regulares e dispostos simetricamente, enquanto que a piora é notada se o traçado se tornar mais irregular (ou ausente), na ocasião pós-terapia fonoaudiológica (Anexo 3 - Figuras 1 e 2).

- *Grau de escurecimento dos harmônicos*, o qual relaciona-se à cor dos harmônicos no espectro, que variam do azul, amarelo ao vermelho, indicando graus de escurecimento fraco, normal e forte, respectivamente. Há melhora do grau de escurecimento quando este, antes fraco ou forte, torna-se normal após fonoterapia. Observa-se piora quando o traçado, antes com escurecimento normal, torna-se mais fraco ou mais forte (Anexo 3 - Figura 3).

- *Estabilidade do traçado dos harmônicos*. Esse item relaciona-se à estabilidade ou instabilidade do traçado espectrográfico. É estável quando contínuo, sem falhas ou interrupções. Quando ocorrem interrupções ou oscilações no espectrograma, o traçado é instável. Dessa forma, verifica-se melhora da estabilidade quando o traçado, que antes apresentava interrupções ou oscilações, torna-se mais estável na condição pós-terapia fonoaudiológica. Ao contrário, há piora da estabilidade quando o traçado, antes estável ou pouco instável, torna-se mais instável (Anexo 3 - Figura 4).

- *Presença de ruído*, que se caracteriza por uma imagem sombreada no espectrograma, relacionada à presença de ruído à emissão. Pode estar presente ou ausente. Observa-se melhora quando o espectrograma, na condição pós-terapia, apresenta menos ruído em relação à condição anterior. Verifica-se piora do ruído quando há aumento da imagem sombreada, após fonoterapia (Anexo 3 - Figuras 5).

- *Presença de harmônicos*. Este item refere-se à presença de harmônicos – que costumam estar presentes até 5KHz – em relação às freqüências. Há melhora deste item quando se observa maior número de harmônicos no espectro, em comparação com a situação anterior. Observa-se piora caso haja diminuição do número de harmônicos, ou caso estes sejam substituídos por área sombreada, característica de ruído (Anexo 3 - Figuras 1, 2 e 4).

- *Presença de sub-harmônicos*, que se caracteriza pela ocorrência de traçados entre dois harmônicos consecutivos. Quando presentes revelam uma freqüência de vibração diferente à das pregas vocais. Há, portanto, participação de outras estruturas à fonação. Verifica-se melhora quando os sub-harmônicos

desaparecem, ou diminuem em quantidade ou intensidade. Ao contrário, há piora de sub-harmônicos caso aumentem ou apareçam – quando estes não estavam presentes na condição pré-terapia fonoaudiológica (Anexo 3 – Figura 6).

Dentre as 67 vozes analisadas, apenas 22 apresentaram sub-harmônicos no traçado espectrográfico, em alguma condição (pré-fonoterapia e/ou pós-fonoterapia). Dessa forma, foram criados dois grupos: Sub-harmônicos I, cujos espectrogramas não apresentaram sub-harmônicos em momento algum e, portanto, mantiveram-se estáveis; e Sub-harmônicos II, nos quais foi constatada presença de sub-harmônico em alguma situação.

Após avaliação, foram utilizados os valores de maior ocorrência em cada parâmetro dos espectrogramas. Quando em discordância entre avaliadores, foi considerada válida a avaliação de uma quarta avaliadora, fonoaudióloga doutora, como critério de desempate. Os resultados obtidos foram, posteriormente, agrupados por gênero – 44 mulheres e 23 homens – e por diagnóstico, sendo distribuídos em: alterações estruturais mínimas da cobertura das pregas vocais (25), demais disfonias funcionais (5), disfonias organofuncionais (24) e disfonias orgânicas (13). As alterações estruturais mínimas (AEMC), em nossa amostra, constituíam um grupo de alta prevalência e tínhamos o desejo de avaliar o comportamento espectrográfico de tais alterações, em função da sua grande ocorrência na clínica fonoaudiológica. No grupo de disfonias funcionais, agrupamos as fendas e disfonias psicogênicas, que apresentam, como prognóstico para o tratamento, qualidade vocal neutra e conseqüentemente um traçado espectrográfico com parâmetros adequados após a fonoterapia. Esta divisão foi realizada de acordo com a classificação etiológica das disfonias, proposta por Behlau e Pontes em 1995.

Para análise estatística dos dados utilizou-se o teste Qui-quadrado de bondade de ajuste (Chi-Square Goodness-of-Fit Test) que compara as diferentes porcentagens e verifica se existem diferenças significativas entre elas. Foram considerados significativos os resultados em que o valor-P (P-value) foi menor que 0,05. O teste utilizado para verificar as possíveis associações entre o sexo e a situação final do paciente foi o teste Qui-quadrado de Pearson (Pearson Chi-Square). O teste utilizado para verificar as possíveis associações entre o diagnóstico e a situação final do paciente foi o teste não paramétrico de Kruskall Wallis (teste H). Foram considerados significativos os resultados em que o valor-P (P-value) foi menor que 0,05.

Este trabalho foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais e aprovado com o número ETIC 051/07 (Anexo 4).

4 RESULTADOS

Os resultados encontrados na análise geral estão nas Tabelas 1 e 2. Na Tabela 1, observa-se o cruzamento entre os diversos parâmetros espectrográficos e o nível de melhora do traçado. Na tabela 2, está apresentado o cruzamento entre a presença de sub-harmônicos e nível de melhora do traçado.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos no cruzamento entre a presença de sub-harmônicos e o nível de melhora do traçado.

