

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO PARANÁ
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial

DISSERTAÇÃO

apresentada ao CEFET-PR
para obtenção do título de

MESTRE EM CIÊNCIAS

por

SIMONE MAGANHOTTO ZITTA

**ANÁLISE PERCEPTIVO-AUDITIVA E ACÚSTICA
EM MULHERES COM NÓDULOS VOCAIS**

Banca Examinadora:

Presidente e Orientador:

PROF. DR. ÁLVARO LUIZ STELLE

CEFET-PR

Examinadores:

PROF. DR. EVALDO DE MACEDO FILHO

UTP

PROF. DR. JOAQUIM MIGUEL MAIA

CEFET-PR

Curitiba, 26 de setembro de 2005.

SIMONE MAGANHOTTO ZITTA

**ANÁLISE PERCEPTIVO-AUDITIVA E ACÚSTICA EM
MULHERES COM NÓDULOS VOCAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de “Mestre em Ciências” – Área de Concentração: Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. ÁLVARO LUIZ STELLE.

Curitiba

2005

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UTFPR – Campus Curitiba

Z82a Zitta, Simone Maganhotto
Análise perceptivo-auditiva e acústica em mulheres com nódulos vocais. /
Simone Maganhotto Zitta. – Curitiba : [s.n.], 2005.
xviii, 111 p. : il. ; 30 cm

Orientador : Prof. Dr. Álvaro Luiz Stelle
Dissertação (Mestrado) – CEFET-PR. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Curitiba, 2005.
Bibliografia : p. 103-11

1. Cordas vocais. 2. Distúrbios da voz. 3. Laringe. 4. Percepção auditiva. 5. Processamento de sinais. 6. Análise espectral. 7. Simulação (Computadores). 8. Fonoaudiologia. 9. Engenharia biomédica. I. Stelle, Álvaro Luiz, orient. II. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. III. Título.

CDD : 616.855
CDU : 612.78

“O conhecimento não é sabedoria!
A aprendizagem só em si não é sabedoria.
A sabedoria é a aplicação do conhecimento e dos fatos.
A sabedoria é dar-se conta de que você não sabe nada.
A sabedoria é dizer: minha mente está aberta.
Onde quer que eu esteja, estou apenas começando.
Há cem vezes mais coisas a perceber do que o que conheço.
Isso é o princípio da sabedoria.
”

Léo F. Buscaglia

AGRADECIMENTOS

À Deus...Que ilumina!

Ao professor e orientador Dr. Álvaro Luiz Stelle, pela confiança, incentivo constante e por sua dedicação no acompanhamento e discussão dos aspectos relacionados à pesquisa .

Ao meu marido Carlos e meus filhos Vinícius e Rômulo, pela eterna compreensão em aceitar as minhas escolhas.

A minha mãe, pelo exemplo de vida e eterno apoio.

As minhas irmãs e meus familiares, em especial à Célia Maria, que dedicou seu tempo e experiência em me orientar nos momentos difíceis.

Às fonoaudiólogas Dra. Silvia Pinho, Dra. Zuleica de Camargo, Dra. Mara Behlau e Giselle Gasparini, pelos constantes ensinamentos transmitidos.

Aos amigos Diego Coraiola, Luciana Castilho, Sandra Machado e Adriane Gomes, pelo incentivo, colaboração e solidariedade.

Ao meu colaborador e amigo Francisco Pletsh, pelas orientações e oportunidades de discussão no decorrer da pesquisa.

Ao Dr. Evaldo de Macedo Filho, pela disponibilidade em realizar as videolaringostroboscopias no Instituto Paranaense de Otorrinolaringologia.

Ao Márcio Alonso, pela sua dedicação e auxílio na gravação das vozes.

Ao Tayrone da CTS Informática pela disponibilidade em fornecer referências sobre o *software* VoxMetria.

Às voluntárias, que disponibilizaram seu tempo para a coleta dos dados desta pesquisa.

As minhas amigas do Centro de Pesquisa e Avaliação Auditiva pelo companheirismo.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica, pelos ensinamentos e pela formação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xv
RESUMO	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÕES.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	3
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1 LARINGE.....	5
2.1.1 Anatomia.....	5
2.1.2 Fisiologia	7
2.2 PREGA VOCAL	8
2.2.1 Conceito e Estrutura	8
2.2.2 Padrão Vibratório.....	9
2.2.2.1 Freqüência fundamental	9
2.2.2.2 Periodicidade	10
2.2.2.3 Movimentos horizontais e verticais.....	10
2.2.2.4 Onda mucosa	11
2.2.2.5 Fechamento glótico	11
2.2.2.6 Fendas glóticas	11
2.3 VOZ.....	12
2.3.1 Fonação.....	12
2.3.2 Teorias da Produção da Voz.....	14
2.3.3 Alterações da Voz.....	16
2.3.3.3 Disfonias.....	16
2.4 NÓDULOS VOCAIS	18
2.4.1 Histórico	19
2.4.2 Incidência.....	20
2.4.3 Histopatologia.....	20
2.4.4 Etiologia.....	21

2.4.5 Características Vocais.....	22
2.4.6 Avaliação Laringológica.....	23
2.5 AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA DA QUALIDADE VOCAL	24
2.6 AVALIAÇÃO ACÚSTICA DO SINAL SONORO	27
2.6.1 Proporção Harmônico-Ruído.....	29
2.6.2 Energia de Ruído Glótico	30
2.6.3 Proporção Sinal-Ruído.....	31
2.6.4 <i>Glottal to Noise Excitation Ratio</i> (GNE).....	32
3 ANÁLISE ESPECTRAL DE SINAIS	33
3.1 FOURIER	33
3.1.1 Série de Fourier.....	33
3.1.2. Transformada de Fourier	35
3.1.3 Transformada Discreta de Fourier (DFT).....	37
3.1.4 Transformada Rápida de Fourier (FFT)	38
3.1.5 Espectrograma	39
3.2.1 Espectrograma de Faixa Estreita	41
3.2.2 Espectrograma de Faixa Larga	41
4 METODOLOGIA	43
4.1 AMOSTRA.....	43
4.2 EQUIPAMENTOS	43
4.2.1. Videolaringoscopia	44
4.2.2. Gravação das amostras de voz.....	44
4.3 EXAME DA LARINGE.....	44
4.4 CAPTAÇÃO DAS AMOSTRAS DA VOZ.....	45
4.5 ANÁLISE ACÚSTICA	46
4.5 ANÁLISE PERCEPTIVO-AUDITIVA.....	50
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	51
5 RESULTADOS.....	53
6 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.....	67
6.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS	67
6.2 CONCLUSÕES.....	73
6.3 TRABALHOS FUTUROS	74
ANEXO 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO.....	75
ANEXO 2 - CONFIGURAÇÃO DE USO E DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	

EM RELAÇÃO À SALA DE EXAME	76
ANEXO 3 - MODELO DE LAUDO DE VIDEOLARINGOSCOPIA COM ESTROBOSCOPIA	77
ANEXO 4 - FIGURAS RESULTANTES DO PROCESSAMENTO DOS ESPECTROGRAMAS DA VOZ DE MULHERES COM NÓDULOS VOCAIS (Voluntárias 1 a 20).....	78
ANEXO 5 - FIGURAS RESULTANTES DO PROCESSAMENTO DOS ESPECTROGRAMAS DA VOZ DE MULHERES COM VOZ NORMAL (voluntárias 21 a 25).....	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Músculos intrínsecos da laringe (vista superior).....	6
Figura 2: Pregas vocais em abdução, visão esquemática e endoscópica.	8
Figura 3: Pregas vocais em adução, visão esquemática e endoscópica.	8
Figura 4: Fases do ciclo glótico – representação esquemática.....	13
Figura 5: Onda quadrada com (a) suas componentes senoidais para $n = 1, 3, 5$ e 7 , (b) seu espectro, (c) soma de f_0 e $3 f_{0s}$, e (d) soma de $f_0, 3 f_{0s}$ e $5 f_0$	35
Figura 6: Transformada de Fourier da função retângulo.....	37
Figura 7: Transformada discreta de Fourier.....	38
Figura 8: Espectrograma de um sinal (a) FM e (b) do trecho de uma canção popular representando as sílabas “a-go-ra eu tô em ou-tra”, somado ao assobio de um canário (em FM) e a um sinal de frequência constante, além do ruído de fundo.	39
Figura 9: Vogal sustentada [é] amostrada com frequência de 44.100 Hz, (a) sinal no domínio do tempo, (b) espectro na faixa de 0 a 22.050 Hz, (c) espectrograma na faixa de 0 a 10.000 Hz e (d) espectrograma na faixa de 0 a 5.000 Hz; usando o <i>software</i> Matlab.....	41
Figura 10: Vogal sustentada [é] amostrada com frequência de 11025 Hz,.....	42
Figura 11: Pregas vocais (a) normais, (b) nódulos vocais bilaterais pequenos e.....	45
Figura 12: Valores estatísticos da análise vocal da onda sonora –.....	47
Figura 13: Gráfico da distribuição da energia.....	50
Figura 14: Localização do nódulo vocal nos indivíduos analisados (n=20).....	54
Figura 15: Tamanho do nódulo nos indivíduos analisados (n=20).....	54
Figura 16: Ocorrência na forma da fenda glótica nos indivíduos analisados (n=20).....	55
Figura 17: Periodicidade nos indivíduos analisados (n=20).....	55
Figura 18: Análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal nos indivíduos analisados (n=20).	57
Figura 19: Análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal. nos indivíduos analisados (n=20)	57
Figura 20: Análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal. nos indivíduos analisados (n=20)	58
Figura 21: Análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal. nos indivíduos analisados (n=20)	58
Figura 22: Análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal. nos indivíduos analisados (n=20)	59

Figura 23: Espectrograma de faixa estreita com limites superiores de frequência estabelecidos em (a) 11025 Hz e (b) 5512 Hz da emissão da vogal sustentada [é] de voz normal. 64

Figura 24: Espectrograma de faixa estreita com limites superiores de frequência estabelecidos em 11025 Hz e (b) 5000 Hz da emissão da vogal sustentada [é] de voz com nódulo vocal. 65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais teorias da produção da voz e conceitos básicos (ordem crescente).....	14
Tabela 2: Significado da Escala RASAT	50
Tabela 3: Localização do nódulo vocal.....	53
Tabela 4: Análise perceptivo-auditivo da qualidade vocal - escala RASAT- Grupo amostral	56
Tabela 5: Análise perceptivo-auditivo da qualidade vocal - escala RASAT- Grupo controle	56
Tabela 6: Frequência fundamental modal - Medida de ruído GNE – grupo amostral	60
Tabela 7: Frequência fundamental modal - Medida de ruído GNE – grupo de controle.....	60
Tabela 8: Média e desvio-padrão da frequência fundamental modal e da proporção.....	61
Tabela 9: Média e desvio-padrão da frequência fundamental modal e da proporção.....	61
Tabela 10: Teste t para comparação dos grupos de mulheres com nódulos	61
Tabela 11: Faixa de extensão de energia acústica da vogal sustentada [é]- grupo amostral....	62
Tabela 12: Região de extensão de energia acústica da vogal sustentada [é]- grupo controle..	62
Tabela 13: Média e desvio-padrão da região de extensão da energia acústica da vogal sustentada [é] para mulheres com nódulos vocais e sem nódulos vocais (grupo controle).	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	- Ariaritenóideo
CAL	- Cricoaritenóideo Anterior
CAP	- Cricoaritenóideo Posterior
CEP	- Comissão de Ética em Pesquisa
CT	- Cricotireóideo
DB	- Decibel
DFT	- <i>Discret Fourier Transform</i>
ERG	- Energia de Ruído Glótico
f_0	- Frequência Fundamental
FFT	- <i>Fast Fourier Transform</i>
GNE	- <i>Glottal to Noise Excitattion Ratio</i>
Hz	- Hertz
IPO	- Instituto Paranaense de Otorrinolaringologia
LTAS	- <i>Long Term Average Spectrum</i>
LPC	- <i>Linear Predictive Coding</i>
PHR	- Proporção Harmônico- Ruído
PSR	- Proporção Sinal Ruído
TA	- Tireoaritenóideo

RESUMO

A proposta deste trabalho foi estudar a avaliação perceptivo-auditiva e acústica de 25 indivíduos do gênero feminino, sendo 20 com nódulos vocais e 5 com laringe e vozes normais. O *software* VoxMetria, foi instrumento de análise para os dados acústicos. O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Erasto Gaertner, em Curitiba/ Paraná e os indivíduos selecionadas foram submetidos a três avaliações: laringológica, perceptivo-auditiva e acústica. Para o exame de laringe, utilizou-se a videolaringoestroboscopia. Para a avaliação perceptivo-auditiva da qualidade vocal, utilizou-se a escala RASAT. E os parâmetros de frequência fundamental (f_0), a medida de ruído GNE (*glottal to noise excitation ratio*) e a espectrografia vocal para a análise acústica; sendo utilizado a vogal sustentada [é]. Os resultados revelaram que os valores da frequência fundamental foram mais graves no grupo com nódulos vocais e o parâmetro GNE não mostrou-se sensível na avaliação dos dois grupos, apresentando os resultados dentro dos padrões de normalidade. A avaliação perceptivo-auditiva e a espectrografia vocal revelaram diferenças significativas entre as vozes normais e com nódulos vocais. A espectrografia vocal mostrou-se extremamente confiável quando comparada à avaliação perceptivo-auditiva da qualidade vocal.

ABSTRACT

This work aims to study the perceptual evaluation and the acoustic analysis in 25 women. In this population, 20 women had vocal nodule and 5 had normal voices and larynx. It was defined the vocal node as the interest pathology, which is a reaction to the excessive use of the voice, that induces to the constant vocal folds movement. It was used VoxMetria software to analyse the acoustic data. This research was approved by Hospital Erasto Gaertner Research and Ethics Commission, in Curitiba/ Paraná. The selected women were submitted to 3 evaluations: laryngological, perceptual and acoustic. In the larynx exam it was used the “videolaringoestroboscopia”. In the perceptual evaluation it was used the RASAT scale. The basic frequency parameters (f_0), the noise measure GNE (*glottal to noise excitation ratio*) and the vocal spectrogram, to the acoustic analysis, where it was used the supported vowel [é]. The results showed that the basic frequency values were more thick in the group with vocal nodule and the noise measure GNE wasn't sensitive in both group analysis and showed normal results. The perceptual evaluation and the vocal spectrogram revealed significant differences between the two groups. The vocal spectrogram were really sensitive when compared to the perceptual evaluation

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÕES

A voz possui dois aspectos essenciais: uma constituição biológica, que indica as potencialidades e capacidades e outra, social, que apresenta a maneira como ela é cotidianamente utilizada. Nesse sentido, evoca elementos de conduta individual do mesmo modo que características sociais dos contextos de desenvolvimento ontogenético.

A voz e a fala são atributos exclusivos do ser humano, o sentido da inter-relação na comunicação e um meio indispensável para alcançar o outro ser.

No sentido mais amplo, a voz existe como uma das diversas formas de comunicação do indivíduo com o meio exterior, particularmente com seus semelhantes. Na espécie humana, a voz representa uma forma importante de comunicação entre as pessoas, tornando-se uma das extensões mais fortes de nossa personalidade. (COSTA et al., 1994).

A voz é o som produzido pela laringe, por meio da vibração das pregas vocais. Ela expressa as condições individuais (físicas ou emocionais) e, caso o indivíduo não estiver em condições saudáveis, à voz deixará transparecer esse problema, ocasionando qualidade vocal disfônica, que pode vir a comprometer a fala e conseqüentemente, a comunicação.

As alterações na emissão vocal por causas orgânicas ou funcionais são imediatamente notadas, sendo que esta é a primeira manifestação de qualquer possível alteração, qualquer que seja a causa. Descobertas tecnológicas e científicas nas últimas décadas e em especial o advento das fibras ópticas e o aprimoramento das técnicas de gravação de imagens e sons vêm viabilizando e revolucionando o estudo da laringe e voz. Desta forma, o antigo anseio científico de comparar dados visuais e auditivo-acústico, facilitam a compreensão da correlação entre gesto motor e resultado vocal.

Com o desenvolvimento de programas, *softwares*, específicos para a análise de parâmetros vocais, modificou-se o lento e trabalhoso processo laboratorial executado pelos profissionais que trabalham com a voz, surgindo rápidas análises superiores às utilizadas anteriormente (TOSI, 1979; BAKEN, 1987, MICHAELIS, et al., 1998).

Considerando de grande importância a investigação sobre a disfonia organofuncional ocasionada por nódulos vocais, os quais são por excelência o campo de domínio do

fonoaudiólogo, pretende-se nesta pesquisa correlacionar dados perceptivo-auditivos e acústicos de mulheres com e sem nódulos vocais. É nas pregas vocais que se formam os nódulos vocais, que são protuberâncias esbranquiçadas ou acinzentadas, preferencialmente localizadas sobre a borda glótica de cada prega vocal, na junção do terço médio anterior. São lesões benignas, das camadas superficiais da lâmina própria da mucosa laríngea, freqüentemente acompanhadas de edema e fibrose, com vascularização pouco exuberante, geralmente bilaterais, ocorrendo simetricamente em ambas as pregas vocais. Raramente podem ser encontrados isolados e unilaterais. Estão associados ao uso inadequado da voz, ou abuso vocal, que é o uso de práticas vocais traumáticas como gritos, fala excessiva e muito alta, vocalizações explosivas e/ou tensas, choro ou riso excessivos, entre outras (CASE, 1996; BEHLAU e PONTES, 1995; BOONE e McFARLANE, 1994; WILSON, 1993; GONZÁLES, 1990).

Para verificar a qualidade da voz, utiliza-se a avaliação perceptivo-auditiva. A análise acústica realiza mensurações do sinal sonoro, cujo registro oferece uma informação concreta que pode ser comparada a outros sinais, gravados em tempos diferentes, sejam eles do mesmo indivíduo ou de outros falantes. Portanto, como a função vocal apresenta uma multiplicidade de fatores envolvidos em sua produção, nenhuma medida única de voz pode, por si só, estimar um conjunto total de informações sobre a fonação. A análise acústica, usando parâmetros múltiplos, tem se revelado um dos métodos mais apropriado para descrever vozes alteradas.

Atualmente, há vários equipamentos de análise acústica disponíveis, enfatizando uma nova era da avaliação objetiva da qualidade vocal, beneficiando várias áreas afins, que devem ser complementares e não substitutas de outras avaliações subjetivas (KENT e READ, 2002).

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho de pesquisa teve como objetivo estudar a voz de mulheres com e sem nódulos vocais usando como instrumento o *software* VoxMetria.

Para tanto, definiu-se como objetivos específicos: realizar análise perceptivo-auditiva utilizando a escala RASAT; realizar análise acústica, verificando o grau de alteração entre os parâmetros da frequência fundamental (f_0), medida de ruído GNE (*glottal to noise excitation ratio*) e verificar os dados de análise acústica com o uso da espectrografia vocal.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Organizada em seis capítulos: Capítulo 1, introdução, motivação e objetivos deste trabalho; Capítulo 2, fundamentação teórica para o estudo da voz: anatomia e fisiologia da laringe, teoria de produção da voz, pregas vocais, nódulos e avaliação perceptivo-auditiva da qualidade vocal e análise acústica. Capítulo 3, análise espectral de sinais, destacando-se a série de Fourier. Os detalhes do desenvolvimento da metodologia proposta são descritos no capítulo 4. Os resultados obtidos, sua discussão e conclusão são apresentados no capítulo 5 e 6, respectivamente.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo descrevem-se os fundamentos para o estudo da voz: anatomia e fisiologia da laringe, conceito e estrutura das pregas vocais, voz, fonação, teorias da produção da voz e nódulos vocais. Também são descritos os fundamentos da avaliação perceptivo-auditiva da qualidade vocal e análise acústica.

2.1 LARINGE

As informações a seguir apresentadas foram pesquisadas em PEARSON (1994), PINHO (1998), JACOB et al. (2003), BEHLAU (2001) e HUNGRIA (2002).

2.1.1 Anatomia

Para a produção da voz há necessidade da interação de órgãos de diferentes sistemas do corpo humano. Este conjunto anatômico tem recebido, inadequadamente o nome de aparelho fonador, uma expressão consagrada e de uso corrente, que não existe enquanto unidade física, mas que deve funcionar de modo harmônico. A função de produção de voz denomina-se fonação, e depende fundamentalmente da laringe.

A laringe é um órgão tubular, um arcabouço esquelético membranoso, situada no plano mediano e anterior superficial do pescoço. Comunica-se inferiormente com a traquéia e superiormente a faringe¹

O esqueleto da laringe é formado por nove cartilagens: tireóide, cricóide, epiglote, que são ímpares, e aritenóides, corniculadas e cuneiformes, que são cartilagens pares.

¹ No indivíduo masculino adulto mede cerca de 5 cm de comprimento e um pouco menos na mulher adulta (PEARSON, 1994).

Os músculos que constituem a laringe são extrínsecos e intrínsecos. Os primeiros são músculos que têm uma ligação com as estruturas externas à laringe; os últimos são músculos cujas ligações restringem-se à laringe. Embora ambos influenciem as funções da laringe, os músculos intrínsecos são os reguladores das funções principais (abertura da glote; fechamento da glote e tensão das pregas vocais) e responsáveis pelo controle da produção do som. Os músculos extrínsecos são responsáveis pela sustentação e fixação da laringe.

Os músculos intrínsecos da laringe são: cricoaritenóideo posterior (CAP); cricoaritenóideo lateral ou anterior (CAL); ariaritenóideo (AA), tiroaritenóideo (TA-feixes externo e interno), também denominado músculo vocal e o cricotireóideo (CT). Podem ser classificados de acordo com seus efeitos sobre a forma da glote e o comportamento vibratório das pregas vocais em abdutores (separam as cartilagens aritenóides das pregas vocais para as atividades respiratórias), adutores (opositoros dos abdutores, aproximam as cartilagens aritenóides e as pregas vocais para a fonação e proteção), tensores da glote (alongam e estiram as pregas vocais) e relaxadores da glote (encurtam as pregas vocais). Exercem sua ação sempre aos pares, com exceção do cricotireóideo (Figura 1). A inervação destes músculos é dada pelo nervo vago (X par craniano).