Não houve relação estatisticamente significativa entre o gênero e a situação final do paciente em nenhum dos parâmetros espectrográficos. Os resultados encontrados estão na Tabela 3.

Foi realizada, então, análise por diagnóstico, cujos resultados estão nas Tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9.

Tabela 1. CRUZAMENTO ENTRE OS DIVERSOS PARÂMETROS ESPECTROGRÁFICOS E O NÍVEL DE MELHORA DO TRAÇADO

Parâmetros Espectrográficos	**Melhora**		**Estável**		**Piora**		
	n	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**p-valor**
Forma do traçado	39	58%	28	42%	-	-	0,179
Grau de escurecimento	16	23,88%	51	76,2%	-	-	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*

Chi-Sq
* = p< 0,05
n = número de indivíduos

Tabela 2. CRUZAMENTO ENTRE A PRESENÇA DE SUB-HARMÔNICOS E O NÍVEL DE MELHORA DO TRAÇADO

	Melhora		Estável		Piora		
	n	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**p-valor**
Sub-harmônicos I	-	-	45	100%	-	-	
Sub-harmônicos II	19	86,36%	1	4,55%	2	9,99%	0,001*

Chi-Sq
n = número de indivíduos
* = p< 0,05

Tabela 3. CRUZAMENTO ENTRE OS DIVERSOS PARÂMETROS ESPECTROGRÁFICOS E O NÍVEL DE MELHORA DO TRAÇADO POR GÊNERO

	Melhora		Estável		Piora		Total		
	F	**M**	**F**	**M**	**F**	**M**	**F**	**M**	**p-valor**
Forma do traçado	23	16	21	7	-	-	44	23	0,173
Grau de escurecimento	11	5	33	18	-	-	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 II	12	7	0	1	2	0	14	8	0,819

F = Feminino
M = Masculino

Tabela 4. DISTRIBUIÇÃO DO NÍVEL DE MELHORA NA FORMA DO TRAÇADO ESPECTROGRÁFICO POR DIAGNÓSTICO

	Forma do traçado			
	Melhora	**Estável**	**Piora**	**Total**
AEMC	19	6	-	25
Disfonias funcionais	2	3	-	5
Organofuncionais	9	15	-	24
Orgânicas	9	4	-	13
Total	39	28	-	67

H = 8,68 DF = 3 P = 0,034*
AEMC = Alterações estruturais mínimas de cobertura de pregas vocais

Tabela 5. DISTRIBUIÇÃO DO NÍVEL DE MELHORA NO GRAU DE ESCURECIMENTO DO TRAÇADO ESPECTROGRÁFICO POR DIAGNÓSTICO

	Grau de escurecimento			
	Melhora	**Estável**	**Piora**	**Total**
AEMC	7	18	-	25
Disfonias funcionais	1	4	-	5
Organofuncionais	4	20	-	24
Orgânicas	4	9	-	13
Total	16	51	-	67

H = 1,28 DF = 3 P = 0,733
AEMC = Alterações estruturais mínimas de cobertura de pregas vocais

Tabela 6. DISTRIBUIÇÃO DO NÍVEL DE MELHORA NA ESTABILIDADE DO TRAÇADO ESPECTROGRÁFICO POR DIAGNÓSTICO

	Estabilidade do traçado			
	Melhora	**Estável**	**Piora**	**Total**
AEMC	16	5	4	25
Disfonias funcionais	2	1	2	5
Organofuncionais	13	10	1	24
Orgânicas	9	3	1	13
Total	40	19	8	67

H = 2,18 DF = 3 P = 0,536
AEMC = Alterações estruturais mínimas de cobertura de pregas vocais

Tabela 7. DISTRIBUIÇÃO DO NÍVEL DE MELHORA NA PRESENÇA DE RUÍDO DO TRAÇADO ESPECTROGRÁFICO POR DIAGNÓSTICO

	Presença de ruído			
	Melhora	**Estável**	**Piora**	**Total**
AEMC	18	6	1	25
Disfonias funcionais	3	2	0	5
Organofuncionais	12	8	4	24
Orgânicas	8	4	1	13
Total	41	20	6	67

H = 3,05 DF = 3 P = 0,384
AEMC = Alterações estruturais mínimas de cobertura de pregas vocais

Tabela 8. DISTRIBUIÇÃO DO NÍVEL DE MELHORA NA PRESENÇA DE HARMÔNICOS DO TRAÇADO ESPECTROGRÁFICO POR DIAGNÓSTICO

	Presença de harmônicos			
	Melhora	**Estável**	**Piora**	**Total**
AEMC	23	0	2	25
Disfonias funcionais	3	1	1	5
Organofuncionais	21	1	2	24
Orgânicas	11	2	0	13
Total	58	4	5	67

H = 3,44 DF = 3 P = 0,328
AEMC = Alterações estruturais mínimas de cobertura de pregas vocais

Tabela 9. DISTRIBUIÇÃO DO NÍVEL DE MELHORA DE SUB-HARMÔNICOS DO TRAÇADO ESPECTROGRÁFICO POR DIAGNÓSTICO

	Presença de sub-harmônicos (grupo II)			
	Melhora	**Estável**	**Piora**	**Total**
AEMC	8	1	0	9
Disfonias funcionais	3	0	0	3
Organofuncionais	6	0	0	6
Orgânicas	2	0	2	4
Total	19	1	2	22