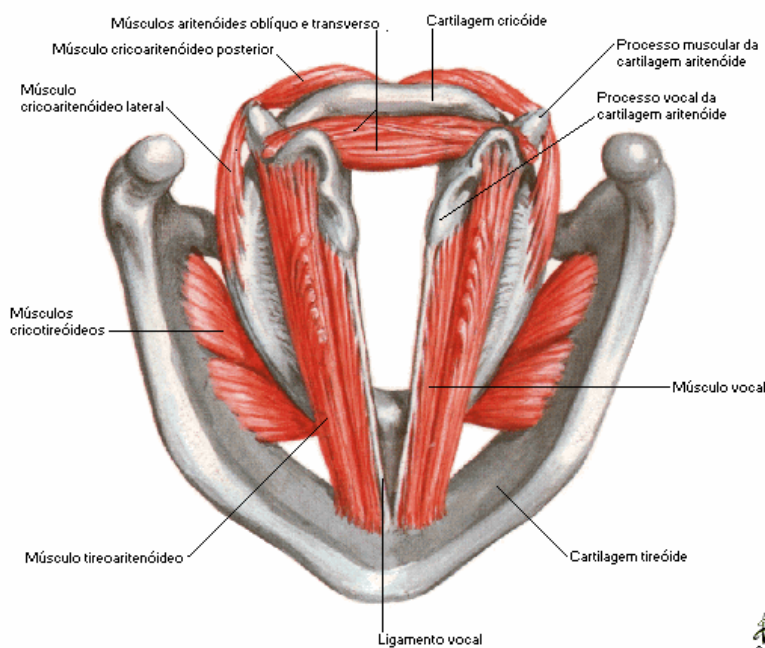


Figura 1: Músculos intrínsecos da laringe (vista superior).

Adaptado de Netter (1998).

Os músculos intrínsecos formam um sistema bastante complexo e contribuem para tornar a laringe uma estrutura única, capaz de executar as muitas e variadas ações para a produção de fala.

A laringe apresenta três cavidades. A cavidade supraglótica é formada pelas estruturas que estão acima da glote, incluindo o ventrículo laríngeo (cavidades pares localizadas lateralmente logo acima das pregas vocais) e tem como limite superior o ádito laríngeo. A cavidade infraglótica inicia-se logo abaixo da glote, tendo como limite inferior o primeiro anel traqueal. A rima glótica, ou glote, é o espaço entre as pregas vocais². O som da voz é produzido na glote, sendo imediatamente acrescido de ressonância na supraglote.

2.1.2 Fisiologia

As funções básicas da laringe, em ordem de importância são proteção; respiração e fonação. Na função de proteção a laringe atua como esfíncter evitando a entrada de qualquer coisa, exceto o ar, ao pulmão. Na função de respiração as pregas vocais abduzem ativamente durante o movimento respiratório, contribuindo para a regulação do intercâmbio gasoso com o pulmão e a manutenção do equilíbrio ácido-base. Na função de fonação, as mudanças de tensão e longitude das pregas vocais, ampliação da abertura glótica e a intensidade do esforço respiratório provocam variações no tom da voz, tom que resulta da vibração das pregas vocais, modificado pelos movimentos da faringe, língua e lábios para a fala.

A produção do som se origina na laringe como um tom fundamental, que é então modificado por várias câmaras de ressonância acima e abaixo desta. O som é finalmente convertido em fala por ação da faringe, língua, palato, lábios e estruturas relacionadas.

Durante a fonação, a prega vocal é aduzida para próximo da linha mediana pelo músculo cricotireóideo, que funciona como um tensor das pregas vocais e os ajustes isométricos finos são feitos pelo músculo tiroaritenóide. O movimento medial da prega resulta da tensão na prega vocal, diminuição na pressão de ar em cada abertura vibratória da glote e do efeito de sucção do ar que escapa (efeito Bernoulli). O resultado deste ciclo de abertura e fechamento da glote, que ocorre rapidamente, é a liberação de pequenos deslocamentos da coluna de ar subglótica, que formam as ondas sonoras.

Em resumo, são os seguintes eventos necessários à fala:

² Tem altura de cerca de 1 cm no indivíduo adulto (HUNGRIA, 2002).

- Transformação do impulso aéreo respiratório em força vocal;
- Controle do tom fundamental vocal (frequência fundamental);
- Controle dos níveis de intensidade vocal;
- Caracterização da pessoa que fala, em sua origem geográfica e social, sexo, idade, saúde e emoção, entre outras formas.

A voz resulta da coordenação, pelos centros cerebrais, da vibração na laringe, da mucosa, do músculo e do tecido elástico, iniciada e mantida sonoramente pela corrente aérea expirada dos pulmões e modulada, amplificada e articulada pelos demais órgãos faringofaciais.

2.2 PREGA VOCAL

2.2.1 Conceito e Estrutura

Para a função fonatória, o conceito mais importante é o das pregas vocais. São estruturas multilaminadas e cada camada apresenta propriedades mecânicas diferentes. De modo geral, as pregas vocais são duas dobras de músculos e mucosas que se estendem horizontalmente na laringe (Figura 2 e Figura 3).

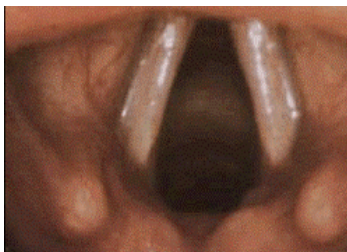


Figura 2: Pregas vocais em abdução, visão esquemática e endoscópica.

Adaptado de Bouchet e Cuilleret, 1998



Figura 3: Pregas vocais em adução, visão esquemática e endoscópica.

Adaptado de Bouchet e Cuilleret, 1998

Hirano (1981) demonstrou que a prega vocal é composta por camadas distintas:

- Epitélio pavimentoso: cápsula delgada e rígida que mantém a forma da prega vocal;
- Camada superficial da lâmina própria (espaço de Reinke): componentes fibrosos soltos e de matriz, como uma massa de gelatina mole;
- Camada intermediária da lâmina própria: fibras elásticas; assemelha-se a um feixe de tiras de borracha;
- Camada profunda da lâmina própria: fibras colágenas, como um feixe de linhas de algodão.
- Músculo vocal (TA).

O músculo vocal, que constitui a massa principal das pregas vocais assemelha-se a um feixe de tiras de borracha bem dura e é o componente básico do corpo da prega vocal. Do ponto de vista mecânico, quando se contrai, funciona como um feixe de elásticos muito rígidos.

2.2.2 Padrão Vibratório

O padrão vibratório das pregas vocais pode ser descrito e atribuído à patologia com relação aos diversos traços ou fenômenos principais: frequência fundamental, periodicidade, movimento horizontal e vertical, onda mucosa e fechamento glótico (HIRANO, 1996; HIRANO e BLESS, 1997).

2.2.2.1 Frequência fundamental

A frequência fundamental (f_0) corresponde ao número de ciclos glóticos por segundo, refletindo as características biomecânicas das pregas vocais em sua interação com a pressão subglótica.

O padrão da vibração das pregas vocais varia de acordo com a frequência fundamental que está sendo produzida, podendo levar a várias interpretações:

- quanto mais rígido for o tecido da prega vocal, maior a frequência fundamental;
- quanto mais curta a porção vibrante da prega vocal, maior a frequência fundamental;
- quanto maior a massa da prega vocal, menor a frequência fundamental;
- quanto maior a pressão subglotal, maior a frequência fundamental.

As medidas de frequência de fala indicam a adequação da frequência de um determinado falante quando comparadas aos padrões de normalidade para sua idade e sexo, sendo considerado de 100 a 150 Hz³ para homens, 180 a 250 Hz para mulheres (HOLLIEN et al.,1971).

2.2.2.2 Periodicidade

Padrão baseado na regularidade de ciclos aparentes e sucessivos de vibração das pregas vocais. Considera-se a vibração periódica como sendo uniforme em amplitude e tempo. Algumas condições podem prejudicar este equilíbrio e resultar em vibrações aperiódicas ou irregulares. São elas: assimetria, interferência na homogeneidade, flacidez, tono oscilante e força inconsistente, que podem ser causadas por diferentes patologias vocais.

2.2.2.3 Movimentos horizontais e verticais

São descritos por meio da amplitude que é definida como uma extensão da excursão horizontal (látero-medial) das pregas vocais durante a vibração. Varias regras gerais afetam a amplitude de vibração, cada uma delas pode ser exemplificada por condições fisiológicas ou patológicas:

- quanto mais curta a porção vibrante, menor a amplitude;
- quanto mais rígido o tecido da prega vocal, menor a amplitude;
- quanto maior a massa da prega vocal, menor a amplitude;
- a existência de um obstáculo diminui a amplitude;
- quanto maior a pressão subglotal, maior a amplitude;
- uma pressão glotal apertada demais resulta em uma amplitude pequena.

A variação normal significa variação de amplitude para o *pitch* (sensação subjetiva de frequência) e *loudness* (sensação subjetiva de intensidade) habituais em indivíduos típicos.

³ Hertz, em ciclos por segundo

2.2.2.4 Onda mucosa

São identificadas numa fase específica da vibração, sendo consideradas um traço importante da vibração. É importante ressaltar que algumas regras gerais aplicam-se a interpretação das características da onda mucosa. Assim, quanto mais rígida a mucosa, menos acentuada é a onda mucosa; quando a mucosa é parcialmente rígida, a onda interrompe o seu percurso na porção rígida. Quanto maior a pressão subglotal, mais acentuada a onda mucosa. E um fechamento glótico apertado ou frouxo resulta em uma diminuição da onda mucosa. A condição normal resulta de uma onda mucosa claramente observável.

2.2.2.5 Fechamento glótico

É determinado pelo grau de aproximação das pregas vocais durante o fechamento máximo do ciclo vibratório. Pode ser completo, incompleto ou inconsistente.

Um fechamento glótico incompleto durante a vibração das pregas vocais pode ser o resultado de uma serie de condições, como: comprometimento da adução das pregas vocais; borda não-linear; obstáculo entre as pregas vocais; borda rígida e atividade cricotireóide dominante. O resultado deste tipo de fechamento, bem como do fechamento glótico inconsistente, gera a formação de fendas que podem ser compatíveis com incoordenação funcional ou neurológica do paciente.

2.2.2.6 Fendas glóticas

Há vários tipos de fendas glóticas, cuja caracterização difere entre os autores. Neste trabalho de pesquisa utiliza-se a conceituação de Pinho (1998).

A fenda posterior ou fenda triangular posterior (grau 1), é considerada anatômica e predominantemente no sexo feminino. Corresponde a uma inadaptação fônica.

Crespo (1995) argumentou que essas diferenças anatômicas podem ser fatores predisponentes ao aparecimento de nódulos.

A fenda médio-posterior, ou fenda triangular posterior (grau 2), caracteriza as disfonias hipercinéticas e é responsável pelo desenvolvimento de grande parte dos nódulos

vocais. As crianças com nódulos vocais quase sempre a apresentam durante a coaptação glótica e os meninos parecem constituir o grupo de maior susceptibilidade ao desenvolvimento de nódulos (MORRISON et al, 1983).

A fenda triangular ântero-posterior, ou fenda triangular em toda a extensão, pode ocorrer em varias situações, como hipofunção intrínseca por inadaptação fônica.

A fenda em ampulheta é decorrente de quadros hipercinéticos ou hipocinéticos. Diante de quadros hipercinéticos, este padrão de fechamento da voz é observado na presença de nódulos mais volumosos, não permitindo a oclusão da glote anterior.

A fenda fusiforme pode aparecer em toda extensão da glote. As causas são sulco vocal, senilidade, causas iatrogênicas, distúrbios neurológicos e paralisia bilateral do cricótireóideo. Pode ser encontrada em quadros agudos de fadiga vocal extrema, em caráter transitório, após intensivo abuso vocal.

A fenda duplo fuso consiste em uma compensação extrínseca da dificuldade de fechamento glótico. A musculatura da região cervical apresenta-se tensa, comprimindo a cartilagem tireóide e, provavelmente, auxiliando na adução da parte central das pregas vocais. Muitas vezes observa-se o desenvolvimento de pequenos espessamentos nesta região (formações nodulares).

2.3 VOZ

2.3.1 Fonação

A laringe é responsável pelo som enquanto o trato vocal o é pela fonação. Voz é a fonação acrescida de ressonância. Assim sendo, do ponto de vista físico, a voz é o som produzido pela vibração das pregas vocais, modificado pelas cavidades de ressonância. Enquanto a fonação é uma função neurofisiológica inata, a voz vai se formando ao longo da vida, de acordo com as características anátomo-funcionais do indivíduo e os aspectos emocionais de sua história pessoal.

A mucosa da prega vocal vibra em uma frequência acelerada que impede a observação dos ciclos glóticos individuais a olho nú. A frequência da vibração da mucosa ocorre em cerca de 120 Hz no homem e de cerca de 200 Hz na mulher (HUNGRIA, 2002). Cada ciclo glótico se completa em quatro fases: fechada, de abertura, aberta; de fechamento (Figura 4).

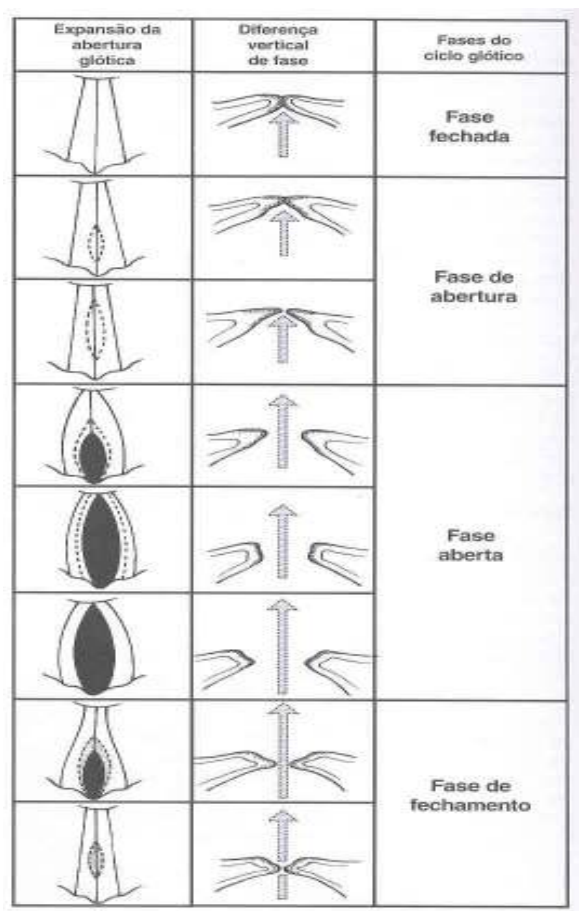


Figura 4: Fases do ciclo glótico – representação esquemática.

Adaptado de Behlau, 2001.

O ciclo inicia quando a pressão subglótica é maior do que a resistência glótica, dando início ao processo vibratório. Os ciclos glóticos sucessivos não são exatamente iguais. Assim, podem ser observadas perturbações mínimas tanto no período como na amplitude desses ciclos, as quais são denominadas respectivamente, *jitter* (perturbação da frequência a curto prazo) e *shimmer* (perturbação da amplitude a curto prazo). Além dessas perturbações nos ciclos glóticos sucessivos, podem existir diferenças na duração de cada fase do ciclo. Em casos de fase fechada curta, por exemplo, observam-se fadiga vocal e disfonia; em casos de fase fechada mais longa, observa-se um padrão vibratório mais estável.

2.3.2 Teorias da Produção da Voz

Existem várias teorias para explicar a produção da voz, as quais foram formuladas, complementadas ou descartadas no decorrer da história da humanidade, na busca de uma visão mais científica. As teorias mais importantes e seus respectivos conceitos estão listados na Tabela 1.

Tabela 1: Principais teorias da produção da voz e conceitos básicos (ordem crescente).
Adaptado de Behlau, (2001).

Teoria	Conceito Básico
Corda Vibrante	Cordas musculares vibram pela passagem da corrente de ar
Palheta	Ar que escapa no afastamento temporário das pregas vocais produz o som
Mioelástica	A tensão dos tecidos produz os ciclos vibratórios repetidos
Neurocronáxia	Impulsos nervosos vibram as pregas vocais na mesma frequência do som
Aerodinâmica	Processo aerodinâmico produz o som laríngeo
Mioelástica-aerodinâmica	Elasticidade dos músculos e a pressão do ar produzem o som
Impulsional	Oscilação relaxada das pregas vocais produz o som
Muco-ondulatória	Mucosa define a vibração das pregas vocais
Neuroscilatória	Voz é um fenômeno direto da atividade assíncrona do músculo vocal
Osciloimpedancial ou da Resistência Negativa	Laringe é um oscilador complexo com amortização reduzida
Caos	Laringe é um sistema caótico, não linear e altamente sensível

Entre estas teorias, a teoria mioelástica-aerodinâmica é a mais aceita. Proposta por Ewald apud Pinho (1998), relaciona a produção vocal com a concentração da musculatura laríngea e sua elasticidade: quanto mais forte e agudo for um som, maior a contração muscular. Foi abandonada por ser incompleta, posto que o autor não conseguiu desvincular a forte intensidade da produção simultânea de tom agudo e a fraca intensidade do tom grave. Mais tarde foi modificada por Van Den Berg apud Pinho (1998) a produção de tons graves e agudos é dada pela contração dos músculos tensores (que controlam a quantidade de mucosa em vibração) e a intensidade, pelos adutores (juntamente com variações do fluxo aéreo), desvinculando a frequência da intensidade, ou seja, ocorre a adução das pregas vocais (força muscular) criando-se o aumento da pressão aérea subglótica (força aerodinâmica).

Essa teoria combina a inter-relação de forças de duas naturezas: a força da elasticidade dos músculos laríngeos com as forças físicas aerodinâmicas da respiração. A compreensão

desta teoria está intimamente relacionada à descrição do efeito de Bernoulli aplicado à laringe, ou seja, o aumento da velocidade das partículas de ar, quando passam pela laringe, reduz a pressão entre as pregas vocais, desencadeando um efeito de sucção que aproxima as pregas vocais entre si, seguidas por um retrocesso elástico, que promove nova adução glótica e o recomeço de um novo ciclo vibratório (BEHLAU, 2001).

Já a teoria de produção da fala de Fant (1970), tem sua base na teoria linear fonte-filtro, onde a fonte é a vibração laríngea e o filtro (sistema de transmissão seletiva ou sistema ressonador) é o trato vocal. A laringe é um transdutor de energia aerodinâmica (fluxo de ar) em acústica, através dos ciclos de abertura e fechamento das pregas vocais. Até a metade do século passado, a teoria linear fonte-filtro dominou o entendimento acústico da produção da fala. O progresso na análise acústica e síntese de fala foi baseado nesta teoria, porém ela é insuficiente para modelar todos os eventos acústicos da fala. Uma limitação importante está na suposição da independência da fonte-filtro, mas eles interagem e a natureza dessas interações é uma das áreas de pesquisa atual (KENT e READ, 2002).

O modelo matemático da produção da fala, base da teoria fonte-filtro desenvolvida por Fant é expresso na equação 1:

$$[P(f)] = [U(f)] \cdot [H(f)] \cdot [R(f)] \quad (1)$$

O sinal da pressão sonora $P(f)$ atuando, a certa distância, sobre os lábios, é o produto do espectro da velocidade de volume de ar gerado pela fonte $U(f)$, da função frequência-ganho seletivo de transmissão vocal $H(f)$, e da característica de propagação dos lábios $R(f)$.

Na avaliação objetiva da voz é necessário o estudo de vários segmentos envolvidos no processo de fonação como o fluxo aéreo pulmonar, a atividade laríngea e a ressonância

A ressonância do tubo ressonador depende de seu comprimento e de seu diâmetro transversal (KENT e READ, 2002). Os formantes são as frequências das ressonâncias do trato vocal, onde se concentram as maiores energias acústicas. Através dos formantes podemos reconhecer as características segmentais da fala. Por exemplo, os três primeiros formantes são os principais determinantes da qualidade fonética de uma vogal. A fonte de energia e o ressonador são independentes, a frequência de vibração das pregas vocais não afeta as propriedades do ressonador (CAMARGO, 2000; KENT e READ, 2002).

A vibração quase periódica das pregas vocais produz a fonte de energia conhecida como vocalização. Assim, esta fonte de energia gera um espectro harmônico, no qual a distribuição de energia tem a forma de linhas. O espectro da energia emitida pode ser

idealizado como uma linha do espectro. Em cada linha individual há um decréscimo ao integrar múltiplos da frequência fundamental. A média da frequência fundamental para mulheres está em torno de 230 Hertz, assim a energia do espectro decrescerá para frequências de 230 Hz, 460 Hz, 690 Hz e assim por diante. Essas modificações na frequência vibratória são modificações na fonte e não necessariamente tem efeito no ressonador ou filtro. O declínio na energia dos harmônicos significa que a maior parte da energia na voz falada está em frequências mais baixas.

Para Kent e Read (2002), o entendimento da vibração das pregas vocais está sendo influenciado pela nova teoria do Caos. Desta forma, os progressos da física e da matemática aplicadas podem ter implicações nos estudos de fisiologia e comportamento. As teorias não lineares são muito importantes não somente para o entendimento teórico da fala, mas também para o desenvolvimento de várias ferramentas para análise da fala e síntese.

As teorias não lineares da produção do som são uma alternativa importante para o modelo teórico, padrão da acústica da fala. As teorias do Caos e Fractais parecem oferecer explicações adequadas sobre as produções vocais normais ou disfônicas. A teoria do Caos é uma teoria matemática da quebra de sistemas ordenados em desordenados ou caóticos. As observações de Fourier sobre a propagação do calor foram a semente intelectual que eventualmente gerou a teoria do Caos (KENT e READ, 2002).

2.3.3 Alterações da Voz

A voz é uma das expressões mais fortes da personalidade humana e uma voz normal é toda produção vocal sem esforço. Quando a harmonia não é mantida, obtém-se um som de má qualidade para os ouvintes e emitido com dificuldade e desconforto para o falante. Fatores ambientais e físicos podem interferir no padrão adequado da qualidade vocal. (BOONE, 1996).

2.3.3.3 Disfonias

Enquanto a audição é essencialmente uma função sensório-neural, a voz depende fundamentalmente da atividade muscular de todos os músculos que participam da produção da voz, além da integridade de todos os tecidos do aparelho fonador. Quando essa harmonia é

mantida, obtém-se um som de boa qualidade para os ouvintes e emitido sem dificuldade ou desconforto para o falante. Esse som se modifica de acordo com a situação e o contexto da comunicação, habilidade esta que reflete a condição de saúde vocal, caracterizando a eufonia. Em oposição, quando certos atributos não são obtidos, caracteriza-se uma disfonia.

Portanto, uma disfonia representa qualquer dificuldade na emissão vocal que impeça a produção natural da voz, podendo manifestar-se através de inúmeras alterações, tais como: esforço na emissão, dificuldade em manter a voz, cansaço ao falar, variações na frequência fundamental habitual, rouquidão, falta de intensidade e projeção, pouca resistência ao falar, entre outras (BEHLAU, 2001).