H = 6,26 DF = 3 P = 0,100
AEMC = Alterações estruturais mínimas de cobertura de pregas vocais

5 DISCUSSÃO

A espectrografia acústica de faixa estreita é a mais indicada para análise dos harmônicos, os quais são evidenciados, a partir de um cálculo matemático, conhecido como a *Transformada de Fourier* (Koening, 1946; Behlau, 2001). A análise espectrográfica, uma representação tridimensional, fornece dados sobre a fonte glótica e pode ser utilizada para complementar a avaliação perceptivo-auditiva e no monitoramento do processo terapêutico. (Behlau, 2001)

Embora seja uma análise complementar à avaliação perceptivo-auditiva, vários autores tentam correlacionar os dados espectrográficos aos diversos tipos de vozes. (de Krom, 1995; Pontes *et al*, 2002; Batalla *et al*, 2004; Nemr *et al*, 2005; Drumond, Gama, 2006)

A voz soprosa, por exemplo, parece estar associada ao aumento da amplitude do primeiro harmônico e da energia em altas freqüências do espectro (acima de 5KHz), caracterizada por ruído de ar transglótico não-sonorizado. (Rontal *et al*, 1975; de Krom, 1995; Tanner *et al*, 2005)

Existem vários estudos sobre os efeitos da terapia fonoaudiológica na análise acústica. Dentre eles, alguns utilizam, como ferramenta, o espectro médio de longo termo (Kitzing, Akerlund, 1993; Tanner *et al*, 2005), outros utilizam medidas acústicas de análise a curto prazo (Fex *et al*, 1994; Speyer *et al*, 2004; Guerrieri, 2004;), ou o fonetograma (Speyer *et al*, 2003). Foi encontrado apenas um estudo que utiliza a espectrografia acústica – com espectro de banda larga – na avaliação do processo terapêutico. (Rontal *et al*, 1975)

Tais estudos, em sua maioria, apresentam pequeno número de sujeitos (Rontal *et al*, 1975; Fex *et al*, 1994), determinados tipos de disfonias (Rontal *et al*, 1975; Kitzing, Akerlund, 1993; Fex *et al*, 1994; Tanner *et al*, 2005), tempo mínimo de evolução da disfonia (Fex *et al*, 1994; Speyer *et al*, 2003, Speyer *et al*, 2004) ou técnicas terapêuticas específicas (Fex *et al*, 1994; Tanner *et al*, 2005).

Apesar destas limitações referentes às diferenças metodológicas, os resultados do presente estudo concordam com os achados da literatura, em que se observou melhora acústica após a fonoterapia. (Rontal *et al*, 1975; Kitzing, Akerlund, 1993; Fex *et al*, 1994; Speyer *et al*, 2003; Speyer *et al*, 2004; Guerrieri, 2004; Tanner *et al*, 2005)

Analisando as modificações ocorridas no traçado espectrográfico de faixa estreita, observamos que, quanto ao parâmetro espectrográfico referente à forma do traçado (Tabela 1), não houve diferença estatisticamente significante na condição pós-fonoterapia. A irregularidade do traçado relaciona-se à periodicidade do sinal acústico

e, quanto maior a alteração vocal, maior a aperiodicidade (Yanagihara, 1967; Titze, 1995; Drumond, Gama, 2006). Estes resultados podem estar relacionados, portanto, ao fato de alguns espectrogramas não demonstrarem irregularidade ou ausência do traçado na situação inicial de tratamento, mantendo-se, portanto, estáveis. Tal achado difere dos resultados encontrados por Rontal *et al* (1975), 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.

Em relação ao grau de escurecimento do traçado (Tabela 1), observou-se diferença significativa, sendo que a maioria dos traçados manteve o mesmo grau de escurecimento após a fonoterapia. Este parâmetro relaciona-se a *loudness*, a qual depende da resistência glótica e da tonicidade laríngea (Drumond, Gama, 2006). Este achado pode indicar que os indivíduos do presente estudo não apresentavam alteração na *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 coaptação glótica.

Ainda na Tabela 1, pode-se observar melhora significativa na estabilidade do traçado espectrográfico. A melhora da estabilidade sugere que houve diminuição e/ou eliminação das falhas e interrupções do traçado, características de quebras de sonoridade ou de freqüência ou oscilações de freqüência. Tal parâmetro correlaciona-se com a harmonia de vibração entre as pregas vocais. Esta relação foi descrita por Drumond e Gama em 2006.

Também houve melhora significativa na presença de ruído (Tabela 1), com a diminuição do mesmo após a fonoterapia. A presença de ruído correlaciona-se com a aperiodicidade de vibração de pregas vocais e com a rouquidão (Yanagihara, 1967; de Krom, 1995; Behlau, 2001). A diminuição do ruído após fonoterapia sugere, então, aumento da periodicidade de vibração e melhora da qualidade vocal. Um estudo que correlacionou as avaliações perceptivo-auditivo, 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. (Speyer *et al*, 2004)

Em relação à presença de harmônicos (Tabela 1), também houve melhora significativa após a fonoterapia. Sendo assim, houve aumento da quantidade de harmônicos no espectro. Este achado sugere que os traçados anteriores à fonoterapia

apresentavam perda de harmônicos, com ou sem substituição destes por ruído. Houve, portanto, aumento da estrutura harmônica e melhora do traçado espectrográfico, sugerindo um melhor padrão do movimento muco-ondulatório das pregas vocais. 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, em alguma condição, houve melhora em 86,36% (Tabela 2). O número de indivíduos com melhora foi significativamente maior que o número de indivíduos estáveis ou com piora de sub-harmônicos. A diminuição/eliminação dos sub-harmônicos sugere, de acordo com os correlatos encontrados na literatura, melhora da regularidade à fonação. (Titze, 1995; Behlau, 2001; Drumond, Gama, 2006)

É interessante notar, ainda que sem significância estatística, que os dois casos em que houve piora dos sub-harmônicos referem-se a indivíduos com diagnóstico de disfonia orgânica. Nestes casos, o objetivo da terapia é, muitas vezes, desenvolver compensações laríngeas a partir de outras estruturas que não as pregas vocais (Behlau, 2001). Dessa forma, o aumento dos sub-harmônicos pode estar relacionado ao uso de outras estruturas como fonte sonora.

Não foi observada, em momento algum, diferença estatisticamente significativa entre os resultados por gênero. Alguns estudos também encontraram resultados semelhantes a este (Fex *et al*, 1994; Speyer *et al*, 2004). Este resultado difere, entretanto, dos achados de três outros estudos (Kitzing, Akerlund, 1993; Speyer *et al*, 2003; Guerrieri, 2004). Dentre eles, apenas o primeiro verificou maior diferença para as mulheres, após fonoterapia. As demais pesquisas encontraram maior significância para o gênero masculino. É importante salientar que nenhum destes estudos utilizou a espectrografia acústica, o que pode explicar as diferenças encontradas, uma vez que as medidas acústica a curto prazo são dependentes do gênero (Glaze *et al*, 1988; Jafari *et al*, 1993). Na análise por diagnóstico (Tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9), verificou-se diferença estatisticamente significativa apenas para a forma do traçado (Tabela 4). Os sujeitos com diagnóstico de alterações estruturais mínimas (AEMC) e disfonias orgânicas apresentaram melhora na forma do traçado na condição pós-fonoterapia. Nas disfonias organofuncionais, entretanto, a forma do traçado se manteve estável após a terapia. Tal achado pode estar correlacionado à forma do traçado na situação anterior a 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. As disfonias organofuncionais, ao contrário, mantiveram-se estáveis provavelmente porque já apresentavam traçados regulares antes da reabilitação vocal. Tais resultados concordam com os achados da literatura, em que se observou que os sujeitos que apresentavam medidas acústicas mais alteradas melhoraram mais do que os indivíduos que apresentam valores mais perto do normal no início da terapia. (Speyer *et al*, 2004)

Para os demais parâmetros, não houve evidências de correlação entre diagnóstico e resultados da fonoterapia (Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9). Nota-se, contudo, que a melhora é sempre mais freqüente, independente do tipo de diagnóstico. Existem alguns casos isolados em que isso não se observa, possivelmente pela amostra pequena. Um estudo que avaliou o efeito da fonoterapia no fonetograma verificou diferenças não muito claras entre as categorias diagnósticas, observando-se apenas pouca melhora dos indivíduos com paralisia de pregas vocais (Speyer *et al*, 2003). Outro estudo, o qual utilizou medidas acústicas a 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 (Speyer *et al*, 2004). Estes achados corroboram com os resultados do presente estudo, mesmo que tenham utilizado ferramentas acústicas distintas e categorias de diagnósticos diferentes.

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 influenciar o avaliador, esta escolha fez-se necessária para que se pudesse englobar maior número de sujeitos, com diferentes diagnósticos e, consequentemente, diferentes tipos de alterações vocais. Tal análise permitiu, por exemplo, a inclusão de pacientes com disfonia orgânica no estudo, visto que a melhora destes pacientes poderia ser mascarada se os espectrogramas (pré e pós-fonoterapia) fossem avaliados de forma aleatória.

A espectrografia acústica, além de aumentar a confiabilidade da avaliação (Martens *et al*, 2007), 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 avalia apenas um aspecto vocal dentre diversos outros parâmetros, dos quais se destacam a avaliação perceptivo-auditiva, aerodinâmica, videolaringoscópica e a auto-percepção da alteração

vocal. O espectrograma mostrou ser um instrumento útil para monitorar o processo terapêutico e a melhora da qualidade vocal e deve, então, fazer parte de um protocolo multidimensional de avaliação e acompanhamento vocal.

6 CONCLUSÕES

1. Não houve diferença entre a *forma do traçado* espectrográfico nas condições pré e pós-fonoterapia.

2. O *grau de escurecimento* manteve-se estável nas condições pré e pós-fonoterapia.

3. Houve melhora espectrográfica significativa, após a fonoterapia, para os parâmetros *estabilidade do traçado*, *presença de ruído*, *presença de harmônicos* e *presença de sub-harmônicos*.

4. Não houve relação entre o gênero do paciente e o grau de melhora espectrográfica.

5. Em relação ao diagnóstico, apenas o parâmetro *forma do traçado* apresentou diferenças significativas no grupo de alterações estruturais mínimas e das disfonias orgânicas.