O processo de desenvolvimento de uma disfonia leva a diferentes propostas de classificação. A mais utilizada, segundo Behlau e Pontes (1995) é a que classifica as disfônias em orgânicas, funcionais e organofuncionais.

As disfônias funcionais são distúrbios do comportamento vocal e podem ser de acordo com o mecanismo causal: primária, secundária e por alterações psicogênicas. O uso incorreto da voz é considerado uma disfonia funcional primária. Esse uso é favorecido por dois fatores: a falta de conhecimento vocal e o modelo vocal deficiente. As disfônias funcionais secundárias resultam das inaptações vocais, que são discretas alterações que comprometem apenas a produção vocal, embora a execução das outras funções primárias desses órgãos esteja perfeita, como a respiração, deglutição, tosse e o mecanismo de esfíncter. Pode ser por inaptidão respiratória, fônica, ressonantal ou de integração de dois ou mais sistemas, como os desequilíbrios entre o tamanho da laringe e as caixas de ressonância. As disfônias psicogênicas são decorrentes do estado emocional.

As disfônias orgânicas são aquelas que independem do uso da voz e podem ser causadas por uma série variada de processos: tumores benignos e malignos; traumatismos por uso de arma branca ou de fogo; doenças neurológicas, entre outras.

São disfônias organofuncionais aquelas relacionadas ao funcionamento da voz com lesões secundárias; representam uma etapa posterior na evolução de uma disfonia funcional. Assim sendo, caracteriza-se pelo seu diagnóstico tardio e/ou atraso na busca da solução do problema pelo próprio paciente ou pelo não reconhecimento da possibilidade de se desenvolver uma lesão secundária. As lesões organofuncionais mais comuns englobam nódulos, pólipos e edemas de Reinke e são diagnosticadas por meio de exame laringoscópico (BEHLAU, 2001).

No campo de interesse desta pesquisa estão as disfônias organofuncionais reagentes aos nódulos vocais, que serão estudados a seguir.

2.4 NÓDULOS VOCAIS

Uma das principais causas de disfonia organofuncional é o aparecimento de nódulos vocais, decorrentes do abuso e/ou mau uso da voz. O abuso vocal é definido como o uso incorreto da voz e inclui o emprego de práticas traumáticas e/ou inadequadas como gritos, fala excessiva, falar competindo com o ruído ambiental, ataque vocal brusco, uso impróprio do *pitch* (sensação subjetiva de frequência) e do *loudness* (sensação subjetiva de intensidade), vocalizações explosivas, vocalizações tensas, choro prolongado, pigarro, tosse, riso excessivo, imitar outras vozes, conversar com deficientes auditivos, cantar de modo abusivo, falta de hidratação e falar com apoio respiratório inadequado (CASE, 1996; WILSON, 1993; GREENE, 1989).

O nódulo vocal pode ser definido como uma reação dos tecidos moles ao atrito constante, induzido pelo movimento brusco de uma prega vocal contra a outra. BOONE e McFARLANE (1994) descrevem os nódulos vocais como protuberâncias esbranquiçadas ou cinzentas, sobre a borda glótica de cada prega vocal na junção do terço médio anterior. O diâmetro do nódulo vocal raramente ultrapassa quinze milímetros.

Pessoas com nódulos vocais constituem a grande parte da população de clientes em clínicas de voz. Os nódulos vocais aparecem, na maioria das vezes, em mulheres, e sua incidência parece ser maior em profissões que requerem o uso freqüente da voz. Longe de causar problemas pessoais, tais disfunções vocais são também bastante caras para a sociedade, pois os pacientes nas profissões com alta demanda de voz são forçados a tirar longos períodos de dispensa de saúde e chegam, muitas vezes, a mudar de carreira.

É assegurado, ainda, que um componente subjacente nos nódulos vocais é uma hiperfunção vocal, um estado hipertônico da musculatura laríngea tanto intrínseca quanto extrínseca, que resulta em uma tensão muscular laríngea fracamente regulada e forças aerodinâmicas não balanceadas.

Uma voz hiperfuncional é produzida com pregas vocais anormalmente duras, freqüentemente em combinação com o aumento da pressão do ar subglotal e velocidades de fechamento das pregas anormalmente altas.

Arnold (1962) descreveu os nódulos como sendo um caso típico de reação do tecido a um trauma mecânico, apresentando as seguintes etapas de evolução: hiperemia, edema, inflamação de tecido conjuntivo e eventual reparação por fibrose. Estas etapas determinariam o estágio do quadro e possível prognóstico.

Já Wilson (1993), descreveu que o desenvolvimento do nódulo vocal, resultante do trauma causado pela fricção de uma prega vocal contra outra, geralmente envolve três estágios.

No primeiro, uma leve hiperemia localizada, aparece na margem livre da prega vocal que causa uma resposta inflamatória, formando o espessamento gelatinoso e quebradiço com base bastante larga.

No segundo, os nódulos aparecem como espessamentos cinzentos translúcidos que, se o trauma cessar, desaparecem rapidamente.

No terceiro, o espessamento é substituído por tecido fibroso, formando o nódulo duro e fixo à massa subjacente da prega vocal, podendo ser branco ou cinzento.

Hirano (1996) afirmou que nódulos são lesões localizadas na superfície da lâmina própria e durante a vibração, o fechamento glótico é incompleto, exibindo uma fenda em forma de ampulheta. A amplitude é normalmente reduzida em ambos os lados e a onda mucosa é ausente no nódulo, quando este é fibroso e firme. Quando o nódulo é edematoso e macio, a onda mucosa pode estar presente.

2.4.1 Histórico

Para Krecick et al. (1993), a nomenclatura de nódulos em pregas vocais têm uma variedade de sinônimos na literatura, incluindo nodos cantores, nodos instrutores, nodos cordiais ou cordites nodosa, nódulos laríngeos, nódulos estridentes e calos vocais. A terminologia mais encontrada na bibliografia pesquisada foi nódulos vocais.

O nódulo vocal foi descrito inicialmente em 1866 por Türck apud Fujita (1991). Em estudos posteriores, realizados por New e Erich apud Fujita (1991), para avaliação de 722 tumores benignos de laringe, foram detectados 96 casos de nódulos vocais bilaterais, em cantores e profissionais, entre 25 e 50 anos, com uso excessivo da voz. A localização mais comum foi no terço anterior da prega vocal. Esses resultados foram comprovados por Équen apud Fujita (1991), que também relatou a maior frequência de nódulos em cantores e profissionais que usam a voz de maneira excessiva

Os trabalhos realizados e seus respectivos resultados no período entre 1944 e 1963 foram sintetizados por Fujita (1991).

2.4.2 Incidência

Os nódulos vocais têm incidência em ambos os sexos e em diferentes faixas etárias. No sexo masculino, a predominância estaria entre 5 e 15 anos de idade, sendo que a partir da puberdade esta taxa tende a diminuir. No caso do sexo feminino, após a puberdade há tendência ao aumento. Entre as mulheres a maior incidência de nódulos é na faixa etária de trinta a quarenta anos (FUJITA, 1991).

Em 1160 casos de disfonias, Garde (1961), registrou 97 casos de nódulos unilaterais e 168 de nódulos bilaterais, sendo os últimos, mais freqüentes no sexo feminino. No entanto, na avaliação de 32.500 crianças entre 5 e 18 anos com predominância (87,6%) da amostra entre 6 a 13 anos, Sentúria e Wilson (1968) observaram maior incidência de disfonia na idade escolar no sexo masculino, sendo a lesão mais freqüente o nódulo vocal bilateral, com quadro de infecção das vias aéreas superiores (HIRANO, 1996).

Outros autores como Cooper (1974) e Greene (1989) concordaram que os nódulos vocais infantis incidem mais em meninos do que em meninas. Argumentaram que a incidência maior de meninos com nódulos se deve ao fato de que os meninos socialmente desempenham mais papéis agressivos do que as meninas. Cervantes (1992) descreveu que indivíduos ansiosos, agressivos, tensos e que falam energeticamente, são os mais predispostos a desenvolver nódulos vocais. Os nódulos desaparecem espontaneamente na adolescência, o que levanta a questão da necessidade ou não, da intervenção. Na puberdade, a laringe cresce significativamente, principalmente nos meninos e, em geral, eles passam a cometer menos abuso vocal. O registro vocal torna-se então mais grave e, desse modo, o ponto de maior tensão das pregas vocais muda de posição, o trauma mecânico se desestabiliza e o nódulo desaparece (GREENE, 1989; HIRANO, 1996).

Von Leden (1985) define nódulos vocais como resultado de excesso de uso e de abuso vocal em criança hipercinética que não percebe seu problema de voz.

2.4.3 Histopatologia

Os nódulos vocais ocorrem quase sempre bilateralmente e surgem no ponto de maior vibração da porção vibrante da prega vocal durante a fonação. Esta região fica no meio dos dois terços anteriores da prega, uma vez que o outro terço posterior não vibra no registro médio e alto. Do ponto de vista histopatológico, são lesões benignas mais superficiais da

lâmina própria, freqüentemente acompanhada de edema e fibrose, sem vascularização exuberante. Geralmente ocorrem simetricamente em ambas as pregas vocais, mas podem ser encontrados unilateralmente (WILSON, 1993; BEHLAU e PONTES, 1995; CASE, 1996).

Krecick et al. (1993) relataram que, nos estágios iniciais da formação de um nódulo, o trauma causa na prega vocal um edema localizado. Com a vibração, pregas aduzidas tendem a se chocar devido à alta freqüência de vibração (quinhentas a mil vezes por segundo). Segundo Colton e Casper (1996), este edema pode ser inicialmente unilateral e capaz de ser confundido com pólipos. No diagnóstico clínico, o nódulo corresponde histologicamente a anormalidades epiteliais, enquanto o pólipo corresponde a exsudatos submucosos fibrinosos. Os mecanismos subjacentes às duas lesões parecem ser suficientemente diferentes para indicar caminhos etiopatogênicos independentes.

2.4.4 Etiologia

Acredita-se que o fator etiológico primário em nódulos vocais seja um trauma no tecido das pregas vocais. Eles ocorrem na maioria das vezes no ponto médio da membrana das pregas vocais, onde as forças de impacto são as maiores, e geralmente bilaterais. Com a formação dos nódulos, um fechamento incompleto da membrana da glote pode ocorrer, causando um aumento de ar turbulento através da glote.

Foram descritos como fatores predisponentes à formação de nódulos vocais, a constituição física e a estrutura da personalidade. Como fatores precipitantes, o fator alérgico e as alterações do hormônio tireoidiano e como fatores agravantes, o álcool, o fumo e as infecções de vias aéreas superiores (ARNOLD, 1962; DALY, 1968).

Fujita (1991) concluiu que existe correlação entre os sinais clínicos de alergia e o nódulo vocal em pacientes masculinos menores de quinze anos. Estes dados corroboram o observado por Arnold (1962), que apontou como fatores precipitantes a alergia, os distúrbios da glândula tireóide e do hormônio de crescimento e como fator desencadeante a hipertonia muscular laríngea.

Há tendência proliferativa e exudativa (secreção) nos pacientes portadores de alergias, o que contribui para a ocorrência de edemas e hiperemias nas pregas vocais que provocam tosse e pigarro constantes (BEHLAU e PONTES 1995). Nessa situação o edema aumentaria e o fechamento glótico seria imperfeito, podendo ser compensado pelo paciente com esforço

vocal. As crianças não perceberiam esse esforço descompensado, o que resultaria na formação do nódulo vocal.

Também foi enfatizada a forte influência que o estilo de comunicação e os padrões de interação interpessoal que uma família tem sobre uma criança. Afirmou que. "independente da etiologia, qualquer problema de voz tem um componente psicossocial que deve ser investigado em cada caso, na personalidade, no sistema familiar, nos estereótipos culturais e nas relações entre a voz e o autoconceito que o indivíduo possui". Na verdade, pouco se conhece sobre os aspectos emocionais e da personalidade de crianças com nódulos (ANDREWS 1986).

Os aspectos emocionais e psicológicos de desordens vocais têm recebido especial atenção dos profissionais, porém até recentemente poucos estudos abordavam esses aspectos de forma científica. A necessidade de estudos psicológicos em crianças com disfonia, foi enfatizado por Wilson (1961).

Os fatores ambientais, físicos e familiares são apenas descritos superficialmente, quando relacionados à competição sonora, sendo considerados fatores agravantes na etiologia dos nódulos vocais. A necessidade de gritar para superar o ruído excessivo é suficiente para se ter um efeito traumatizante na prega vocal, principalmente se isto for feito de forma contínua (GREENE, 1989; WILSON, 1993).

Estudos sobre a personalidade de crianças com nódulos vocais utilizando o método de Rorschach, trouxeram significativa contribuição para a compreensão da personalidade das crianças portadoras de nódulo infantil, e a conclusão foi de que as crianças com nódulo vocal demonstram acentuadas inaptidões de relacionamento interpessoal e de enfrentamento das situações e demandas sociais, menor reconhecimento de suas necessidades afetivas e menor possibilidade de adequar suas atitudes com vistas a delas obter satisfação, maior imaturidade quanto à auto percepção e a percepção do outro, funcionamento cognitivo menos complexo e tendência à supersimplificação, que expressa um empobrecimento psicológico (GÜTERD, 1996).

2.4.5 Características Vocais

O esforço para produzir a voz pode causar mais tarde um aumento na tensão muscular, aumento na pressão subglotal, e forças de colisão nas pregas vocais mais altas, formando um “círculo vicioso” adicionado ao trauma vocal. Perceptivamente, o resultado é uma qualidade

de voz manchada/pressionada, e, ao mesmo tempo, a voz pode ser ecoada com diversos graus de ruído turbulento. Muitas vezes, também inclui características perceptivas que indicam irregularidades nas vibrações das pregas vocais, assim como aspereza e instabilidade, como um chiamento da voz (HOLMBERG et al, 2003).

O indivíduo com nódulo não consegue uma aproximação completa das pregas vocais e tenta superar esse fechamento imperfeito contraindo os músculos da laringe com grande força. A tensão pode aparecer em vários músculos da laringe, faringe e do pescoço (WILSON, 1993).

A tentativa de aduzir uma prega vocal requer um esforço tal, que faz com que alguns pacientes com nódulo se queixem de cansaço ao falar. Os portadores de nódulos se queixam de dor na musculatura cervical e torácica e não mencionam dor na laringe (KUHL,1991).

O nódulo na cobertura da prega vocal significa aumento de massa no ponto médio das pregas vocais em vibração, e implicará em maior periodicidade de vibração, maior perturbação de freqüência e maior rouquidão (CERVANTES, 1992; BEHLAU, 2001).

O principal sintoma vocal nos portadores de nódulos vocais é rouquidão e sopro. Para melhor entendimento, a rouquidão correlaciona-se ao grau de irregularidade de vibração das pregas vocais, enquanto a sopro refere-se ao fechamento glótico incompleto.

Segundo BEHLAU (2001) a qualidade vocal levemente rouca e sopro é resultante de nódulos iniciais e edematosos. Quando os nódulos são mais antigos e rígidos pode ocorrer abafamento de todo processo de oscilação da prega vocal com maior aperiodicidade de vibração, maior perturbação de freqüência e maior rouquidão, podendo haver presença de aspereza. De modo geral, a rouquidão e a sopro são os principais sinais perceptivos e auditivos, sendo que o grau dos mesmos decorre do tamanho do nódulo e da rigidez de seus tecidos, podendo variar de leve a moderadamente severo. Há quebras audíveis na fonação, e ataque vocal brusco com a pessoa aumentando seus esforços para poder falar.

2.4.6 Avaliação Laringológica

A avaliação laringológica básica pode incluir os seguintes procedimentos: laringoscopia indireta com espelho circular, laringoscopia direta tradicional e laringoscopia indireta com fibra óptica e estroboscopia laríngea.

A laringoscopia direta tradicional permite a avaliação das estruturas da laringe, com visão direta, mediante a introdução de tubos rígidos pela boca até a laringe. A vantagem desta técnica é a possibilidade de ampliação da imagem pelo acoplamento de um microscópio e a manipulação direta das pregas vocais por meio de instrumentos específicos. É também um recurso para o diagnóstico diferencial de alterações vocais com lesões associadas.

A laringoscopia indireta com fibra óptica surgiu como um princípio moderno que consiste na visão das estruturas em estudo mediante a iluminação através de fibras que captam a luz de uma fonte de alta potência; com a imagem trazida até o olho do examinador por um canal de fibras ou por prismas refletores. Em vista disto, podem ser usados o laringoscópio rígido ou flexível.

O laringoscópio flexível, de diâmetro menor, é introduzido pela via nasal e pode chegar até bem próximo da laringe, permitindo, além do estudo funcional da produção de voz em situações de fala ou canto, o estudo nas outras funções de laringe, como tosse, deglutição e ação esfíntérica.

Já o laringoscópio rígido é introduzido pela boca do paciente, com uma manobra semelhante ao da laringoscopia indireta por espelho, produzindo pouco incômodo, podendo ser utilizado sem sedação.

A estroboscopia laríngea cria uma imagem ilusória de câmera lenta tornando possível a avaliação do padrão vibratório e o detalhamento do movimento da mucosa. O uso de equipamentos especiais de iluminação e fotografia, que utilizam a luz estroboscópica, mostram a movimentação das pregas vocais em câmara lenta.

A laringoscopia convencional oferece uma análise eficiente do comportamento vocal, mas não detalha as características da mucosa das pregas vocais, tornando imprescindível um procedimento avançado, como a vídeolaringoestroboscopia, a qual avalia uma série de condições fonatórias.

2.5 AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA DA QUALIDADE VOCAL

Qualidade vocal é o termo utilizado para definir um conjunto de características vocais. Quando se qualifica o tipo de voz, pode-se também quantificar. É um atributo importante para as vozes normais e patológicas, identificando o indivíduo. Uma mudança na qualidade vocal pode sinalizar a presença de um problema benigno ou ameaçador à vida. (COLTON e CASPER, 1996).

A avaliação perceptiva auditiva da voz auxilia na definição do uso da voz pelo indivíduo e indica a capacidade vocal laríngea e as características do trato vocal e articuladores. É uma avaliação importante e insubstituível, com preferência clínica internacional, envolvendo diversas escalas e índices para uma determinação menos subjetiva e mais confiável do desvio encontrado (BEHLAU, 2001). Várias propostas de avaliação vocal perceptiva têm sido apresentadas na literatura. O enfoque principal dessas propostas consiste em analisar a voz em dois setores:

- Fonte (sinal laríngeo): quando a avaliação perceptiva da voz é realizada considerando-se as alterações da vibração da mucosa das pregas vocais; a análise restringe-se ao som produzido na fonte glótica, relacionando-se à frequência fundamental e aos harmônicos;
- Filtro (sinal da saída): quando a avaliação vocal perceptiva é realizada considerando a passagem dos harmônicos produzidos pela fonte glótica através do trato vocal, ocorre o efeito de filtragem do som.

As escalas de avaliação vocal perceptiva mais difundidas são: GRBAS, criada pelo Comitê para Testes de Função Fonatória da Sociedade Japonesa de Logopedia e Foniatria- (*Committee for Phonatory Function Tests - Japan Society of Logopedics and Phoniatrics*) em 1969, para avaliação da voz em nível glótico e o “modelo fonético de descrição da qualidade vocal fonte e filtro” para avaliação global da voz (LAVÉ, 1980).

A escala GRBAS é um método simples de avaliação do grau global da disfonia (G) pela identificação de quatro fatores independentes:

- R – rugosidade (*roughness*);
- B – soproidade (*breathiness*);
- A – astenia (*asteny*);
- S – tensão (*strain*).

Uma escala de quatro pontos é usada para identificar o grau de desvio de cada um dos fatores, na qual:

- (0) = normal: nenhuma alteração vocal é percebida pelo ouvinte;
- (1) = discreto ou leve para alterações vocais discretas;
- (2) = moderados: quando a alteração é evidente;
- (3) = severo ou intenso, para alterações vocais extremas.

Esta escala é centrada em nível laríngeo e oferece uma avaliação rápida, compacta e confiável.

PINHO e PONTES (2002) adaptaram esta escala, pois originalmente não contemplava o aspecto aspereza. O termo *rough* é utilizado para caracterizar irregularidade de vibração, sendo, portando, impreciso na distinção entre os aspectos perceptivos de rouquidão e aspereza. Devido a esta controvérsia, passou-se a considerar o *Grade*, entendido como "grau de desvio da voz" pela sociedade Japonesa de Logopedia e Foniatria, como "grau de rouquidão" e os demais aspectos, nos termos correspondentes à exata tradução dos termos. Adotou-se, em vista disto, uma nova terminologia, ou seja, RASAT, na qual:

R = rouquidão;

A = aspereza;

S = sopro;

A = astenia;

T = tensão.

A graduação de 0 a 3 e seus intermediários foi mantida para cada tópico avaliado.

Desta forma, procurou-se um consenso a respeito do julgamento auditivo e suas correlações fisiológicas.

A rouquidão corresponde à presença de irregularidade vibratória da mucosa das pregas vocais durante a fonação devido à presença de fenda glótica maior ou igual a 0,5 mm²; presença isolada de alteração orgânica em mucosa ou fenda de qualquer dimensão. Exemplo característico de rouquidão ocorre nos nódulos vocais, hiperemias e edemas. Essa situação gera ruídos adventícios em baixa frequência, mascarando nos traçados espectrográficos os harmônicos inferiores (HIRANO, 1981; HIRANO et al, 1990; PINHO, 1998).

O aspecto perceptivo de aspereza relaciona-se à rigidez de mucosa, o que também causaria certa irregularidade vibratória, dependendo da presença ou não de fenda glótica. Nos casos em que o fator rigidez predomina, a qualidade vocal é caracterizado por uma voz sem projeção. Em análise acústica, estas vozes são caracterizadas pela presença de ruídos em alta frequência (HIRANO et al, 1990).

A sopro corresponde à presença de ruído de fundo audível e o correlato fisiológico mais freqüente é a presença de fenda glótica, devido ao escape de ar na glote.

A astenia está correlacionada à hipofunção das pregas vocais, fraqueza vocal e energia vocal reduzida. A voz é caracterizada por harmônicos pouco definidos.

A tensão está associada ao esforço vocal por aumento da adução glótica (hiperfunção), geralmente relacionado ao aumento da atividade da musculatura extrínseca da laringe, caracterizada por ruído nas frequências altas do espectro e harmônicos agudos marcados.

É preciso considerar, contudo, que diversos fatores podem afetar a confiabilidade da análise perceptivo-auditiva, tais como: variabilidade dos avaliadores, habilidade do avaliador, amostra do material, dimensão qualitativa perceptual e quantitativa da escala, como também a referência interna do avaliador (Yu P et al, 2002).

2.6 AVALIAÇÃO ACÚSTICA DO SINAL SONORO

A história da análise acústica da fala começou neste século, com métodos analógicos, até chegar aos modernos processos de digitalização. Em 1920, surgiu o oscilograma, gráfico da amplitude em relação ao tempo num sinal contínuo. Em 1940, surgiu o analisador de Henrici, com análise de Fourier. Em 1950, surgiu a espectrografia, a análise da onda complexa em seus componentes de frequência pelo uso de filtros, que mostra a concentração de energia da fala ao longo do tempo. Em 1970, iniciou-se a era da tecnologia digital (KENT e READ, 2002).

Desde a década de 1950, houve um aumento progressivo de estudos voltados à análise objetiva da voz, paralelamente ao aparecimento de teorias que explicam a produção da voz e o desenvolvimento de inúmeros laboratórios de voz, posto que existe uma necessidade crescente de uma técnica confiável de quantificar os distúrbios da voz e detectar a disfonia na prática clínica todos os dias. Os métodos atuais de análise da voz baseados na avaliação perceptiva e nas pesquisas laringoscópicas são bem definidos. Entretanto, medidas físicas não invasivas podem fornecer uma técnica adjuvante para avaliar as disfonias e permitir uma comparação confiável de amostras de voz. Mesmo com pesquisas extensivas neste domínio, não existe nenhuma avaliação de voz objetiva, com aceitação ampla e com técnica padronizada.

As fibras ópticas e a semiologia avançada da laringe concretizaram o antigo anseio científico de comparar dados visuais e auditivo-acústicos, facilitando a compreensão da correlação entre gesto motor e resultado vocal.

As amostras de voz necessárias dependem do objetivo da análise.

As vogais sustentadas podem ser usadas para casos de alterações vocais da voz e para padronização de novas medidas e parâmetros (HORII, 1979).

A fala encadeada verifica o impacto da alteração vocal nas situações de comunicação oral. A vogal em posição de acentuação frasal, por exigir maior atividade laríngea, detecta dificuldades de controle laríngeo (CAMARGO, 2000). As porções iniciais e finais de emissão sustentada podem revelar maiores graus de perturbação e instabilidade (KROM, 1995).

Como a função vocal apresenta uma multiplicidade de fatores envolvidos em sua produção, nenhuma medida única de voz pode, por si só, estimar um conjunto total de informações sobre a fonação. A análise acústica, usando parâmetros múltiplos, tem se revelado um dos métodos mais apropriado de se descrever vozes alteradas.

A avaliação acústica clínica foi introduzida no Brasil na década de 1990, e tem sido cada vez mais presente na realidade fonoaudiológica. Essa análise realiza mensurações do sinal sonoro vocal e através de seu registro oferece uma informação concreta que pode ser comparada a outros sinais, gravados em tempos diferentes, sejam eles do mesmo indivíduo ou de outros falantes.

Segundo Behlau (1997; 2001), considerando-se exclusivamente a análise acústica para fins clínicos, os ganhos mais imediatos são oferecer maior compreensão acústica do *output* vocal e estreitar as linhas de associação entre as análises perceptivo-auditiva e acústica; prover dados normativos para diferentes realidades vocais quer sejam culturais, profissionais ou patológicas; oferecer uma documentação suficiente para traçar a linha de base da voz de um indivíduo seja ele profissional de voz, ou um paciente em tratamento; monitorizar a eficácia de um tratamento e comparar resultados vocais de diferentes procedimentos terapêuticos nas diversas fases do tratamento; acompanhar o desenvolvimento de uma voz profissional ao longo de um período; servir de instrumento de detecção precoce de problemas vocais e laríngeos.

A introdução do processamento digital de sinais conferiu rapidez e confiabilidade na obtenção de parâmetros acústicos complexos. Os computadores passaram a produzir espectrogramas semelhantes aos dos espectrógrafos de som, com inúmeras vantagens, entre elas a oferta de outras medidas adicionais.

Os principais parâmetros acústicos utilizados atualmente são os seguintes (BEHLAU, 2001):

- Medidas de frequência fundamental (f_0 – Hz): corresponde ao número de ciclos glóticos por segundo; os valores normais são de 80 a 150 Hz, para os homens, 150 a 250 Hz para as mulheres e acima de 250 Hz para as crianças;
- Medidas de perturbação: referem-se a quanto um determinado período de vibração diferencia-se do outro que o sucede, quanto à frequência e amplitude; representam o

nível de estabilidade vibratória e dependem do controle sobre o sistema fonatório; o *jitter* representa a variação de periodicidade de frequência e o *shimmer*, a variação de periodicidade de amplitude;

- Medidas de ruído: avaliam o ruído em diferentes faixas de frequência do espectro; o ruído é um sinal acústico sem periodicidade, originado da superposição de vários movimentos de vibração com diferentes frequências, as quais não apresentam relação entre si.

A determinação dos parâmetros vocais, como as medidas de ruído analisam os componentes aperiódicos do sinal sonoro. A importância destas medidas reside no fato de que o ruído acústico parece ser um excelente correlato para as disfonias.

As principais medidas de ruído são: proporção harmônico-ruído (PHR), energia de ruído glótico (ERG), proporção sinal ruído (PSR) e *glottal to noise excitation ratio* (GNE).

2.6.1 Proporção Harmônico-Ruído

A proporção harmônico-ruído (PHR), ou *harmonic to noise ratio*, contrasta o sinal regular das pregas vocais com o seu sinal irregular, oferecendo um índice que relaciona o componente harmônico *versus* o componente de ruído da onda acústica.

Os primeiros estudos sobre a presença do componente ruído no espectro vocal surgiram na década de 60 (ISSHIKI et al 1966; HIROTO, 1967; EMANUEL e SANSONE, 1969).

Kojima et al. (1980) realizaram a primeira tentativa de análise computadorizada da proporção harmônico-ruído (PHR). Utilizaram um algoritmo especialmente desenvolvido para este propósito, com o auxílio de um computador PDP-12. Participaram da amostra indivíduos americanos normais e disfônicos, e o material de fala analisado foi a vogal [a]. Os resultados permitiram diferenciar os dois grupos, com relação direta ao grau de rouquidão e sem diferenças quanto ao sexo. Considerou-se um método muito complexo e oneroso.

Um novo método para a obtenção de PHR foi descrito por YUMOTO (1983). Foi utilizado o programa de computador PDP 11/45, o qual mostrou-se menos complexo e mais acessível às atividades clínicas. O autor criticou estudos anteriores porque não levavam em conta os componentes harmônicos do espectro.

Baken (1996), considerou a proporção harmônico-ruído um dos melhores parâmetros de aplicação clínica, tanto na quantificação de desvios vocais, como na avaliação de

procedimentos dos tratamentos das disfonias. A PHR contrasta o sinal regular das pregas vocais com o sinal aperiódico, não somente vindo da vibração das pregas vocais, mas de todo o trato vocal. Indica a relação entre a energia dos componentes harmônicos e a energia do ruído presente no espectro vocal. Assim a PHR, expressa em decibel (dB), é apenas a amplitude da onda média dividida pela amplitude do componente ruído isolado para cada série de ciclos analisada.

Rodrigues (1993) definiu o PHR como um parâmetro de análise acústica que se baseia no pressuposto de que a onda acústica de uma vogal sustentada consiste de dois componentes: um componente periódico que é o mesmo de ciclo a ciclo e um componente de ruído aditivo variável. Portanto, a PHR aponta a relação entre a energia dos componentes harmônicos e a energia de ruído presente, que é expressa em decibel. Foi realizado por este autor o primeiro trabalho sobre a PHR descrito na literatura brasileira e os valores da PHR foram determinados para adultos brasileiros, com média de 8,63 dB para indivíduos do sexo masculino e 9,4 dB, para o sexo feminino.

Nas disfonias, a medida que a aperiodicidade à emissão torna-se presente e seu grau aumenta, o ruído vai substituindo a estrutura harmônica no espectrograma, o que será expresso na PHR. O espectrograma de uma voz julgada eufônica mostra harmônicos regular e bem definidos, enquanto as vozes julgadas disfônicas apresentam harmônicos irregulares, fracos e pouco definidos.

Outro estudo, realizado por Eskenazi et al. (1990), confirmou a utilidade da PHR na determinação do grau de alteração de uma voz por meio da investigação da relação entre as várias qualidades vocais e diferentes medidas acústicas, concluindo que os parâmetros mais úteis são o índice de perturbação da frequência fundamental e a PHR.

Madazio et al. (1998), realizaram um estudo com trinta indivíduos, entre 20 e 45 anos, comparando os valores da PHR pré e pós-reabilitação vocal por disфонia e concluíram que os valores da PHR foram maiores após a reabilitação vocal para as três categorias de disfonias pesquisadas: funcionais, organofuncionais e orgânicas.

2.6.2 Energia de Ruído Glótico

A energia de ruído glótico (ERG), ou *neutralized noise energy*, é uma variante da PHR, também expressa em decibel, que mede o ruído da onda sonora ao nível da glote por meio da subtração do componente harmônico da energia total do sinal acústico feito através

de filtros, cujos valores são indicados por números negativos, sendo o limite de normalidade até -10 dB. Valores maiores como -5dB, entre outros, são fortes indicativos de aperiodicidade fonatória.

Esse método foi proposto nos anos 80 como uma medida efetiva na avaliação de vozes disfônicas.

A energia de ruído glótico tem como base o componente ruído, o qual parece ser um índice mais sensível na diferenciação de vozes normais e disfônicas do que a PHR. O componente ruído é maior quanto menor os componentes harmônicos da emissão (BEHLAU, 2001).

Estudos utilizando medidas acústicas no sinal sonoro em três grupos de mulheres com coaptação glótica completa, fenda triangular media posterior e nódulos vocais, demonstraram que os valores de frequência fundamental (f_0), *jitter* e PHR foram semelhantes nos grupos estudados, sendo que os valores de *shimmer* foram significativamente maiores no grupo com nódulo vocal. O parâmetro acústico mais sensível na diferenciação dos três grupos foi a ERG, sendo que a PHR não foi capaz de diferenciar os grupos (GAMA, 1997).

2.6.3 Proporção Sinal-Ruído

A proporção sinal-ruído (PSR), ou *signal to noise ratio*, é também medida em decibel e contrasta a energia total do sinal com o componente ruído. O maior obstáculo para o uso de um parâmetro simples de acústica ou aerodinâmica para a avaliação objetiva de disфонia é que os diferentes processos da doença afetam vários aspectos da performance da voz para diferentes graus. Além disso, as medidas de acústica cobrem somente parte da informação contida na análise perceptiva.

Por esta razão YAMASAKI e BEHLAU (2001) compararam medidas de frequência fundamental, *jitter*, *shimmer* e PHR e nível de ruído glótico obtidos de três diferentes padrões de emissão: neutro, fluido e comprimido. O padrão vocal comprimido apresentou o menor valor de PHR, o neutro apresentou menor valor mediano da medida de *jitter e shimmer*.

2.6.4 *Glottal to Noise Excitation Ratio* (GNE)

A proporção de excitação glótica ou GNE, é uma medida acústica para calcular o ruído em uma série de pulsos produzidos pela oscilação das pregas vocais (MICHAELIS e STRUBE, 1995; MICHAELIS et al., 1998). Este parâmetro é baseado na hipótese que pulsos resultantes da colisão das pregas vocais geram uma excitação síncrona de diferentes faixas de frequência.

Representa um novo enfoque para quantificar a quantidade da excitação vocal pela oscilação da prega vocal *versus* excitação pelo ruído turbulento. Está intimamente relacionado à rouquidão. Métodos introduzidos no passado definiram parâmetros para a rouquidão ou ruídos aditivos para os parâmetros de domínio de tempo e frequência (KROM, 1995). Dependem da regularidade das oscilações glóticas mais acentuadas. O GNE é aplicado em oscilações altamente irregulares (MICHAELIS et al., 1998).

Um valor próximo a um significa uma excitação do tipo pulso, ou seja, uma excitação normal da glote, enquanto que valores próximos a zero resultam de uma excitação do tipo ruído.

O GNE não necessita do cálculo da frequência fundamental e gera informações mais independentes de *jitter e shimmer* que outros parâmetros utilizados para descrever ruído.

Para uma melhor compreensão dos princípios acústicos utilizados neste estudo, principalmente as técnicas de análise espectral, que são a base para a formação de um espectrograma, serão discutidas a seguir.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE ESPECTRAL DE SINAIS

Duas formas comuns de comunicação humana são desenvolvidas por meio do uso dos sinais da fala e da visão. Um sinal é definido como uma função de uma ou mais variáveis, a qual veicula informações sobre a natureza de um fenômeno físico. Quando a função depende de uma variável, diz-se que o sinal é unidimensional, um sinal de fala é um exemplo de sinal unidimensional, cuja amplitude varia com o tempo dependendo da palavra falada e de quem a diz. Quando a função depende de duas ou mais variáveis, diz-se que o sinal é multidimensional, como em uma imagem, onde as coordenadas, horizontal e vertical representam as duas dimensões (HAYKIN e VAN VEEN, 2001).

Um sinal pode ser analisado nos domínios do tempo e da frequência. Na análise temporal verifica-se sua variação ao longo do seu período de duração, enquanto na análise espectral verificam-se as frequências componentes do mesmo.

Para transformação de sinais representados no domínio do tempo para o domínio da frequência, existem várias técnicas dentro da série de Fourier.

3.1 FOURIER

3.1.1 Série de Fourier

No século XVIII, quando o físico Joseph Sauvier e o músico Jean Philippe Rameau perceberam que qualquer nota musical poderia ser analisada segundo uma frequência fundamental e outras múltiplas desta, chamadas harmônicas. Depois disso, muitos estudiosos como Bernoulli e Euler, trabalharam sobre tais observações. No entanto, somente depois que Isaac Newton e outros estudiosos desenvolveram o cálculo matemático (1807) que Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830), ao estudar a propagação de calor em corpos sólidos, desenvolveu a Série de Fourier. Com esta série, Fourier mostrou a generalidade do fenômeno observado por Sauvier e Rameau.

A Série de Fourier mostra que um sinal periódico $x(t)$ pode ser composto por uma soma de funções senoidais e cossenoidais, com uma frequência fundamental f_0 e suas

harmônicas $n.f_0$, com amplitudes e fases escolhidas convenientemente (equação 2), conhecida como Série de Fourier trigonométrica:

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(2\pi n f_0 t) + b_n \sin(2\pi n f_0 t)] \quad \omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{2\pi}{T}$$

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cos(2\pi n f_0 t) dt \quad b_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \sin(2\pi n f_0 t) dt \quad (2)$$

Para sinais pares, isto é, quando $x(t)=x(-t)$, pode-se reescrever a série (equação 3):

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2\pi n f_0 t) \quad (3)$$

Quando o sinal é ímpar, com $x(t) = -x(-t)$, reescreve-se a série (equação 4):

$$x(t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(2\pi n f_0 t) \quad (4)$$

Um exemplo está ilustrado na Figura 5, onde três funções seno começam a gerar uma onda quadrada, com frequência fundamental e suas harmônicas $3 f_0$ e $5 f_0$ e amplitudes $1, 1/3$ e $1/5$ (equação 5).

$$x(t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(2\pi n f_0 t) \quad (5)$$

Segue como exemplo a composição de uma onda quadrada (Figura 5) do tipo ímpar, com amplitude unitária e frequência fundamental igual a $\frac{1}{2}$ Hz. Característica desta forma de onda é o fato de não existirem as harmônicas de ordem par (2, 4, 6,...). O fato de haver uma oscilação na amplitude resultante da soma é denominado fenômeno de Gibbs (equação 6).

$$b_n = \frac{2}{T} \left[\int_0^1 A \sin(2\pi n f_0 t) dt - \int_1^2 A \sin(2\pi n f_0 t) dt \right] \quad (6)$$

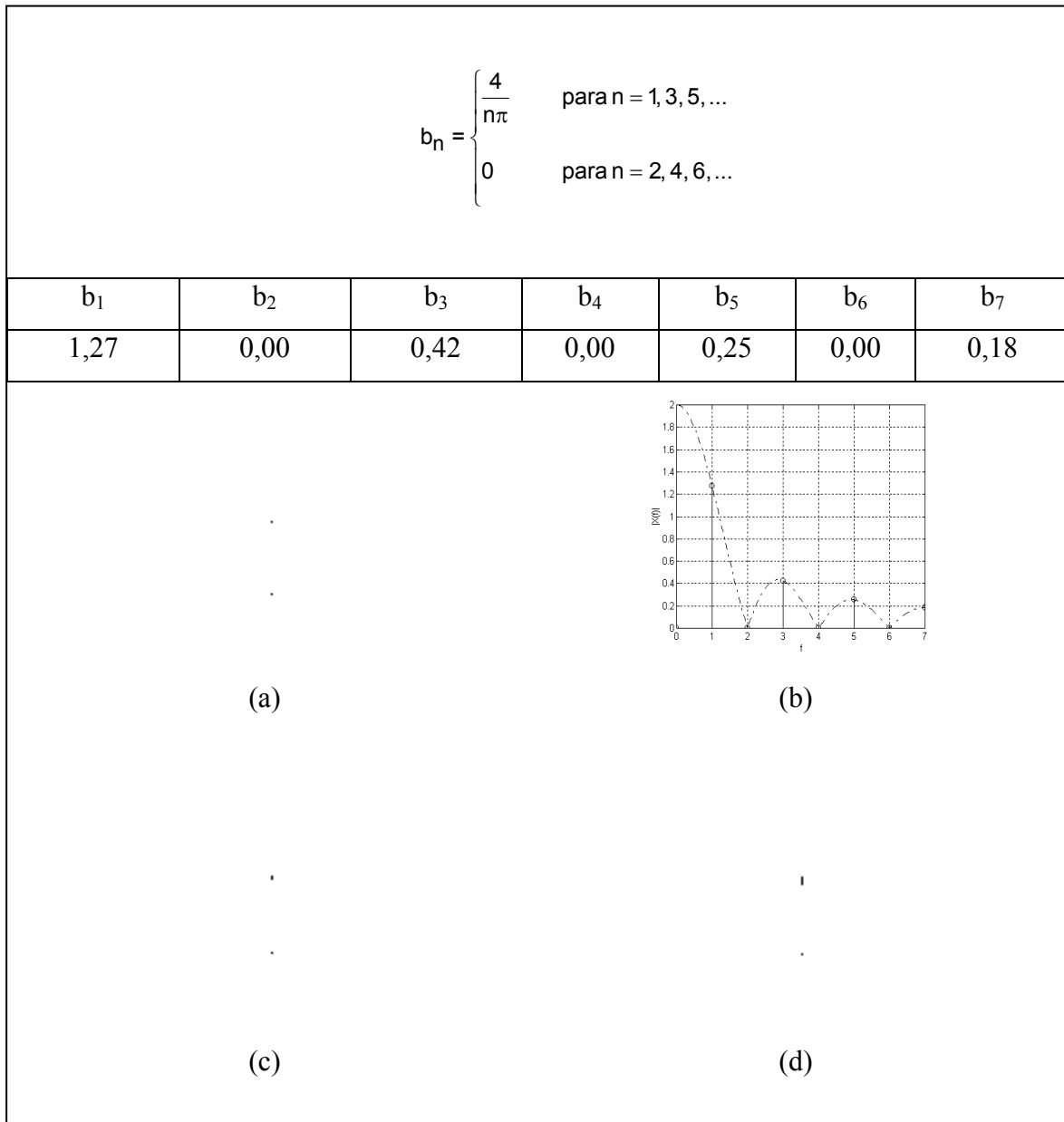


Figura 5: Onda quadrada com (a) suas componentes senoidais para $n = 1, 3, 5$ e 7 , (b) seu espectro, (c) soma de f_0 e $3 f_3$, e (d) soma de f_0 , $3 f_3$, e $5 f_5$.

3.1.2. Transformada de Fourier

Assim como a Série de Fourier é usada na análise de sinais periódicos, a Transformada de Fourier é utilizada na análise de sinais aperiódicos, sendo definida pelo par de transformadas direta (equação 7) e inversa (equação 8):

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (7)$$

$$x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(f) e^{j2\pi ft} df \quad (8)$$

Basicamente, a transformada mostra um espectro contínuo, com componentes espectrais que vão de $-\infty$ a $+\infty$, ao contrário da série, que exhibe só algumas componentes. Por exemplo, o sinal conhecido como retangular definido pela equação 9, tem o espectro definido pela equação 10. Ambos estão ilustrados na Figura 6. Pode-se observar que, quando a duração do sinal fica menor, o respectivo espectro tem reforçadas as componentes de alta frequência.

$$x(t) = A \Pi\left(\frac{t}{\tau}\right) = \begin{cases} A & \text{para } -\tau/2 < t < \tau/2 \\ 0 & \text{para } |t| > \tau/2 \end{cases} \quad (9)$$

$$X(f) = \int_{-\tau/2}^{+\tau/2} A e^{-j2\pi ft} dt = A\tau \frac{\sin(\pi f\tau)}{\pi f\tau} \quad (10)$$

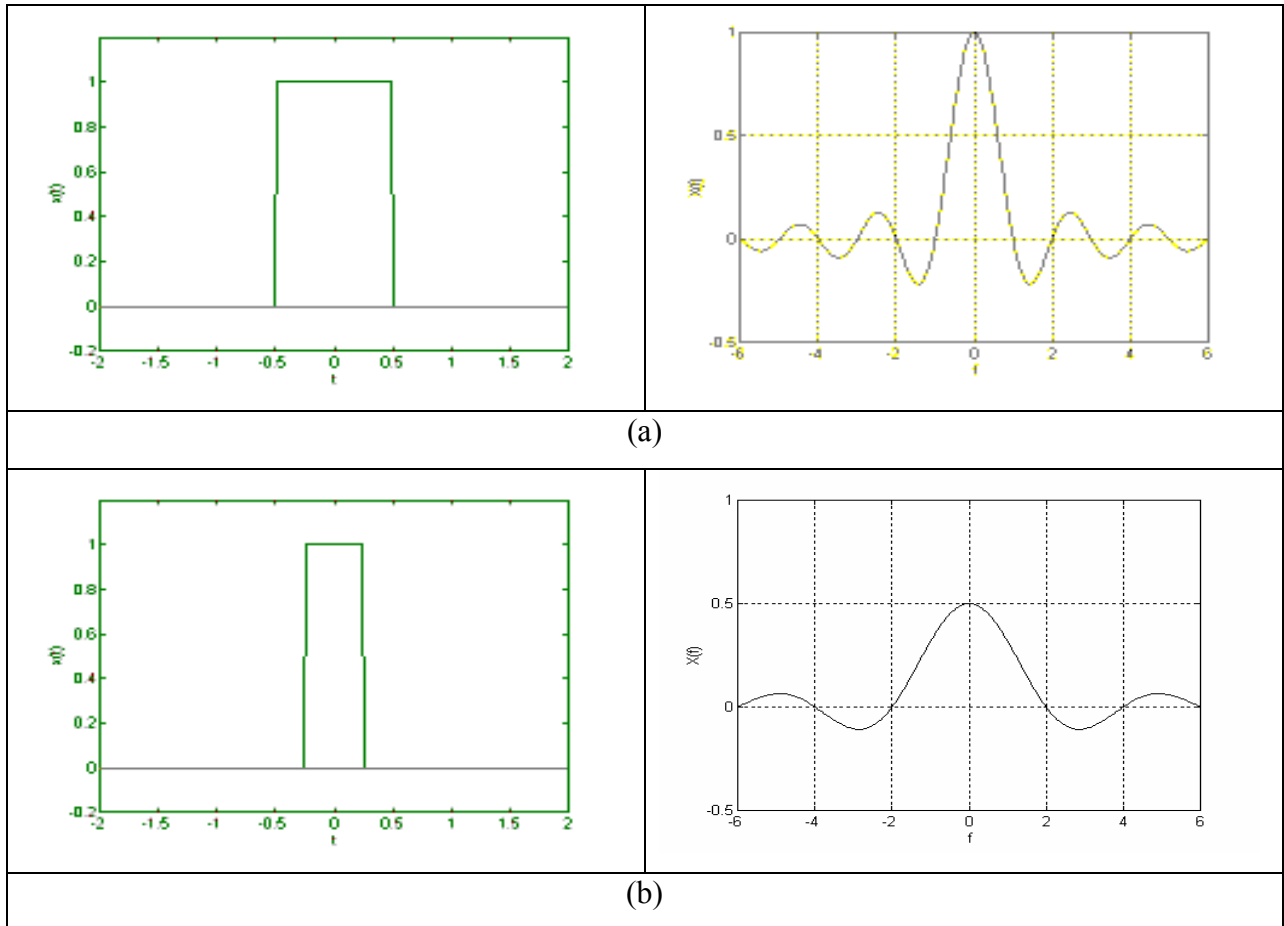


Figura 6: Transformada de Fourier da função retângulo
para (a) $A = 1$, $\tau = 1$ e (b) $A = 1$, $\tau = 0,5$.