7 ANEXOS

Anexo 1: Protocolo utilizado no treinamento

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO VISUAL / ESPECTROGRÁFICA

Análise Comparativa de Parâmetros Espectrográficos da Voz Antes e Depois da Fonoterapia

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: ( ) Interrupções
  ( ) Oscilações

- **PRESENÇA DE RUÍDO ENTRE HARMÔNICOS:**
  ( ) Presente ( ) Ausente

  _____ Hz a _____ Hz

- **PRESENÇA DE HARMÔNICOS ATÉ _____ Hz**

- **PRESENÇA DE SUBHARMÔNICOS:**
  ( ) Presente ( ) Ausente

Anexo 2: Protocolo utilizado na avaliação

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO VISUAL / ESPECTROGRÁFICA

Análise Comparativa de Parâmetros Espectrográficos da Voz Antes e Depois da Fonoterapia

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 SUBHARMÔNICOS:**
  ( ) 0 – Houve piora
  ( ) 1 – Manteve-se estável
  ( ) 2 – Houve melhora

Anexo 3: Figuras

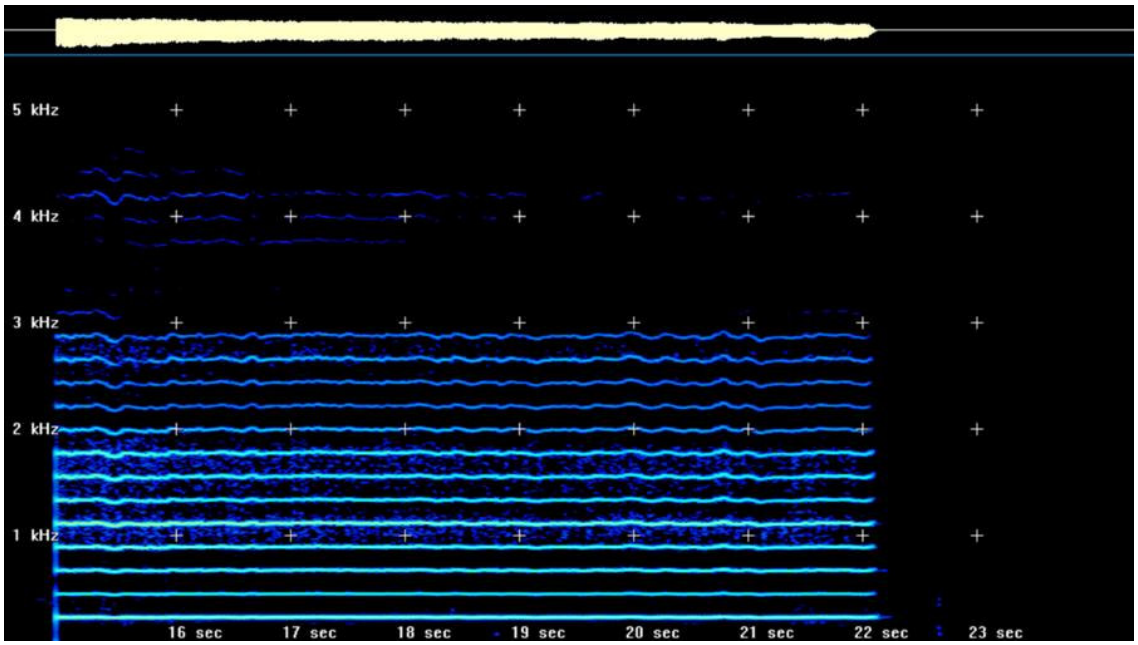

Figura 1. Imagem de um espectrograma regular, com presença de harmônicos até 3KHz.

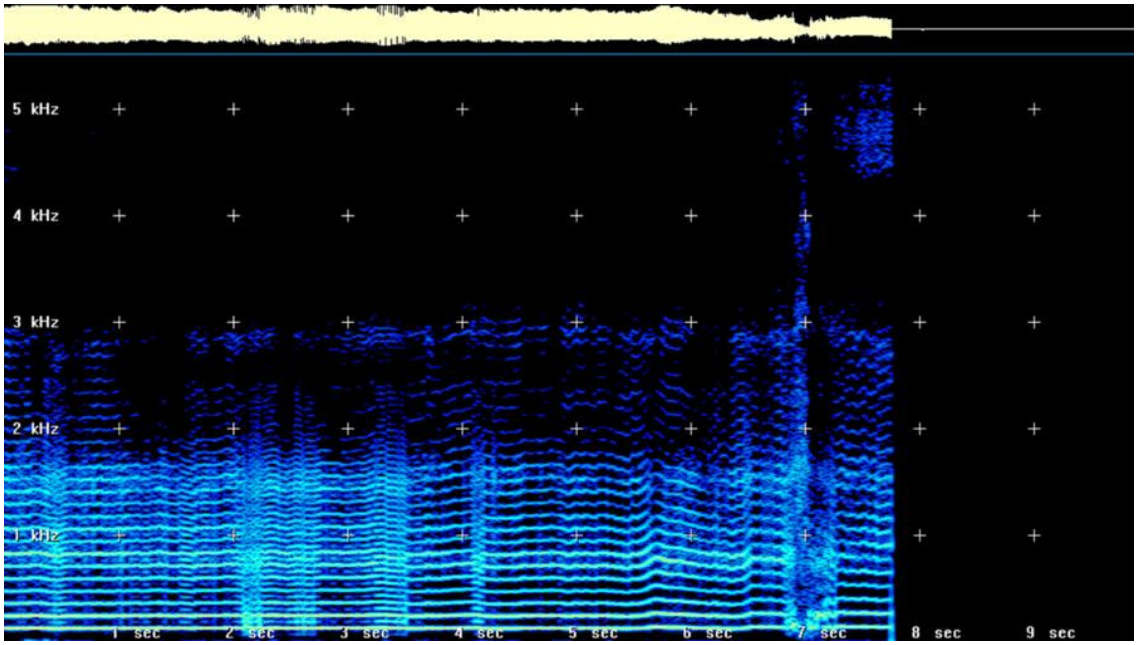

Figura 2. Imagem de um espectrograma irregular, com presença de harmônicos até 2KHz.