3.1.3 Transformada Discreta de Fourier (DFT)

Com o advento do processamento de sinais discretos, tornou-se possível calcular a transformada discreta de Fourier (DFT – *Discrete Fourier Transform*) de um sinal através do par definido pelas equações 11 e 12, bastando que se tenha um grupo $x(n)$ com N amostras do sinal $x(t)$. Para isso, deve-se respeitar o teorema da amostragem, que estabelece que a frequência de amostragem f_s deve ter valor maior ou, pelo menos, igual ao dobro do valor máximo da frequência do sinal analisado.

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j(2\pi/N)nk} \quad (11)$$

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{j(2\pi/N)kn} \quad (12)$$

Onde N é o número de amostras, $x(n)$ são as amostras de $x(t)$ e $X(k)$ são as componentes espectrais. O espaçamento entre as componentes espectrais é dado por f_s/N

Segue o exemplo dos espectros discretos de um sinal senoidal com número exato de 4 ciclos e frequência de 4 Hz (duração de 1s), e frequência de amostragem de 20 Hz (total de 20 amostras e espaçamento de 1 Hz entre as colunas) e outro sinal com número inexato de ciclos dentro da janela de análise, devido a sua frequência de 4,5 Hz, ocorrendo o fenômeno denominado espalhamento espectral, pois só podem ser observadas as componentes de 4 ou 5 Hz e não a de 4,5 Hz. Isto seria possível se fossem tomadas 40 amostras (Figura 7).

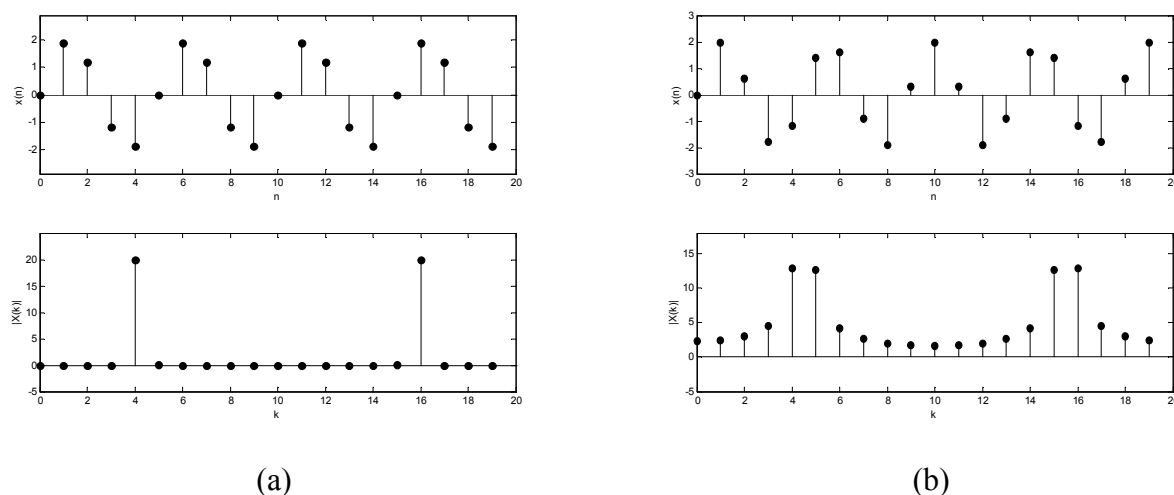


Figura 7: Transformada discreta de Fourier de um sinal com número (a) exato e (b) inexato de ciclos.

3.1.4 Transformada Rápida de Fourier (FFT)

Para diminuir ainda mais o tempo de cálculo da DFT foi desenvolvido um algoritmo (COOLEY e TOOKEY, 1965) denominado Transformada Rápida de Fourier (FFT), que reduz o número de computações de $2N^2$ para $2N \cdot \lg(N)$, onde N é o número de amostras dado em potência de 2 ($N=2^m$) e $\lg(N)$ é o logaritmo de N na base 2. Com o desenvolvimento de

novos processadores, pode-se atualmente obter o espectro em tempo real, o que permite analisar os sinais através de seus espectrogramas.

3.1.5 Espectrograma

O espectrograma é um método de análise de sinais não-estacionários, difíceis de serem analisados instantaneamente tanto em função do tempo como da frequência. É o caso dos sinais de radar, dos sismográficos e dos de voz, entre tantos outros encontrados na natureza. Aplicando-se a FFT a janelas temporais, obtém-se um gráfico tridimensional em função das variáveis de amplitude, tempo e frequência. O mesmo pode também ser visto como uma imagem, com a variável amplitude sendo representada em função da tonalidade do(s) traço(s). Dois exemplos estão ilustrados na Figura 8, para um sinal FM com variação linear entre 20 Hz e 4 kHz ($f_s = 8$ kHz) e outro de voz somado ao cantar de um pássaro, a uma senóide pura além de um ruído de fundo ($f_s =$ de 22050 Hz).

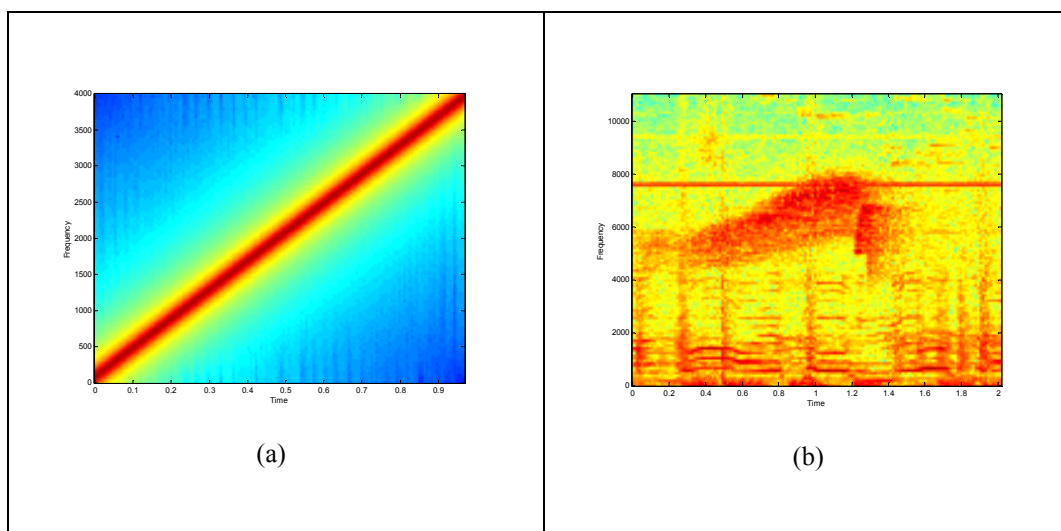


Figura 8: Espectrograma de um sinal (a) FM e (b) do trecho de uma canção popular representando as sílabas “a-go-ra eu tô em ou-tra”, somado ao assobio de um canário (em FM) e a um sinal de frequência constante, além do ruído de fundo.

A espectrografia acústica computadorizada de sinais de voz e fala é um procedimento científico que analisa parâmetros acústicos a partir de sinais vocais. É um procedimento monitorado por computador, usando *software* adequado, possibilitando a gravação de registros de voz, sua estruturação em banco de dados, a comparação com parâmetros de excelência e o acompanhamento de parâmetros de qualidade vocal ao longo do tempo. Os resultados da análise são apresentados sob a forma de gráfico, imagem e texto.

O espectrograma é uma representação visual de um sinal acústico. Para tanto, a transformada rápida de Fourier é aplicada a uma onda acústica, derivando as frequências e as amplitudes de suas ondas componentes. Sua faixa de frequências usual para identificação pela voz é de 60 Hz a 4000 Hz; suficiente para determinar todas as características de uma voz (BEHLAU, 2001). Ou seja, é um padrão de análise de som contendo informações sobre a intensidade, frequência e tempo. Mostra o tempo no eixo horizontal, a frequência no eixo vertical e a intensidade na escala de cores.

Como já visto na transformada de Fourier, a análise espectral de um sinal com o uso de largas janelas de duração permite visualizar o respectivo espectro de forma bem detalhada, com boa definição entre as suas componentes. Contrariamente, se trechos curtos do sinal são avaliados, o espectro não oferece boa resolução, aparecendo faixas mais largas, no entanto, são muito úteis na análise de sinais de voz (

Figura 9).

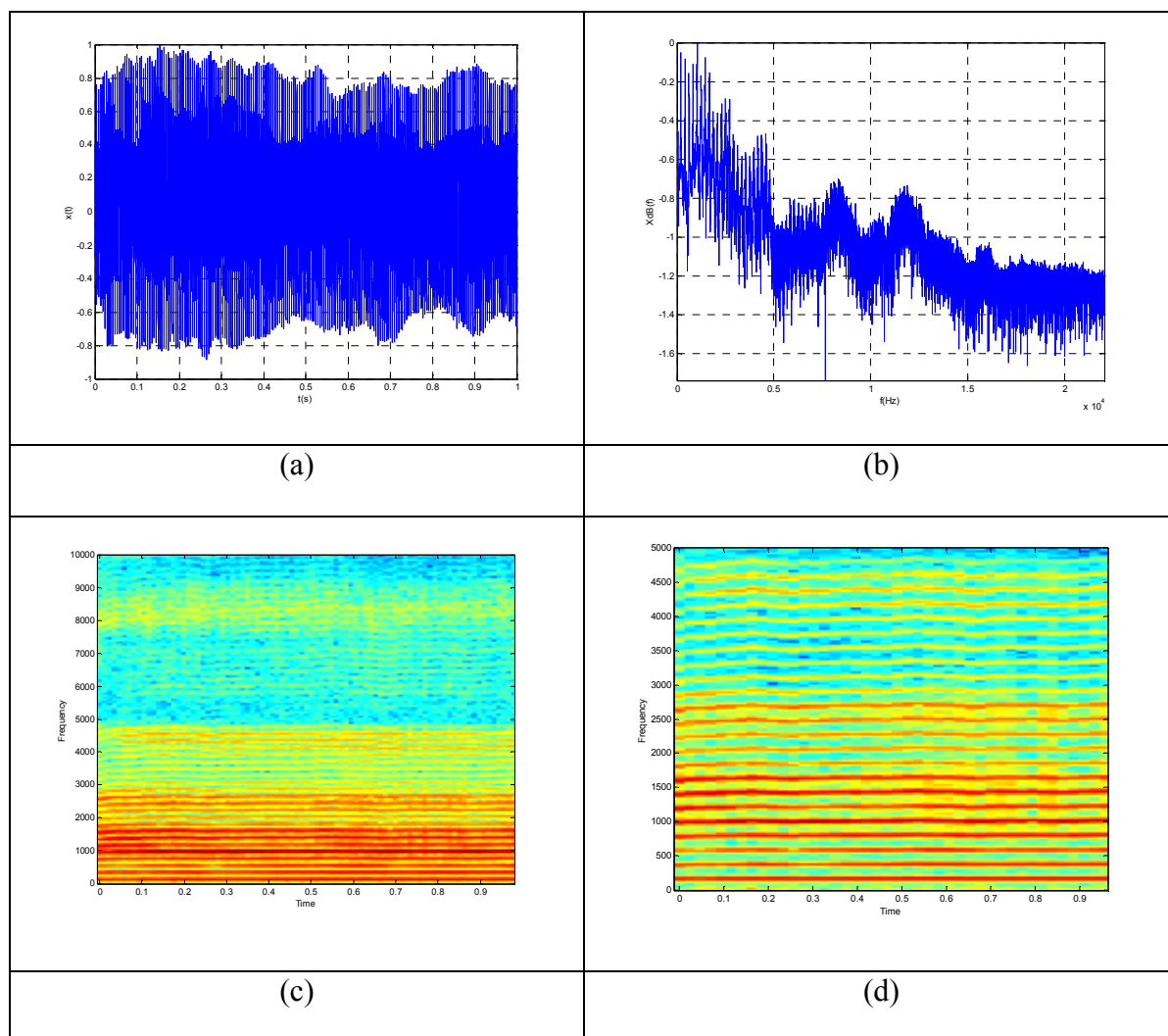


Figura 9: Vogal sustentada [é] amostrada com frequência de 44.100 Hz, (a) sinal no domínio do tempo, (b) espectro na faixa de 0 a 22.050 Hz, (c) espectrograma na faixa de 0 a 10.000 Hz e (d) espectrograma na faixa de 0 a 5.000 Hz; usando o *software* Matlab.

O espectrógrafo sonoro é um analisador de onda sonora, que produz uma gravação visual permanente, mostrando a distribuição da energia em frequência e tempo. A essência de sua operação é a análise da onda complexa em seus componentes de frequência com o uso de filtros. Duas faixas de filtro podem ser usadas: larga e estreita

3.2.1 Espectrograma de Faixa Estreita

Este tipo de espectrograma corresponde à representação tridimensional da onda sonora decorrente da aplicação de filtros de banda estreita, ou seja, com largura de faixa entre 15 Hz e 60 Hz. Sua representação provê raias dispostas horizontalmente, apontando para o eixo da frequência, cada uma correspondendo a um harmônico da emissão (PINHO, 2001). Ou seja, é composto de linhas horizontais permitindo a detecção de harmônicos sucessivos (Figura 10).

3.2.2 Espectrograma de Faixa Larga

Este tipo de espectrograma (Figura 10) corresponde à representação tridimensional da onda sonora decorrente da aplicação de filtros de banda larga, ou seja, com largura de faixa entre 150 Hz e 600 Hz. Sua representação provê raias dispostas verticalmente, apontando para o eixo do tempo (duração) e, por sua resolução mais refinada no fator temporal, pode-se afirmar que este espectrograma permite identificar o predomínio de energia, bem como suas zonas de maior amplitude, especialmente os formantes do som (PINHO, 2001).

Os principais dados obtidos do espectrograma são as características temporais da onda sonora, como regularidade no traçado, definição de intensidade ou frequência, extensão e definição dos harmônicos, presença de ruído e formantes das vogais. Uma análise teórica mais profunda está fora do escopo deste trabalho.

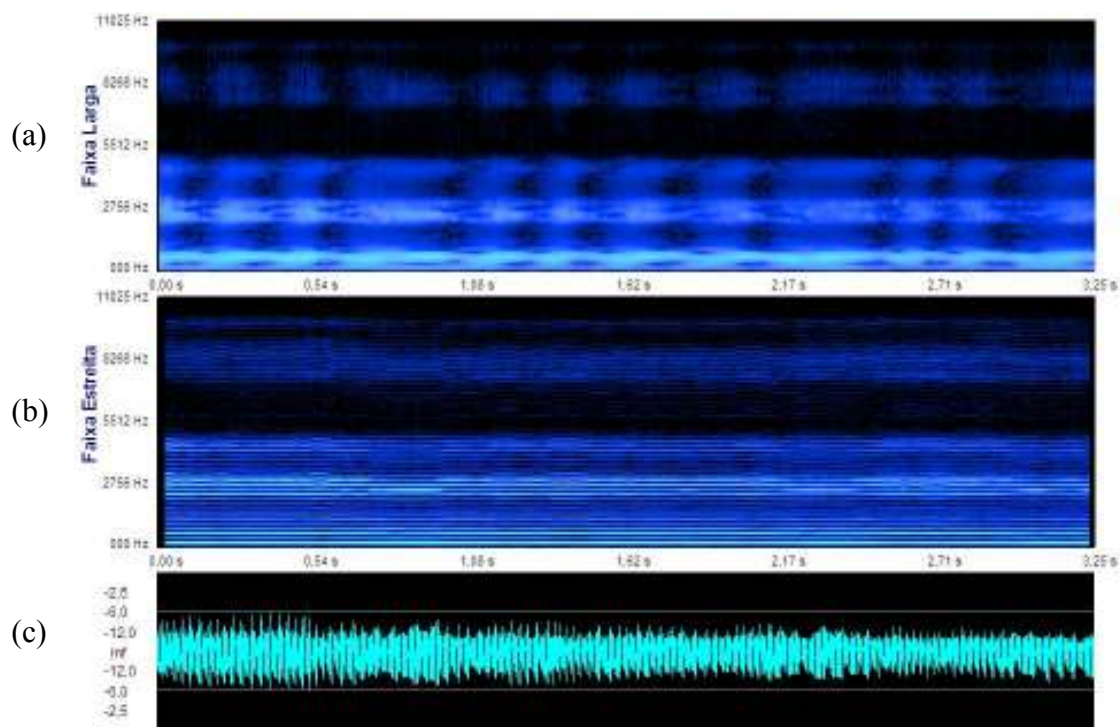


Figura 10: Vogal sustentada [é] amostrada com frequência de 11025 Hz,
(a) faixa larga (b) faixa estreita (c) sinal no domínio do tempo

Software VoxMetria.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

Neste capítulo serão descritos o desenvolvimento e os equipamentos usados para a validação prática deste trabalho de pesquisa.

4.1 AMOSTRA

O projeto de pesquisa deste estudo foi aprovado pela Comissão de Ética de Pesquisa (CEP) do Hospital Erasto Gaertner, em Curitiba/Paraná, Parecer n. 1116, de 18/01/ 2005.

Participaram do estudo 25 indivíduos do gênero feminino, brasileiras, com idades entre 24 e 47 anos, de forma a eliminar os períodos de alteração vocal decorrentes de muda vocal, no limite inferior, e da presbifonia, no limite superior, ou seja, mudanças de voz devido à idade. Destas, 20 apresentaram diagnóstico de nódulos vocais e 5 com laringe e voz normais foram consideradas como grupo controle.

Elas foram submetidas à avaliação otorrinolaringológica e ao exame de laringe (videolaringostroboscopia), realizados no Instituto Paranaense de Otorrinolaringologia (IPO), em Curitiba/ Pr, tendo como responsável o médico otorrinolaringologista, Dr. Evaldo de Macedo Filho. As vozes foram gravadas e posteriormente analisadas, por meio do *software* VoxMetria versão 2.2⁴, desenvolvido pela CTS informática, com coordenação da Dra. Fonoaudióloga Mara Behlau.

Estas pacientes foram convidadas a participar da pesquisa após consulta médica no IPO, quando identificou-se a presença de nódulos vocais nas mesmas. As participantes da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento conforme Anexo 1.

4.2 EQUIPAMENTOS

⁴ <http://www.ctsinformatica.com.br/caractvoxmetria.htm>

Para o desenvolvimento deste trabalho relacionam-se os diversos equipamentos usados para a realização do exame de videolaringoestroboscopia e para a gravação das amostras de voz.

4.2.1. Videolaringoestroboscopia

- Ópticas telescópicas para laringoscopia de 70%, mod. SFT-1; Nagashima Co. Japan;
- Microcâmera de 1 lux, modelo IK-M4YIA, Toshiba Co. Japan;
- Dois videocassetes VHS/4 cabeças JVC, mod HR-J416M, Victor Company of Japan;
- Monitor de vídeo Sony, modelo KV-144IB, Sony da Amazônia Ltda., Brasil;
- Sistema de impressão Printer Panasonic, modelo AG-EP60-P, Matsushita Electric Industrial Co. Ltd. Japão;
- Fonte de luz estroboscópica 200W, modelo 4914, Bruel-Kjael Co./Denmarca
- Gerador de caracteres JVC, modelo CG-V60U, Victor Company of Japan;
- Amplificador de som Cygnus, modelo AC200, Cygnus do Brasil;

Os equipamentos, na sua configuração de uso e disposição em relação à sala de exame, estão apresentados no anexo 2.

4.2.2. Gravação das amostras de voz

- Mesa de som Behringer – Eurorack MX 2004 A;
- Computador;
- Placa de som Audiophile 2496 /2 in e 2 out, saída digital, frequência de amostragem de até 96 kHz;
- Microfone condensador da marca AKG, modelo C2000, com resposta de frequência plana de 20 Hz a 20.000Hz.

4.3 EXAME DA LARINGE

Após a entrevista inicial, minuciosa explicação foi fornecida sobre o exame. Recomendou-se jejum de seis horas antes da realização do exame.

O exame foi realizado com o sujeito sentado e sob anestesia tópica (Lidocaína 10%) de cavidade oral e faringe, para evitar o reflexo nauseoso.

Com a boca aberta, língua estendida e protraída, envolvida em gaze e mantida na posição adequada por preensão digital, introduziu-se a óptica telescópica pela cavidade oral, oro e hipofaringe e a laringe.

Para a avaliação orgânica e funcional da laringe, com a estroboscopia, foi aplicado o protocolo de inspeção laringológica.

A laringe foi avaliada durante a respiração e a emissão sustentada das vogais [é] e [i] em intensidade e tom habituais da pessoa.

A presença indubitável de nódulos (Figura 11) definiu as mulheres para a composição do grupo amostral. As setas indicam a localização dos nódulos.

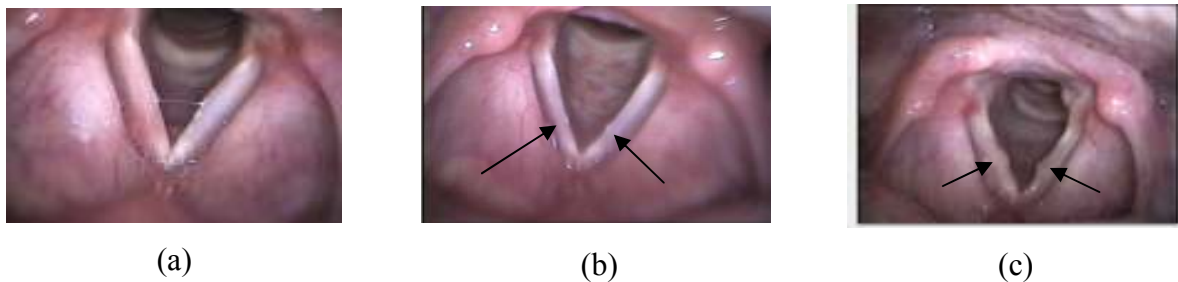


Figura 11: Pregas vocais (a) normais, (b) nódulos vocais bilaterais pequenos e (c) nódulos vocais grandes e pseudocisto vocal à direita associado.

As imagens documentadas foram gravadas em fita magnética VHS. Os resultados foram descritos em laudo computadorizado (Anexo 3).

4.4 CAPTAÇÃO DAS AMOSTRAS DA VOZ

A gravação das amostras vocais foi realizada primeiramente no consultório otorrinolaringológico, logo após a videolaringoestroboscopia. Para maior confiabilidade das gravações, as vozes foram regravadas em um estúdio de áudio, em ambiente totalmente silencioso e digitalizadas diretamente para o computador.

As mulheres foram orientadas a emitir a vogal sustentada [é], oral, anterior, média, onde as estruturas do trato vocal mantêm-se mais estáveis e são padronizadas para dados acústicos do *software* VoxMetria.

Foi solicitado ao sujeito que respirasse tranquilamente e emitisse os referidos sons, em frequência, intensidade e qualidade vocal habitual, no registro modal de fala.

O microfone profissional estava instalado em um pedestal e posicionado a cinco cm dos lábios do falante em um ângulo de 45° a 90° , que permanecia em pé.

As gravações foram digitalizadas na frequência de amostragem de 44100 Hz e arquivadas no programa Sound Forge 6.0. Posteriormente, foi realizada a re-amostragem dos sinais em 22050 Hz para serem utilizados no *software* VoxMetria.

4.5 ANÁLISE ACÚSTICA

A avaliação acústica computadorizada consiste no processo de extração e quantificação de padrões precisamente definidos do sinal vocal por instrumentos objetivos. Oferecem diversos tipos de mensurações do sinal, podendo ser extraídos vários índices, simples e confiáveis, através da emissão de uma vogal. A análise acústica foi realizada por meio do *software* VoxMetria, da CTS Informática. Este permite a avaliação de parâmetros vocais por meio da emissão de uma vogal sustentada, sendo sugerido no manual a vogal [é], para se obter os dados referentes à voz a ser analisada..

Após um cliente ter sido cadastrado, foi criado um arquivo de som para análise. Existem dois tipos de arquivo de som disponíveis: o arquivo de análise de voz e outro de qualidade vocal.

O arquivo de análise de voz foi gravado com frequência de amostragem de 11025 Hz. As funções disponíveis são: sinal de áudio, frequência fundamental, intensidade, estatísticas, histograma da frequência fundamental, espectro de energia, espectro de LPC (*Linear Predictive Coding*), vogais e espectrograma.

O arquivo de som da qualidade vocal foi gravado em 44100 Hz. As seguintes funções disponibilizadas são: diagrama de desvio fonatório, dados da análise vogal e espectrograma.

Dos parâmetros anteriormente mencionados, os que foram utilizados para esta pesquisa são as seguintes:

- frequência fundamental (f_0);
- GNE; (MICHAELIS et al.,1998);

- espectrografia vocal de faixa estreita, analisando as vozes sob os aspectos de extensão dos harmônicos, definição dos harmônicos, presença de ruído entre os harmônicos e acima deles.

As demais medidas acústicas foram utilizadas em parte, a fim de auxiliar os parâmetros da pesquisa, e não como objeto do estudo.

Após a gravação da onda sonora, esta foi selecionada, eliminando os segundos inicial e final, a fim de evitar a computação de instabilidades inerentes a estes trechos, ou seja, no início da emissão pode haver um aumento natural de intensidade, e no final uma diminuição. Assim, o recorte da porção inicial e final da onda sonora é necessário, para que se tenha uma representação adequada da mesma.

Os dados da análise vocal desta onda aparecem em forma de valores numéricos (Figura 12).

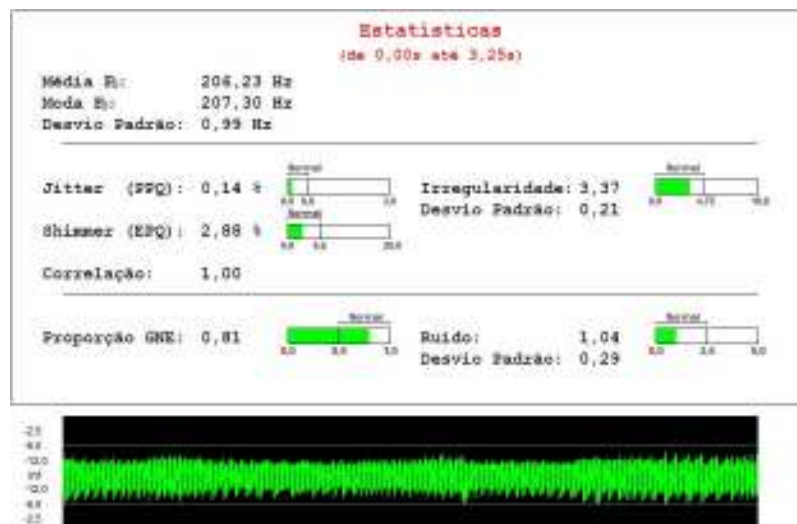


Figura 12: Valores estatísticos da análise vocal da onda sonora – Diagrama de Desvio Fonatório

As medidas de *jitter* (perturbação de frequência), correspondem à variação da frequência fundamental em ciclos consecutivos e de *shimmer* (variabilidade da amplitude em ciclos vizinhos), não foram utilizados nesta pesquisa, pois uma laringe com alterações, seja pela presença de massa, seja por distúrbios no controle neuromuscular, produz mais ciclos erráticos que uma laringe normal (BEHLAU, 2001). Desta forma, as medidas de *jitter* e *shimmer* estão sendo utilizadas apenas para vozes normais ou levemente alteradas.

O método de extração utilizado para a obtenção da frequência fundamental foi a auto-correlação, expresso em Hertz (Hz). Os fatores de determinação da f_0 e sua variação em extensão vocal são: o comprimento natural da prega vocal, o alongamento, a massa em vibração e a tensão envolvida. Quando se extrai o valor de f_0 , refere-se a um valor médio, obtido pela soma das medidas da f_0 , dividida pelo número de ondas medidas. A frequência fundamental modal representa o valor que ocorre mais freqüentemente na série de picos medidos, assim, aproxima-se da frequência e uso habitual do indivíduo. A extração de f_0 é afetada pelo sexo e idade e tem-se mostrado o parâmetro mais robusto aos diferentes sistemas de análise acústica.

O Diagrama de Desvio Fonatório é um método para descrever a periodicidade e o conteúdo de ruído das vozes. Este diagrama é baseado em quatro medidas, sendo três para obter aspectos de periodicidade (*jitter*, *shimmer* e correlação (MWC)) e uma para indicar a quantidade de ruído (*glottal-to-noise excitation ratio*, abreviada como GNE) da voz sendo analisada (MICHAELIS et al. 1997).

Ao lado de cada valor calculado, uma barra demonstrando o valor de referência é mostrado. Se for de cor clara(verde), está indicando um valor de normalidade e se estiver em cor escura(vermelha), aponta valores de anormalidade.

O princípio básico que norteia a avaliação acústica é a Transformada de Fourier, o qual afirma que qualquer forma de onda periódica pode ser analisada através de uma série de ondas senoidais, com diferentes relações de frequência, amplitude e fase (BAKEN, 1996). As frequências das ondas componentes são todas múltiplos inteiros da frequência fundamental (f_0) da onda, sendo conhecidas como harmônicas. Desta forma, a vibração das pregas vocais produz um espectro sonoro, observável através do espectrograma.

O tamanho da faixa está diretamente relacionado com o tamanho da FFT realizado na produção do espectrograma. Três tipos de faixa são disponibilizados:

- Faixa larga (300 Hz): produz um espectrograma com baixa resolução, porém com um rápido processamento. A faixa larga analisa os formantes do som, um mecanismo essencialmente articulatorio. Os valores dos formantes representam as frequências naturais de ressonância do trato vocal e geralmente são expressos em Hz e designados por f_1, f_2, \dots , de modo progressivo;
- Faixa média (55 Hz): produz um espectrograma com resolução razoavelmente alta e com um tempo de processamento considerável e pouco utilizado;

- Faixa estreita (25 Hz): produz um espectrograma com uma alta resolução, porém utiliza o maior tempo de processamento das três opções. É indicado para a análise dos harmônicos.

Para o espectrograma foi utilizado o padrão faixa estreita (25 Hz) para a análise das vozes, evidenciando os harmônicos do som e um segmento com duração aproximada de três segundos foi utilizado para a realização da análise acústica.

O acesso ao traçado do espectrograma foi realizado por meio do arquivo de análise de voz, sendo a opção: análise/ espectrograma. Na parte superior da tela, verifica-se informações sobre a intensidade, frequência e tempo.

Foram eliminados os segundos inicial e final e a análise dos harmônicos e ruídos foram realizados visualmente.

O espectrograma pode ser observado sob vários aspectos. As raias são o resultado acústico dos pulsos glóticos (vibração das pregas vocais). Em uma vogal sustentada produzida com uma voz normal, estas raias devem aparecer em um padrão quase regular de espaçamentos iguais. Em uma voz disfônica, onde a vibração é irregular, estas raias não são tão uniformes em aparência, podendo haver espaçamentos das raias ou mesmo espaços vazios associados com quebras de sonoridade. A evidência do ruído em vozes com presença de rouquidão e aspereza aparece particularmente em regiões de alta frequência do espectrograma. A soprosoidade soa com presença de ar entre as pregas vocais e aparecerá como ruído. O ruído não apresenta aparência de regularidade nas raias, aparece de forma desorganizada, sem qualquer padrão particular.

Também se pode ter acesso ao espectro de energia, o qual é apresentado em forma de gráfico, mostrando a distribuição da energia como uma função de frequência, sendo calculado pela LTAS (*Long Term Average Spectrum*), ou seja, a média de todas as amostras de energia lidas no arquivo de som. Esta análise permite auxiliar na visualização dos harmônicos do som (Figura 13).

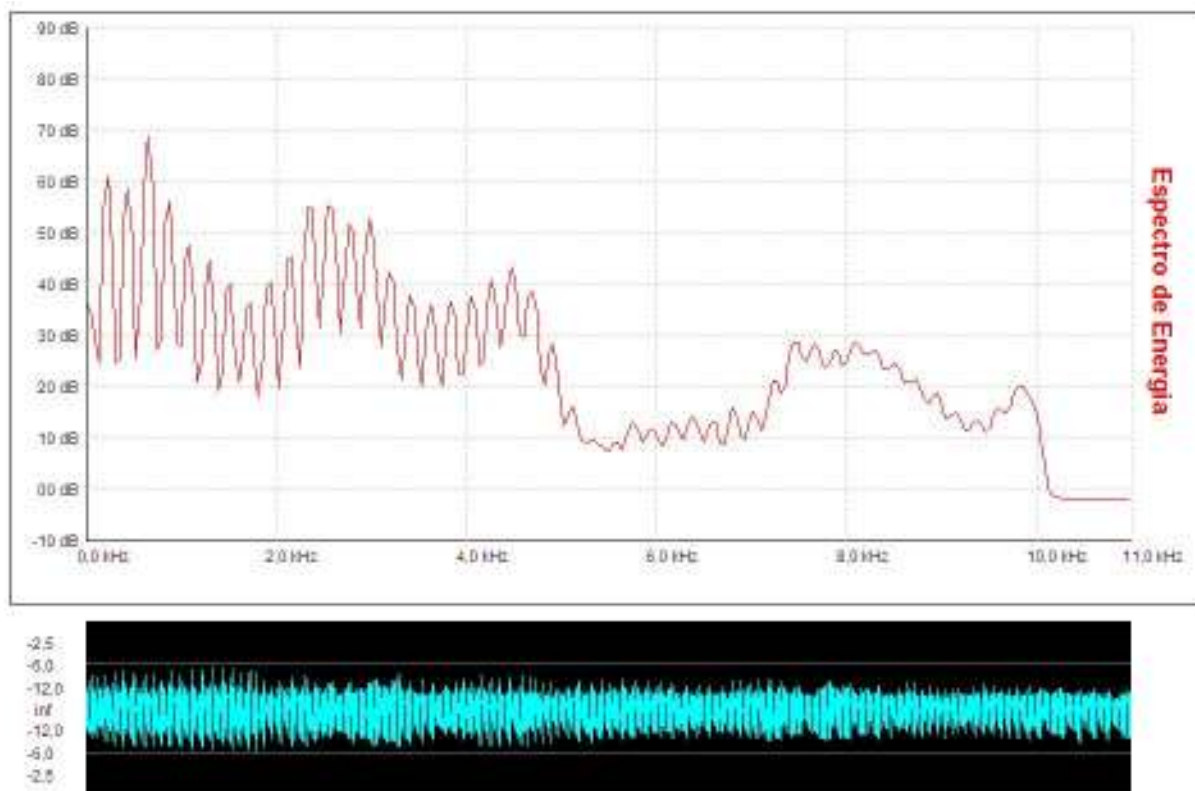


Figura 13: Gráfico da distribuição da energia (como uma função de frequência x intensidade) calculado através da LTAS.

4.5 ANÁLISE PERCEPTIVO-AUDITIVA

Para realizar a análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal foi utilizada a escala RASAT (Tabela 2):

Tabela 2: Significado da Escala RASAT

R = rouquidão	A = aspereza	S = soproidade	A = astenia	T = tensão
---------------	--------------	----------------	-------------	------------

As graduações correspondem:

- 0 = normal: nenhuma alteração vocal é percebida pelo ouvinte;
- 1 = discreto ou leve para alterações vocais discretas;
- 2 = moderados: quando a alteração é evidente;
- 3 = severo ou intenso, para alterações vocais extremas.

Esta avaliação foi realizada por dois fonoaudiólogos especialistas em voz e pela pesquisadora, definindo-se os seguintes padrões:

- voz rouca: presença de irregularidade de vibração da mucosa das pregas vocais;
- voz áspera: redução ou ausência da onda mucosa;
- voz soprosa: escape de ar transglótico não sonorizado;
- voz com astenia: fraqueza vocal;
- voz tensa: compressão das pregas vocais na linha média, com ou sem deslocamento das pregas vestibulares; vibração de mucosa reduzida.

A avaliação perceptivo-auditiva pode ser realizada por diversas escalas, índices e protocolos específicos, considerando o treino auditivo para descrição da qualidade vocal essencial.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A metodologia estatística utilizada no estudo foi composta de técnicas de análise descritiva, envolvendo tabelas e gráficos, médias e desvio-padrão. Para a análise dos dados estatísticos foi utilizado o Teste **t** e o nível de significância adotado foi de 5%.

Cabe descrever os seguintes aspectos:

- α = Nível de significância de um teste estatístico (indica a probabilidade máxima de rejeitarmos a hipótese estatística e ela ser verdadeira). Na prática, o valor mais utilizado para α é 0,05 (ou 5%);
- p = Representa a probabilidade calculada com base nos resultados obtidos para os dois grupos. Se esta probabilidade p é muito pequena ela indica que o resultado do teste é significativo, ou seja, que existe diferença significativa entre os dois grupos comparados. O que seria um valor de p pequeno? Teoricamente seria um valor de $p < \alpha$, sendo α o nível de significância adotado (geralmente 5 %).
- Quando realizamos o teste estatístico adequado para compararmos dois grupos, dizemos que o teste é significativo ao nível de significância de 5 % ($\alpha= 0,05$), ou seja, que existe diferença significativa entre os dois grupos se o valor de p (probabilidade calculada com base nas amostras de resultados para os dois grupos) for menor que o nível de significância α adotado, Assim, para valores de $p < \alpha$, sendo p calculado com base nos resultados obtidos para os dois grupos, dizemos que a diferença de resultados entre os grupos é significativa (MARQUES, 2004).

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

Os resultados apresentados referem-se às propostas da metodologia descrita no capítulo 4. Os resultados obtidos com os parâmetros definidos para a videolaringostroboscopia (localização e tamanho dos nódulos, fechamento glótico, fenda glótica, onda mucosa, periodicidade e simetria) são descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Localização do nódulo vocal

Paciente	Localização	Tamanho	Fechamento Glótico	Fenda glótica	Onda mucosa	Periodicidade	Simetria.
1	terço médio	pequenos	Incompleto	ampulheta	presente	Sim	Sim
2	terço médio	médio	Incompleto	ampulheta	presente	Sim	Sim
3	terço médio	grandes	Incompleto	triangular post.	presente	Sim	Sim
4	terço médio	pequenos	Incompleto	triangular post.	presente	Sim	Sim
5	terço médio	pequenos	Incompleto	triangular post.	presente	Sim	Sim
6	terço médio ¹	pequenos	Incompleto	triangular post.	presente	sim	Sim
7	terço médio	pequenos	Incompleto	ampulheta	presente	sim	Sim
8	terço anterior	micronod.	Incompleto	triangular post.	presente	sim	Sim
9	terço médio	pequenos	Incompleto	triangular post.	presente	aperd.	Sim
10	terço médio	pequenos	Incompleto	triangular post.	presente	sim	Sim
11	terço anterior	micronod.	Incompleto	triangular post.	presente	sim	Sim
12	terço anterior	micronod.	Incompleto	triangular post.	presente	sim	Sim
13	terço méd.ant.	pequenos	Incompleto	triangular post.	presente	sim	Sim
14	terço médio	médios	Incompleto	ampulheta	presente	sim	Sim
15	terço médio	pequenos	Incompleto	ampulheta	presente	sim	Sim
16	terço anterior ²	pequenos	Incompleto	triangular post.	presente	sim	Sim
17	terço médio ^{1,2}	médios	Incompleto	irregular	presente	sim	Sim
18	terço anterior	pequenos	Incompleto	triangular post.	presente	sim	Sim
19	terço médio	pequenos	Incompleto	triangular post.	presente	sim	Sim
20	terço médio	grandes	Incompleto	triangular post.	presente	sim	Sim

1: maior na prega vocal direita 2: lesão associada (pseudocisto)

Os dados coletados mostram que, entre as mulheres portadoras de nódulos vocais, 70% apresentaram nódulos com localização no terço médio da prega vocal, 25% foram detectados no terço anterior e apenas 5% no terço médio-anterior (Figura 14). Em apenas dois casos (10%) foram observados pseudocistos associados (Figura 11c).

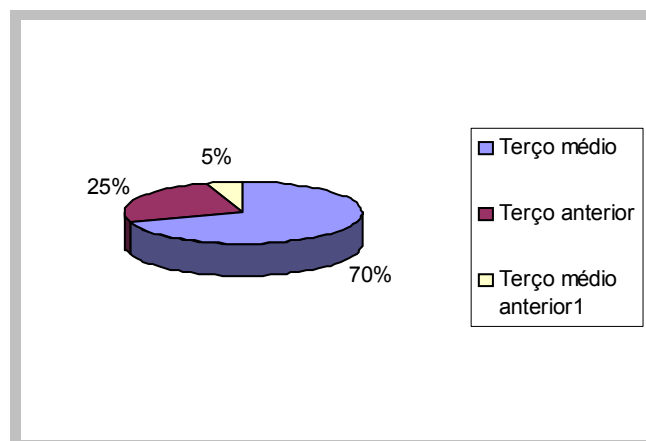


Figura 14: Localização do nódulo vocal nos indivíduos analisados (n=20)

Quanto ao tamanho, 60% dos nódulos vocais eram pequenos, 15% eram micronódulos, 15% médios e somente 10% foram considerados grandes (Figura 15).

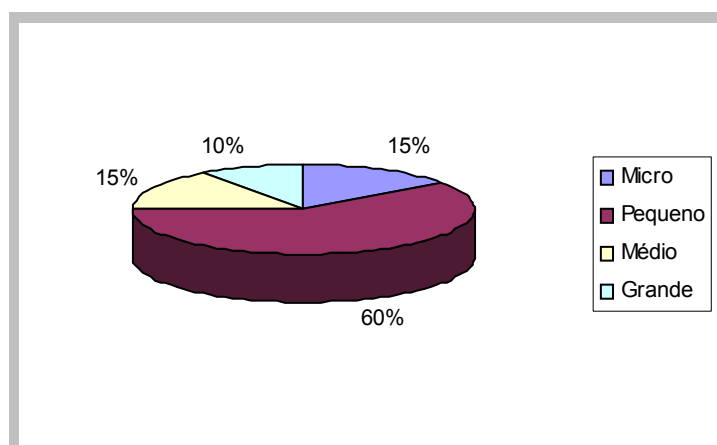


Figura 15: Tamanho do nódulo nos indivíduos analisados (n=20)

É esperado que os pacientes com nódulos vocais apresentem fechamento glótico incompleto, o que realmente foi comprovado. Todas as mulheres do grupo amostral apresentaram fechamento glótico incompleto. A maioria (70%) apresentou fechamento glótico na forma de fenda triangular posterior, que representa o padrão laríngeo feminino e dificilmente interfere na qualidade vocal. Em 25% dos casos constatou-se fenda em ampulheta, freqüentemente encontradas nos casos de alteração estrutural mínima com lesão de massa. Apenas 5% apresentaram fenda irregular, ou seja, coaptação glótica insuficiente pela borda livre das pregas vocais, produzindo uma configuração geométrica do espaço glótico irregular (Figura 16).