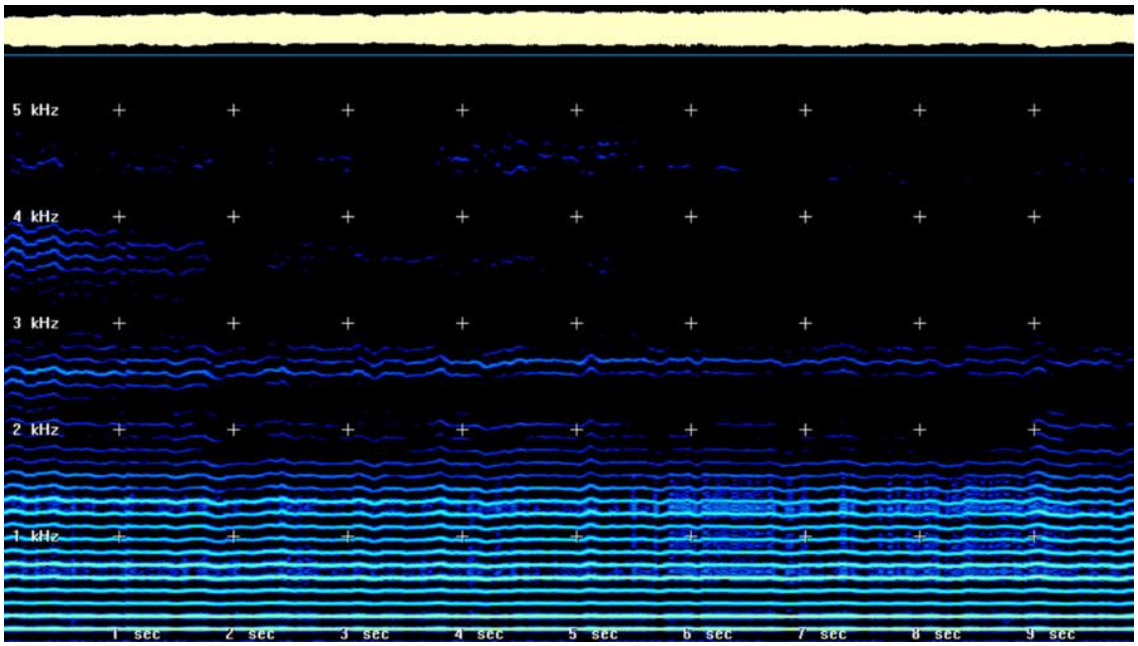

Figura 3. Imagem de um espectrograma com grau de escurecimento normal.

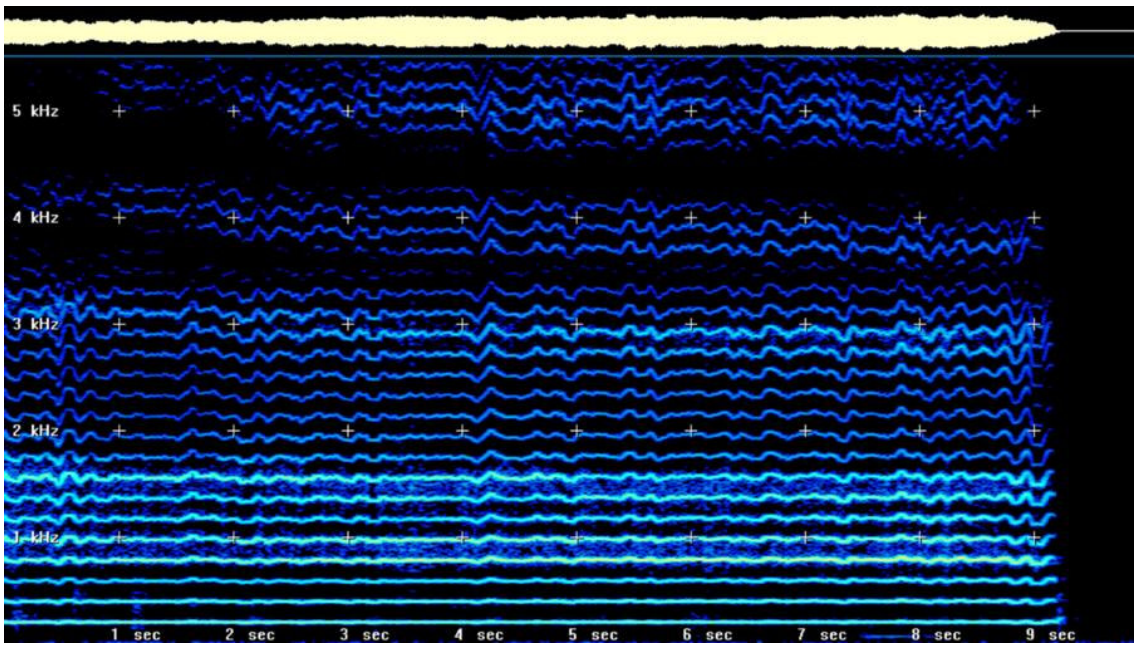

Figura 4. Imagem de um espectrograma instável, com oscilações de freqüência, e com presença de harmônicos até 5KHz.