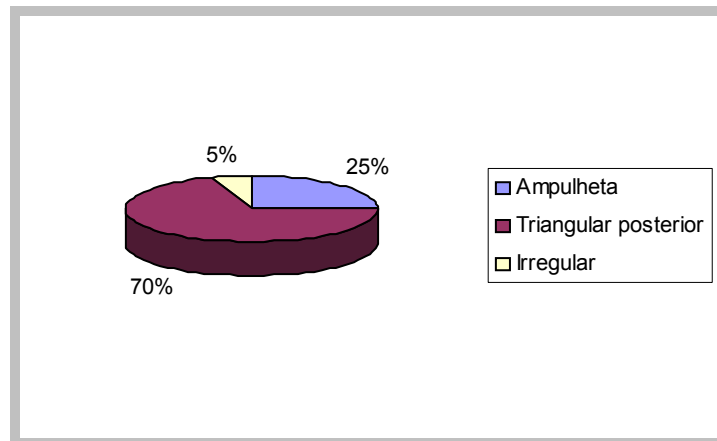


Figura 16: Ocorrência na forma da fenda glótica nos indivíduos analisados (n=20)

Observando as características vibratórias das pregas vocais por meio dos achados estroboscópicos, todas as pacientes do grupo amostral apresentaram onda mucosa e simetria de vibração.

Em 95% dos casos os resultados mostraram regularidade de ciclos durante a emissão sustentada, ou seja, periodicidade de vibração. Apenas uma das pacientes mostrou aperiodicidade (Figura 17).

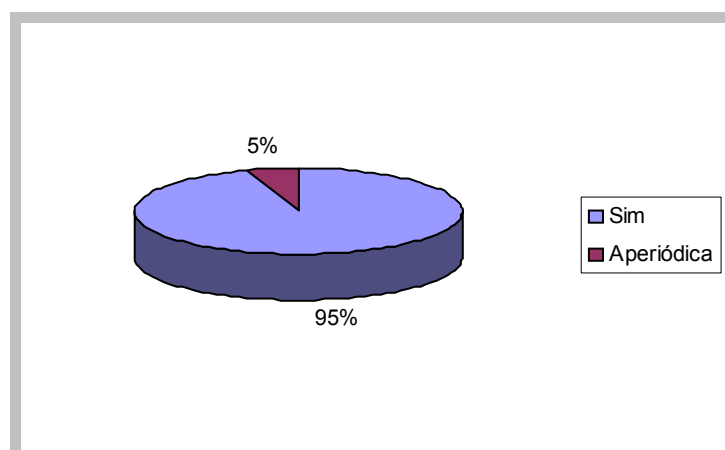


Figura 17: Periodicidade nos indivíduos analisados (n=20)

Na Tabela 4 apresentam-se os dados coletados na análise perceptivo-auditiva usando a escala RASAT, realizada com as mulheres do grupo amostral.

Tabela 4: Análise perceptivo-auditivo da qualidade vocal - escala RASAT- Grupo amostral

Paciente	Idade (anos)	Profissão	Naturalidade	R	A	S	A	T
1	43	Enfermeira	Curitiba	1	0	0	0	0
2	39	Pedagoga	Curitiba	2	2	1	0	1
3	28	Professora	Ivaiporã	1	1	1	0	1
4	40	Empresária	Curitiba	1	0	0	0	1
5	28	Do lar	Itaiópolis-SC	2	2	2	0	2
6	28	Estagiária de letras	Curitiba	1	1	1	0	1
7	33	Psicóloga	Curitiba	2	1	1	0	1
8	26	Economiária	Curitiba	1	1	0	0	1
9	37	Professora	Curitiba	1	0	0	0	1
10	42	Agente comunitária	Araucária	1	2	2	0	2
11	33	Professora	Curitiba	1	1	1	0	1
12	36	Pedagoga	Curitiba	1	1	1	0	1
13	41	Farmacêutica	Astorga	2	1	1	0	2
14	26	Engenheira	Curitiba	2	2	1	0	1
15	34	Professora	Londrina	2	1	1	0	1
16	24	Professora	Curitiba	1	1	0	0	1
17	40	Professora	Cianorte	2	2	1	0	2
18	34	Professora	Ribeirão Claro	2	2	2	0	2
19	25	Engenheira	Curitiba	2	2	2	0	2
20	33	Pedagoga	Curitiba	2	1	1	0	1

Tabela 5: Análise perceptivo-auditivo da qualidade vocal - escala RASAT- Grupo controle

Paciente	Idade (anos)	Profissão	Naturalidade	R	A	S	A	T
1	47	Do lar	Ponta Grossa	0	0	0	0	0
2	24	Fisioterapeuta	Ponta Grossa	0	0	0	0	0
3	30	Fonoaudióloga	Curitiba	0	0	0	0	0
4	29	Dentista	Curitiba	0	0	0	0	0
5	37	Fonoaudióloga	Curitiba	0	0	0	0	0

Dos dados obtidos com a análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal - escala RASAT, nível R (rouquidão), percebeu-se que as ocorrências de grau 1 e de grau 2 se deram em igualdade de condições, ou seja, 50% para cada grau (Figura 18).

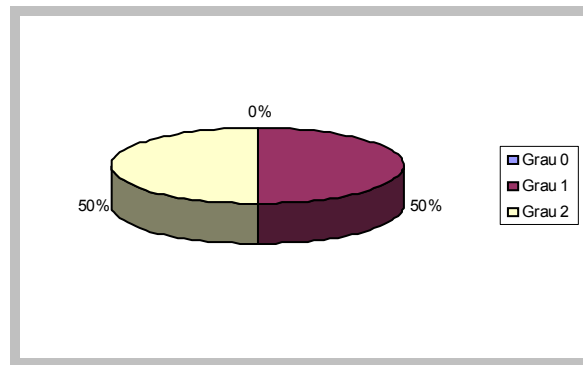


Figura 18: Análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal nos indivíduos analisados (n=20).
Escala RASAT- nível R (rouquidão).

Já dos dados obtidos com a análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal - escala RASAT, nível A (aspereza), a maioria das ocorrências (50%) foram de grau 1; 35% foram de ocorrências de grau 2 e 15 % para o grau 0 (Figura 19).

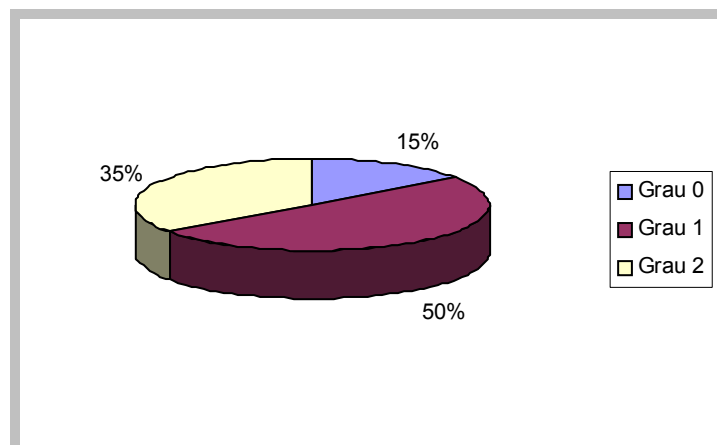


Figura 19: Análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal. nos indivíduos analisados (n=20)
Escala RASAT- nível A (aspereza).

Quanto aos dados obtidos da análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal - escala RASAT, nível S (soprosidade), a maioria das ocorrências (55%) foram de grau 1; 25% foram de grau 0 e 20 % para o grau 2 (Figura 20).

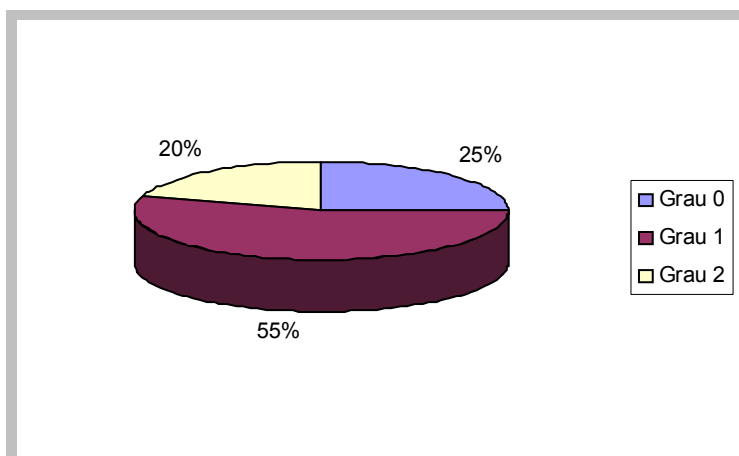


Figura 20: Análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal. nos indivíduos analisados (n=20)
Escala RASAT- nível S (soprosidade).

Os dados obtidos com a análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal - escala RASAT, nível A (astenia), mostram que a totalidade das ocorrências foram grau 0 (Figura 21).

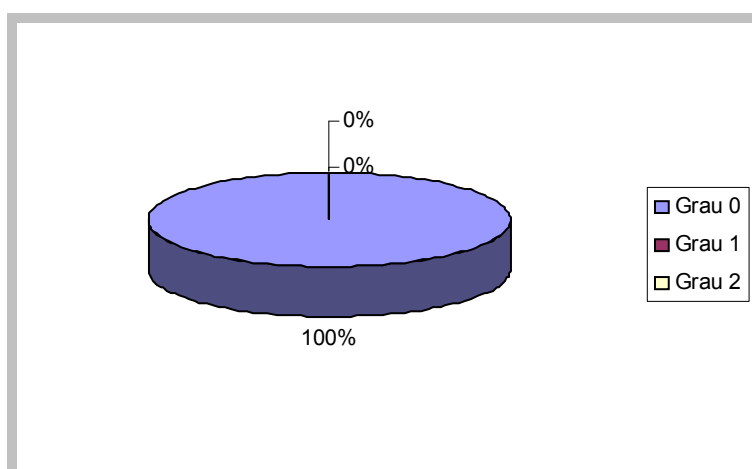


Figura 21: Análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal. nos indivíduos analisados (n=20)
Escala RASAT- nível A (astenia).

Porém dos dados obtidos da análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal - escala RASAT, nível T (tensão), a maioria das ocorrências (65%) foram de grau 1; 30% foram de grau 2 e apenas uma ocorrência (5%) foi grau 0 (Figura 22).

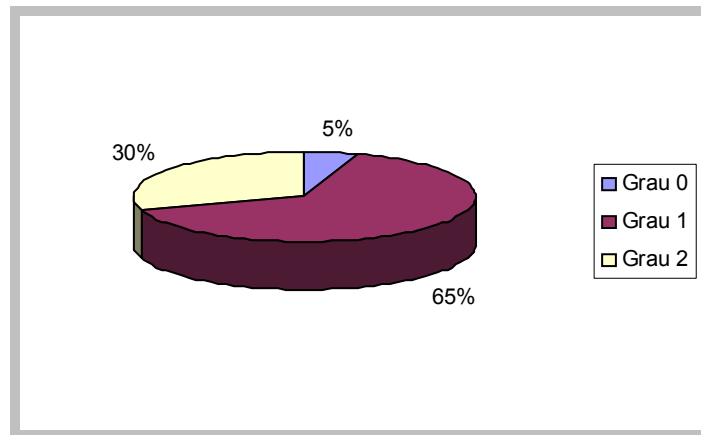


Figura 22: Análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal. nos indivíduos analisados (n=20)
Escala RASAT- nível T (tensão).

Complementando a apresentação dos resultados, observa-se que na avaliação perceptivo-auditiva da qualidade vocal, apresentada na Tabela 4, com as vozes analisadas com a escala RASAT, na comparação entre o grupo controle na Tabela 5 e as pacientes com nódulo vocal, verificou-se grau zero na avaliação da escala RASAT com as mulheres com vozes normais.

Os demais resultados mostraram que houve igual número de ocorrências na escala de rouquidão (50%); que foi maior o número de aspereza com grau 1 (50%); que 55% das mulheres do grupo amostral apresentou soprosidade de grau 1.

Não foram constatadas alterações quanto à astenia, o que realmente era esperado em pacientes com nódulos vocais e vozes normais e o nível de tensão mostrou maior ocorrência de grau 1 (65%). Isto é caracterizado pelo esforço vocal que os portadores de nódulos vocais realizam, quando fazem ajustes laríngeos, na tentativa de promover melhor coaptação glótica.

No grupo amostral, das profissões encontradas, 35% eram professoras, 15% eram pedagogas, 10 % engenheiras e os demais 40% foram de outras profissões, como psicóloga, e outras. São profissões que exigem estilos de comunicação verbal, podendo haver esforço ao falar, abuso ou mau uso vocal, logo, com a possibilidade real de apresentarem nódulo vocal.

Na Tabela 6 e na Tabela 7 são apresentados os dados referentes à frequência fundamental modal e à medida de ruído GNE, durante a emissão da vogal sustentada [é], em mulheres do grupo amostral e do grupo de controle, respectivamente.

Tabela 6: Frequência fundamental modal - Medida de ruído GNE – grupo amostral

Paciente	Frequência fundamental modal		GNE (dB)	
	(Hz)	Proporção	Ruído	Desvio padrão
1	211,15	0,95	0,45	0,04
2	170,73	0,83	0,93	0,20
3	255,97	0,82	0,98	0,14
4	186,78	0,95	0,44	0,07
5	202,86	0,71	1,43	0,17
6	206,96	0,81	1,04	0,29
7	203,88	0,65	1,70	0,20
8	217,77	0,90	0,65	0,16
9	158,61	0,99	0,30	0,01
10	227,25	0,52	2,23	0,45
11	199,60	0,94	0,48	0,03
12	218,03	0,90	0,66	0,12
13	156,51	0,94	0,48	0,07
14	195,74	0,83	0,95	0,24
15	229,41	0,97	0,38	0,03
16	232,45	0,90	0,64	0,07
17	170,30	0,71	1,44	0,17
18	211,92	0,58	1,99	0,37
19	165,00	0,95	0,45	0,08
20	224,74	0,83	0,93	0,13

Tabela 7: Frequência fundamental modal - Medida de ruído GNE – grupo de controle

Paciente	Frequência fundamental modal		GNE (dB)	
	(Hz)	Proporção	Ruído	Desvio padrão
1	214,33	0,97	0,38	0,05
2	279,50	0,91	0,62	0,06
3	279,81	0,91	0,63	0,06
4	237,47	0,97	0,38	0,02
5	249,40	0,86	0,83	0,20

Na Tabela 8 e na Tabela 9 são apresentados os valores da média e do desvio-padrão dos dados referentes à frequência fundamental modal (Hz) e à proporção GNE (dB), da vogal sustentada [é] nas mulheres do grupo amostral e do grupo de controle.

Tabela 8: Média e desvio-padrão da frequência fundamental modal e da proporção (GNE) em mulheres com nódulos vocais (grupo amostral).

Valores	Média	Desvio-padrão
Frequência fundamental modal (Hz)	202,28	26,50
Proporção (GNE)	0,83	0,14

Tabela 9: Média e desvio-padrão da frequência fundamental modal e da proporção (GNE) em mulheres com voz normal (grupo controle).

Valores	Média	Desvio-padrão
Frequência fundamental modal (Hz)	252,10	28,14
Proporção (GNE)	0,92	0,05

Na Tabela 10 são apresentados os dados da frequência fundamental modal (Hz) e proporção GNE (dB), com base no teste estatístico t.

Tabela 10: Teste t para comparação dos grupos de mulheres com nódulos vocais e mulheres com voz normal (grupo controle)

Valores	Valor de p	Resultado
Frequência fundamental modal (Hz)	0,00136	diferença significativa
Proporção (GNE)	0,16144	diferença não significativa
Observação:.. Considerando-se o nível de significância $\alpha = 0,05$ (5%), a diferença é significativa apenas para a frequência fundamental modal $p < \alpha = 0,05$.		

A Tabela 11 e a Tabela 12 mostram as faixas de extensão de energia acústica da vogal sustentada [é] no grupo amostral e no grupo controle.

Tabela 11: Faixa de extensão de energia acústica da vogal sustentada [é]- grupo amostral.

Paciente	Faixa (Hz)
1	10032
2	10101
3	10067
4	10032
5	10135
6	10032
7	10101
8	10067
9	10101
10	10135
11	9485
12	10169
13	10135
14	10032
15	10067
16	9998
17	10101
18	10135
19	10067
20	10032

Tabela 12: Região de extensão de energia acústica da vogal sustentada [é]- grupo controle.

Paciente	Faixa (Hz)
1	10135
2	10135
3	9998
4	10067
5	10101

A Tabela 13 traz os dados referentes à comparação entre as médias e os desvios-padrão da região de extensão de energia acústica entre os grupos amostral e de controle.

Tabela 13: Média e desvio-padrão da região de extensão da energia acústica da vogal sustentada [é] para mulheres com nódulos vocais e sem nódulos vocais (grupo controle).

GRUPO	MÉDIA (Hz)	DESVIO-PADRÃO (Hz)
Com nódulos vocais	10051,2	141,08
Sem nódulos vocais	10087,2	57,28

Observação: O teste t para comparação dos dois grupos resultou em $p = 0,586254$. Portanto, ao nível de significância de $\alpha = 0,5$ (5%), não existe diferença significativa já que $p > \alpha = 0,05$.

Nos resultados da análise acústica, apresentados na Tabela 6 e na Tabela 7, verificou-se que a média da frequência fundamental nos casos das mulheres do grupo amostral foi de 202,28 Hz (Tabela 8) e das mulheres do grupo de controle foi de 252,10 Hz (Tabela 9). Constatou-se que 20% das vozes com nódulos vocais apresentaram frequência fundamental mais grave.

Quanto aos dados da proporção GNE, pode-se observar que os valores encontrados no grupo amostral e no grupo de controle estão dentro dos padrões de normalidade, ou seja, de valores próximos a 1, o que significa uma excitação normal, enquanto valores próximos a zero resultam de uma excitação tipo ruído (Tabela 10).

Como os valores observados estão mais próximos da normalidade, não permitiram inferir a medida de ruído necessária para caracterizar vozes disfônicas, neste caso, os nódulos vocais.

A região de extensão de energia acústica, cujos dados são apresentados na

Tabela 11 e na Tabela 12, foi analisada visualmente por meio da espectrografia. Constatou-se que não há diferenças significativas entre os dois grupos.

Os resultados dos espectrogramas são apresentados no Anexo 4.

O espectrograma de uma voz julgada normal mostra grande quantidade de harmônicos regulares e bem definidos até aproximadamente a faixa de 5000 Hz, alcançando presença de energia até 10000 Hz. Nos casos normais, observou-se presença de ruído reduzido entre os harmônicos, ou seja, uma emissão quase periódica (Figura 23). Observa-se registro de componentes harmônicos definidos com presença de energia praticamente constante ao longo do espectrograma.

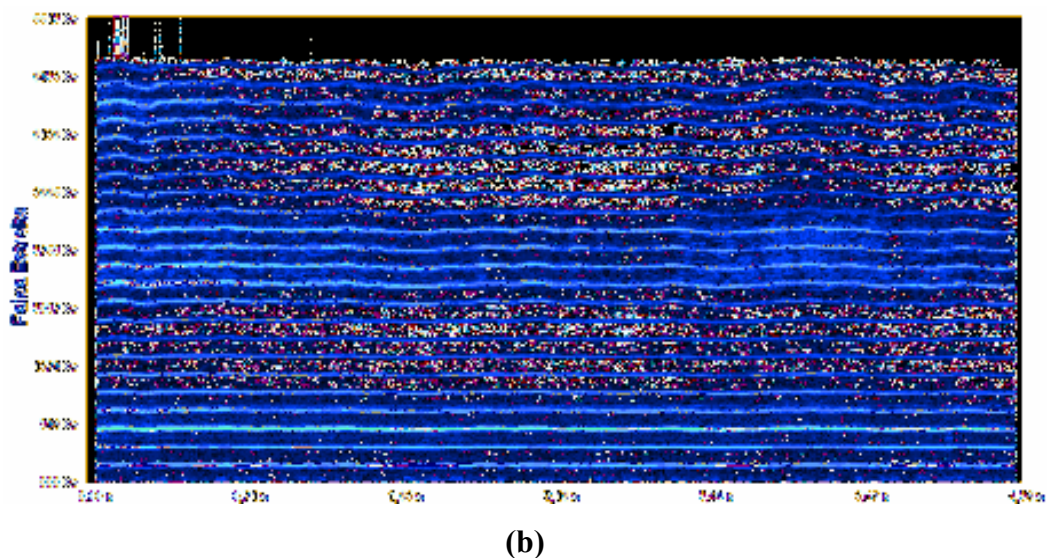
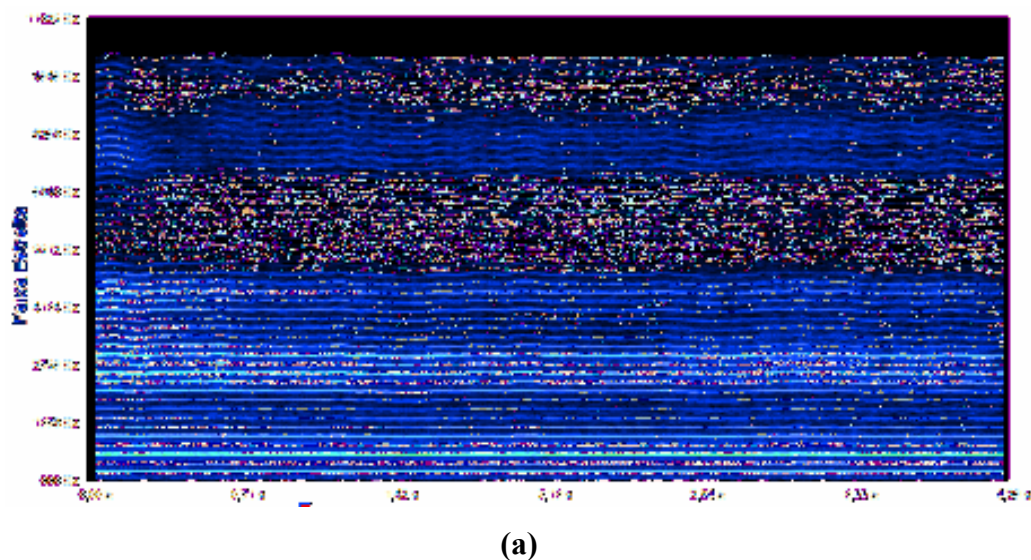
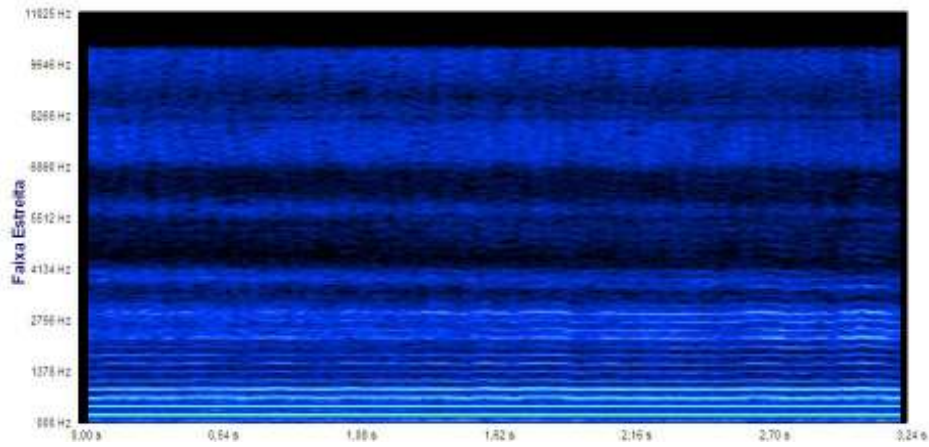


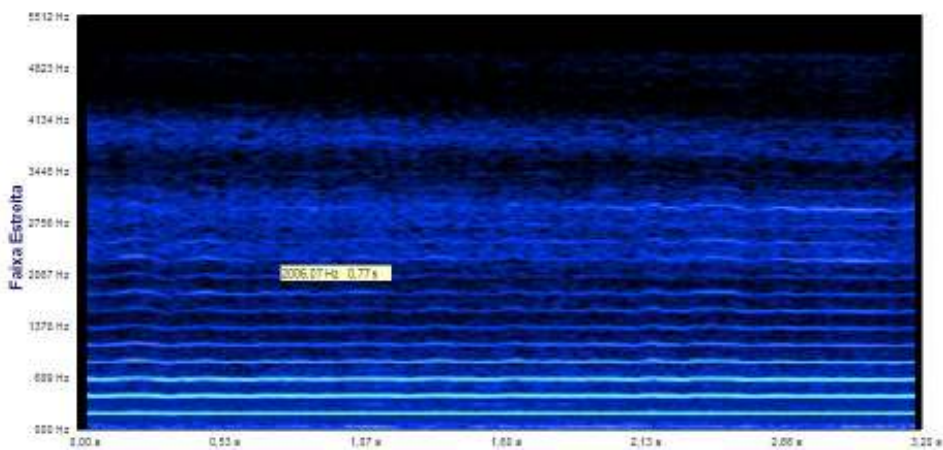
Figura 23: Espectrograma de faixa estreita com limites superiores de frequência estabelecidos em (a) 11025 Hz e (b) 5512 Hz da emissão da vogal sustentada [é] de voz normal.