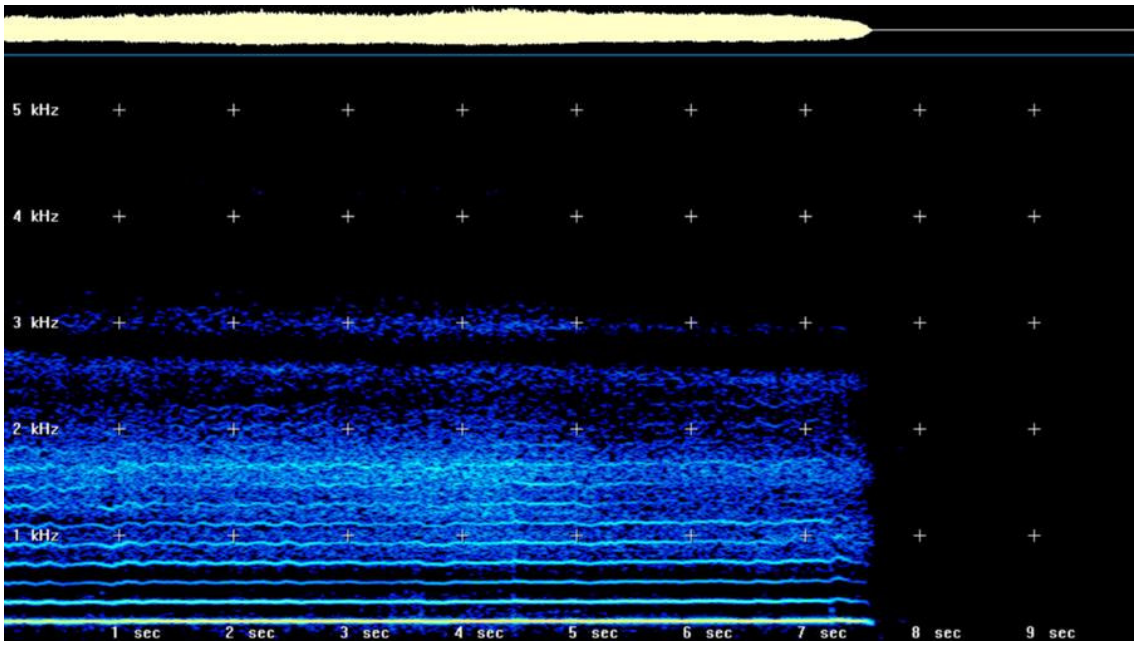

Figura 5. Imagem de um espectrograma com presença de ruído entre 1000 e 3000Hz.

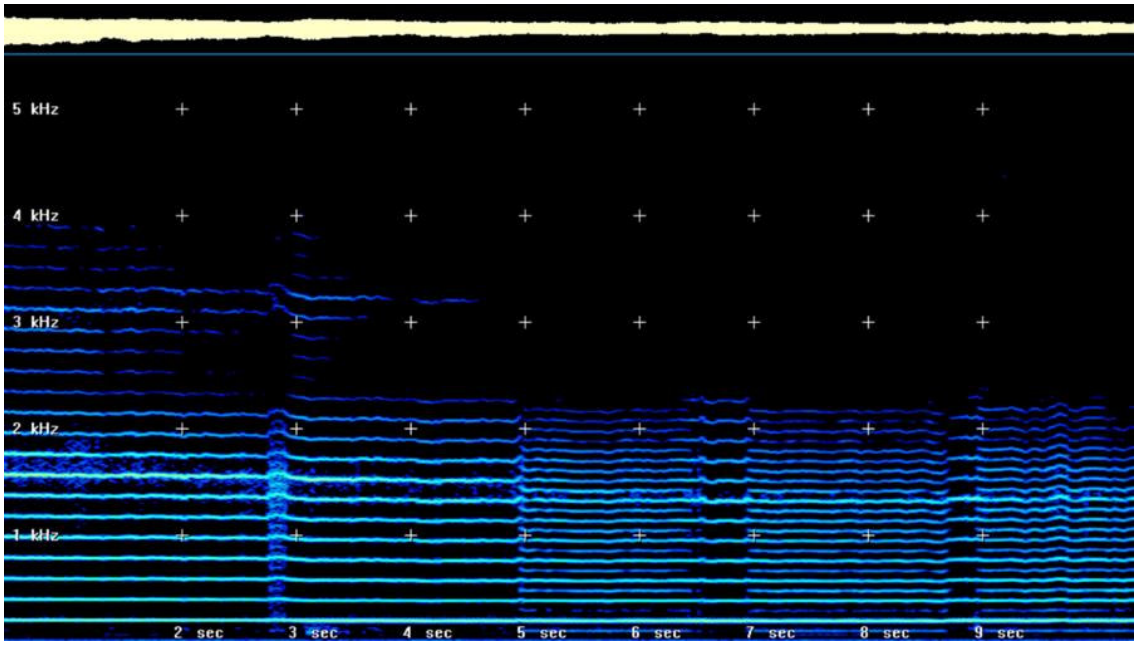

Figura 6. Imagem de um espectrograma com presença de sub-harmônicos.

Anexo 4: Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa (COEP)

UFMG	**Universidade Federal de Minas Gerais** *Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG - COEP*

Parecer nº. ETIC 051/07

Interessado(a): Profa. Ana Cristina Côrtes Gama
Departamento de Oftalmologia
Faculdade de Medicina-UFMG

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 11 de abril de 2007, o projeto de pesquisa intitulado **"Análise comparativa de parâmetros espectrográficos da voz antes de depois da Fonoterapia "** bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

Profa. Dra. Maria Elena de Lima Perez Garcia
Presidente do COEP-UFMG

Av. Pres. Antonio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II - 2° andar – Sala 2005 – Cep31270-901 – BH-MG
Telefone: (031) 3499-4592- FAX: (031)3499-4516 - e-mail: prpq@coep.ufmg.br

8 REFERÊNCIAS

Batalla FN, Santos PC, Gonzáles BS, Prado NR, Suárez Nieto C. Evaluación espectral cuantitativa de la hipofunción vocal. Acta Otorrinolaringol Esp 2004;55(7):327-33.

Behlau M, organizadora. Voz: o livro do especialista. Rio de Janeiro: Revinter; 2001.

de Krom G. Some spectral correlates of pathological breathy and rough voice aqulity for different types of vowel fragments. J Speech Hear Res 1995;38(4):794-81.

Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P, Cornut G, Crevier-Buchmanet L, Friedrich G, *et al*. 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;258:77-82.

Drumond LB, Gama ACC. Correlação entre dados espectrográficos e perceptivo-auditivos de vozes disfônicas. Fono atual 2006;35:49-58.

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):163-67.

Glaze LE, Bless DM, Milenkovic P, Susser RD. Acoustic characteristics of children's voice. J Voice 1988;2:312-9.

Guerrieri ACSC. Análise comparativa de parâmetros acústicos da voz antes e depois da fonoterapia [monografia]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2004.

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.

Kitzing P, Akerlund L. Long-time average spectrograms of dysphonic voices before and after therapy. Folia Phoniatr 1993;45:53-61.

Koening W, Dunn HK, Lacy LY, The sound spectrograph. J Acoust Soc Am 1946;18:19-49.

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.

Nemr K, Amar A, Abrahão M, Leite GCA, Köhle J, Santos AO, *et al*. Análise comparativa entre avaliação fonoaudiológica perceptivo-auditiva, análise acústica e laringoscopias indiretas para avaliação vocal com queixa vocal. Rev Bras otorrinolaringol 2005;71(1):13-17.

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.

Rontal E, Rontal M, Rolnick MI. Objective evaluation of vocal pathology using voice spectrography. Ann Otol Rhinol Laryngol 1975;84(5 Pt 1):662-71.

Speyer R, Wieneke GH, Wjick-Warnaar IV, Dejonckere PH. Effects of voice therapy on the voice range profiles of dysphonic patients. J Voice 2003;17(4):544-56.

Speyer R, Wieneke GH, Dejonckere PH. Documentation of progress in voice therapy: perceptual, acoustic, and laryngostroboscopic finding pretherapy and posttherapy. J Voice 2004;18(3):325-40.

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.

Ternström S. Does the acoustic waveform mirror the voice? Logoped Phoniatr Vocol 2005; 30:100-7.

Titze IR. Workshop on acoustic analysis: summary statement. Iowa City: National Center for Voice and Speech, University of Iowa; 1995.

Yanagihara N. Significance of harmonic changes and noise components in hoarseness. J Speech Hear Res 1967;10(3):531-41.

Abstract

Purpose: To evaluate the behavior of each spectrographic parameter, before and after voice therapy. **Methods:** 67 dysphonic patients were undergone to successful therapy. Resulting voices spectrograms were analyzed pre and post-treatment, by three speech pathologists, who quantified the improvement level of each spectrographic parameter, such as *spectrogram regularity*, *harmonic colors*, *spectrogram stability*, *presence of noise components*, *harmonic components* and *presence of sub-harmonics*. Data were submitted to statistical analysis, which also aimed at identifying different patterns between gender and diagnosis. **Results:** There was no difference between pre and post-voice therapy conditions for the *spectrogram regularity*. *Harmonic colors* remained unchanged. *S*ignificant improvement was observed, after voice therapy, as regards to *spectrogram stability*, *presence of noise components*, *harmonic components* and *presence of sub-harmonics*. No relation was found between patient's gender and spectrographic improvements. Relations among diagnosis and changes caused by therapy were only significant for *spectrogram regularity*. **Conclusions:** Acoustic spectrography is an efficient tool for evaluation of patient's progresses during vocal rehabilitation, as a complementary method to perceptual evaluation and part of a multidimensional assessment protocol.

Bibliografia Consultada

Mingoti SA, Atuncar GS, Nogueira MLG, Silva RC. Métodos de amostragem com aplicações na área empresarial: com um enfoque integrado ao software “sampling”. Texto elaborado pelo Departamento de Estatística da UFMG, com apoio financeiro da Fapemig; 2000.

Rother ET, Braga MER. Como elaborar sua tese: estrutura e referências. 2a ed. rev. e ampl. São Paulo: Edição do Autor; 2005.