As vozes julgadas disfônicas por presença de nódulos vocais, apresentam harmônicos irregulares e pouco definidos. Na análise da definição dos traçados dos harmônicos, constatou-se perturbações da forma da onda, caracterizando predomínio de harmônicos associados ao ruído ou substituído por ele. A amplitude foi verificada pelo escurecimento do traçado. A qualidade vocal rouca foi a mais marcante, devido à presença dos ciclos irregulares e ruído associado aos harmônicos, principalmente até a região dos harmônicos inferiores. A soproiedade foi observada na maioria dos casos com nódulos por meio de ar não sonorizado, representado no espectrograma nas frequências acima de 5000 Hz (Figura 24). Observa-se definição de harmônicos até aproximadamente 2000 Hz, com presença de ruído entre eles.

Acima de 2000 Hz, há predomínio de características não harmônicas, presença de ar não sonorizado e pouca concentração de energia.



(a)



(b)

Figura 24: Espectrograma de faixa estreita com limites superiores de frequência estabelecidos em 11025 Hz e (b) 5000 Hz da emissão da vogal sustentada [é] de voz com nódulo vocal.

CAPÍTULO 6

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Neste capítulo discutem-se os resultados obtidos com o uso das técnicas propostas para a caracterização e avaliação das vozes de mulheres com nódulos vocais. Também apresenta-se a conclusão sobre a validade das técnicas usadas e sugestão de trabalhos futuros.

6.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A caracterização da função vocal e a documentação dos sintomas são apenas os meios para se chegar ao objetivo da avaliação que é determinar as causas das características observáveis. Para uma ótima reabilitação vocal é importante saber como a voz soa. A desordem não reside no produto vocal, mas sim no ajuste laríngeo. Mapear esse comportamento e inferir quais as suas causas é o foco do diagnóstico vocal. A melhor estratégia de mensuração não é a que melhor informa sobre o sinal vocal, mas sim aquela que dá a idéia mais clara do porquê a voz não é aceitável (BAKEN & ORLIKOFF, 1997). Os testes a serem realizados devem ser racionalmente selecionados, considerando as questões diagnósticas a serem respondidas. A compreensão do mecanismo vibratório envolvido na produção do som requer o conhecimento anatômico e o uso de alta tecnologia.

Neste trabalho foram utilizadas duas diferentes medidas acústicas e a análise espectrográfica para quantificar a qualidade vocal de mulheres que fazem uso da voz e que apresentam nódulo vocal, com idades entre 24 e 47 anos.

Uma das características das vozes patológicas é o grau de fechamento da glote durante a fonação, que pode ser obtida por imagens laringoestroboscópicas, como as utilizadas neste trabalho, bem como por informações sobre os aspectos funcional, fisiológico e padrões vibratórios das pregas vocais. A informação obtida pode ser usada para definir os grupos que apresentam as mesmas condições fonatórias. Diferentes medidas acústicas podem ser utilizadas para descrever estes grupos e foram avaliadas neste trabalho para testar o funcionamento das pregas vocais com nódulos vocais.

Apesar das diferenças individuais consideráveis na análise de vozes alteradas (KREIMAN et al., 1992), qualquer análise acústica é inadequada sem a avaliação perceptivo-

auditiva associada. Para Camargo (2002), os resultados da técnica aplicada no estudo das alterações vocais, devem ressaltar a validade da abordagem interpretativa e integrativa da qualidade vocal, na situação de alterações vocais percebidas auditivamente frente à correspondente técnica, ou seja "em face das correspondências entre os planos perceptivo e fisiológico, explicitadas pelo detalhamento da inspeção do sinal acústico da fala".

O crescimento das técnicas e equipamentos para diagnosticar as alterações vocais não chegou a modificar a percepção de que há pouco suporte científico para acreditar que se tenha refinado a prática clínica, ou seja, que a avaliação perceptivo-auditiva tenha perdido espaço para os exames acústicos realizados com equipamentos sofisticados e precisos. É importante ressaltar que as análises acústicas devem ser complementares, porque nenhuma medida oferece diagnóstico definitivo.

A avaliação vocal com a escala GRBAS é considerada subjetiva. Mesmo com a adaptação desta escala por Pinho e Pontes (2002), passando então a dominar-se escala RASAT, não foi possível diminuir a subjetividade. Por esse motivo, ao utilizar este tipo de avaliação é necessário contar com a participação de profissionais com a audição treinada para ela. Assim, para a aplicação da escala RASAT neste trabalho, foram escolhidos outros dois fonoaudiólogos especialistas em voz, além da pesquisadora nos pacientes em estudo. Ficou claro que tanto o conceito de normalidade da voz, quanto os seus desvios não são de simples definição. As opiniões são contraditórias, no entanto é necessário chegar a um acordo, considerando a experiência do avaliador.

Dentre os vários tipos de qualidade de vozes consideradas alteradas, duas merecem atenção quanto aos seus parâmetros distintivos, a voz rouca e a voz áspera, ambas chamadas genericamente de rouquidão pela literatura internacional. Moore (1971) afirmou que o critério de analisar as vozes em normais e alteradas é determinado pelos ouvintes, sendo que as desordens vocais são determinadas cultural e socialmente. A escala RASAT, utilizada neste trabalho permitiu a distinção mais clara dos parâmetros perceptivos-auditivos. A voz rouca possui característica ruidosa com altura e intensidade freqüentemente diminuídas. Nos pacientes com nódulos vocais é esperado que esta qualidade seja aparente, o que foi comprovado pelos resultados obtidos. De acordo com Isshiki (1980), a fenda glótica é a principal responsável pela rouquidão, entretanto, clinicamente o grau de rouquidão não é proporcional ao tamanho da fenda glótica.

É preciso ponderar, contudo, que a análise auditiva vocal é uma habilidade natural do ser humano e, bem desenvolvida pode ser usada como instrumento de análise vocal. Este é um aspecto relevante e fundamental para o delineamento do perfil vocal, pois segundo

Casmerides (1998), pode servir como complemento para o diagnóstico final, embora ainda existam "algumas limitações inerentes à análise perceptiva auditiva vocal, pois sua utilização se baseia em dados subjetivos que irão depender diretamente de quem a faz, sua formação, o ambiente em que está sendo feito a análise, empatia e humor tanto do avaliador como do avaliado, e as diferenças culturais nas quais estão imersos".

Por isso, o conhecimento, ainda que básico, de como as técnicas são realizadas, como os laboratórios de voz computadorizados funcionam e quais as suas possibilidades de uso, podem oferecer ao estudioso maior confiabilidade na interpretação dos dados fornecidos, bem como permitir o pleno uso de suas capacidades e possibilidades.

O uso de características acústicas na descrição da qualidade de vozes patológicas tem sido testado em vários contextos e para diferentes propósitos (MICHAELIS, 1995; FRÖLICH et al, 1997; FERRAND, 2002; GERHARD, 2003). Algum atrativo deste uso é encontrar o caminho para avaliar quantitativamente as características vocais que por sua vez é difícil de medir (KREIMAN e GERRATT, 1996). Estudos sobre as patologias vocais correlacionam características acústicas com qualidades perceptivo-auditivas (DEJONCKERE, 1995; KROM, 1995; BIELAMOWICZ et al., 1996; HILLENBRAND e HOUDE, 1996), e ainda, em alguns casos, com condições fisiológicas da glote (RAMMAGE et al., 1992). No entanto, os resultados são freqüentemente ambíguos e algumas vezes, mesmo contraditórios, assim, a escolha de uma medida acústica apropriada, bem como sua interpretação, ainda são problemas não totalmente resolvidos.

No presente trabalho pretendeu-se avaliar as vozes com nódulos vocais e normais por meio da análise perceptiva auditiva e acústica. A primeira é um método subjetivo e varia de acordo com o avaliador, enquanto que a segunda análise é objetiva e faz uso de *softwares* computadorizados que demonstram quantitativamente os vários aspectos mensuráveis do sinal de voz captado. Uma das principais ferramentas dessa análise é a espectrografia, que demonstra visualmente as características acústicas da emissão da voz.

As gravações acústicas são necessárias para descrever a qualidade da voz e devem ser de alta fidelidade. A qualidade das amostras vocais é diretamente afetada pela qualidade do microfone (IZDEKSKI, 1981; PARSA et al, 2001). Para a realização de pesquisas científicas, deve-se selecionar um microfone com condensador porque assim são mantidas a fidedignidade da onda acústica com mínima distorção, alta sensibilidade, excelente resposta de freqüência, direcionalidade variável e estabilidade excelente. Gelfer & Fendel (1995) aconselharam que as gravações fossem realizadas em laboratório silenciosos, com microfone a 6 polegadas da boca do indivíduo. Para atender a essas exigências, na gravação das vozes do

presente trabalho, foi utilizado um estúdio de áudio, utilizando um microfone condensador e a utilização da vogal sustentada [é].

A grande maioria de trabalhos na literatura utiliza a produção da vogal [a] num *pitch* confortável, por alguns segundos (KARNEL et al., 1991; GELFER e FENDEL, 1995; CAMARGO, 2002). Outros relatos utilizam a vogal [é], escolhida para este trabalho. Isto é explicado pela fonética das vogais na língua portuguesa, diferente de outros idiomas. Para o português, a vogal [é] apresenta as estruturas do trato vocal mais estáveis e também é sugerida para dados acústicos do *software* VoxMetria.

A espectrografia é a tradução de padrões sonoros em padrões visuais gráficos que refletem a frequência fundamental (f_0) e os harmônicos de uma voz, bem como as zonas de forte intensidade dos sons da fala, utilizando uma análise denominada “Análise de Fourier”, que determina os componentes da onda sonora.

Do ponto de vista do uso de técnicas e equipamentos de medição das funções vocais, Cheveigné e Kawahara (2001), observaram que o uso de equipamentos para a avaliação da frequência fundamental, freqüentemente reduzem os erros de avaliação, mas se deve prestar particular atenção à metodologia de avaliação. Os métodos de extração representam a principal ferramenta de um laboratório de voz. Por meio de estratégias de identificação dos ciclos da onda sonora, o programa faz os cálculos, gerando a computação desejada. Ao relacionar dados de avaliações perceptivo-auditivas e acústica na avaliação comparativa de vozes ásperas, roucas e normais, Pontes et al. (2002) observaram que as vozes roucas apresentaram f_0 mais grave e as ásperas mais aguda quando comparadas às vozes normais. Considerando o espectrograma de 0 a 5,4 kHz, o valor médio da frequência que o harmônico mais alto alcançou foi de 4.555 Hz para as vozes normais, 2.125 Hz para as vozes ásperas e 1.147 Hz para as vozes roucas.

Hillebrand (1987) descreveu o ruído como sendo uma acústica produzida por uma corrente de ar turbulenta, gerada na glote durante a fonação e Hiki (1983) afirmou que, dos parâmetros acústicos estudados, a avaliação do ruído presente na onda sonora foi o que demonstrou maior correlação com a percepção auditiva.

No caso da relação entre avaliações perceptivo-auditivas e acústica e diferentes tipos de disfonia,, Matos (2005) verificou em pacientes disfônicos, de ambos os sexos, com idade média de 45,6 anos, que a qualidade da voz foi rugosa, com valores de frequência fundamental (f_0) baixos. Os valores médios de f_0 nos pacientes disfônicos foram de 185,9 Hz e de 146,5 Hz para o sexo feminino e masculino, respectivamente. O grau médio de disfonia apresentado foi de 65,8%, independente do sexo, o que caracterizou a disfonia moderada e

severa. Os valores de GNE foram normais. Resultados semelhantes para o GNE foram obtidos neste trabalho. Apesar das pacientes com nódulos vocais neste estudo apresentarem fechamento glótico incompleto, com presença de fenda triangular posterior em 70% dos casos, nódulos de tamanhos pequenos em 60% e localizados em 70% no terço médio-anterior, apresentaram 95% de periodicidade vibratória. As alterações de rouquidão, soprosidade, aspereza e tensão não foram suficientemente significativas, a fim de captar o ruído glótico GNE, pelo *software* VoxMetria, o que pode ser explicado pela fisiologia vocal e os ajustes laríngeos. A média de f_0 no grupo amostral foi de 202,28 Hz e no grupo controle de 252,10 Hz, ou seja, uma voz um pouco mais grave, devido à lesão de massa nas pregas vocais.

Um importante atributo perceptivo da qualidade da voz é a soprosidade. Uma vez que esse atributo está geralmente associado ao escape de ar pela glote, ele pode ser usado na distinção entre diferentes condições fisiológicas da fonação. A medida da soprosidade mais comumente encontrada é a diferença entre o primeiro e segundo harmônico (h_1 , h_2). Frolich et al (1997) compararam sete medidas de soprosidade já descritas na literatura como GNE, para distinguir os diferentes mecanismos de fonação patológica bem definidas. Observaram que somente o GNE permitiu a distinção entre o grupo patológico e os grupos de referência afônico e normal. Desta forma, os autores o recomendaram como preferencial na avaliação independente da soprosidade para vozes com distúrbio moderado ou severo. A medida resultante da avaliação GNE neste trabalho, não apresentou sensibilidade suficiente para indivíduos de nódulos vocais. Provavelmente o distúrbio não foi grande o suficiente, estando os níveis de ruído abaixo dos limites de detecção do equipamento.

São vários os programas disponíveis no mercado para avaliação acústica da voz. O programa pioneiro foi o *Dr. Speech*, com diferentes módulos (BOGOSSIAN, 2001). Mas há ainda, vários programas de livre acesso disponibilizados na Internet. Entre eles está o programa GRAM 5.1.6a, desenvolvido especificamente para criar espectrogramas acústicos, possibilitando também a extração automática da frequência fundamental, em tempo real. E o Praat, que apresenta como finalidade a análise fonética. Utilizando os programas *Dr. Speech*, versão 4.0 e GRAM 5.1.6a, Bogossian (2001) comparou as vozes de mulheres que apresentavam ou não queixa de alterações vocais. Foram avaliados os registros da gravação da vogal sustentada [e], em frequência e intensidade utilizadas na fala habitual dos falantes, no registro modal. Os valores de frequência extraídos em ambos os programas foram estatisticamente iguais. Houve a presença de energia acústica na região acima de 5kHz, o que pode ser visualizado somente no programa GRAM. O traçado do programa GRAM 5.1.6a

apresentou maior componente de ruído, em relação ao programa *Dr. Speech*, mas a constância do traçado e a definição de formantes, apresentados em ambos os programas, foi equivalente.

Com características similares ao GRAM 5.1.6a e *Dr. Speech*, foi desenvolvido no Brasil o *software* VoxMetria, que apresenta as vantagens de avaliação rápida, dinâmica e precisa, com os objetivos de extração de medidas acústicas e produção de análise espectrográfica, excelente para a clínica vocal e pesquisas na área fonoaudiológica.

Neste trabalho foram observados nos espectrogramas de vozes com nódulos, definição do traçado dos harmônicos principalmente abaixo de 3000 Hz e em vozes mais roucas abaixo de 1000 Hz com a presença de ruído entre eles, caracterizando a rouquidão, devido à variação da frequência fundamental e presença de irregularidade vibratória da mucosa das pregas vocais. Nos harmônicos superiores, ou seja, acima de 3000 Hz verificou-se sopro, representado pela presença de ar não sonorizado e pouca concentração de energia, devido à presença de fenda glótica.

Os resultados obtidos corroboram os trabalhos da literatura de Pontes et al (2002), Omori et al (1997), Cooper (1974) e Yanagihara (1991).

Na avaliação de vozes ásperas, roucas e normais, Pontes et al. (2002) observaram que houve diferenças espectrográficas marcantes entre as diferentes vozes. Os harmônicos estiveram presentes em grandes quantidades e melhor definidos nas vozes normais e decresceram em quantidade e qualidade nas vozes ásperas e roucas, respectivamente. Ao contrário, o ruído esteve presente em grande quantidade e de modo difuso nas vozes roucas e em menor quantidade nas vozes normais e ásperas.

Na análise comparativa das mulheres com voz normal e com nódulos vocais, ficou evidente a diferença em relação à frequência fundamental e os resultados da espectrografia vocal, o que comprova a importância de se utilizar a avaliação acústica na prática clínica fonoaudiológica, a fim de associar com os dados perceptivo-auditivos.

É necessário estudos com parâmetros acústicos, principalmente com as medidas de ruído, como GNE, a fim de verificar a indicação clínica.

6.2 CONCLUSÕES

Os objetivos deste estudo foi realizar a análise perceptivo-auditiva, utilizando a escala RASAT. Realizar a análise acústica, usando como instrumento o *software* Voxmetria, verificando o grau de alteração entre os parâmetros de frequência fundamental, medida de ruído GNE e verificar os dados de análise acústica com o uso da espectrografia vocal.

Sendo este estudo com indivíduos do gênero feminino com nódulos vocais e voz normal, pode-se concluir que:

1. A avaliação perceptivo-auditiva da qualidade vocal é essencial ao comparar com os parâmetros acústicos.
2. A medida computadorizada da frequência fundamental foi mais grave comparada ao grupo controle.
3. A medida de ruído GNE foi normal nos dois grupos.
4. A espectrografia vocal mostrou-se extremamente confiável quando comparada à avaliação perceptivo-auditiva da qualidade vocal.

A espectrografia acústica revelou uma das principais vantagens da análise acústica da voz, identificando e correlacionando os achados perceptivo-auditivos com a possibilidade do feedback visual para o paciente.

Neste estudo, verificou-se que a correlação dos achados laringológicos, da avaliação perceptivo-auditiva da qualidade vocal e a avaliação acústica computadorizada, em especial em mulheres com nódulos vocais, mostrou o quanto esses exames auxiliam uma terapia mais eficaz.

O avanço dos laboratórios computadorizados de voz traz a possibilidade de modificar a subjetividade que tem sido considerada inerente à avaliação da voz humana. A análise acústica isolada, não tem se mostrado adequada e suficiente para avaliar resultados vocais de certas disfonias. O valor de uma análise quantitativa está, em grande parte, nas habilidades associativas e no conhecimento prévio do avaliador e não somente no *software* de voz. É necessário que se crie dados normativos para a realidade brasileira, podendo prover informações sobre quatro importantes aspectos da função laríngea, como: ajuste laríngeo, estabilidade fisiológica, coordenação laríngea e eficiência laríngea (BAKEN e ORLIKOFF, 1992).

6.3 TRABALHOS FUTUROS

O sinal acústico é um produto dos eventos fisiológicos do sistema vocal num determinado instante, entretanto, isto não implica que haja uma correspondência direta entre variedades anatômicas e fisiológicas e os parâmetros específicos do sinal vocal.

Os programas computadorizados de voz transformaram a tarefa de adquirir e analisar sinais. No entanto muitos valores normais e algoritmos computacionais precisam ser validados em vozes patológicas reais antes de serem recomendados para utilização clínica. Além disso, sugere-se a manutenção da intensidade de captação para uma análise visual mais apurada e melhor relacionada à análise perceptivo-auditiva.

Este estudo corrobora os resultados de outros trabalhos que postulam que a literatura referente à normalidade e a falta de procedimentos padronizados, ainda é escassa. Há necessidade de pesquisas em avaliação acústica no contexto da avaliação da voz, visto que, não há clara demarcação entre parâmetros de qualidade vocal para normalidade e alteração, sendo importante a caracterização dos fatores acústicos, principalmente as medidas de ruído, as quais são excelentes correlatos das disfonias.

Esta pesquisa abre as portas para que novas análises possam ser realizadas com diferentes tipos de patologias vocais, com outros programas computadorizados de voz, devido os algoritmos computacionais, a fim de que possamos traçar melhor um perfil de normalidade e alteração.

ANEXO 1

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

TÍTULO : Análise perceptivo-auditiva e acústica em mulheres com nódulo vocal.

1. Essas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária em uma pesquisa de mestrado.
2. O objetivo deste estudo é analisar a voz por meio da avaliação perceptivo-auditiva e análise acústica através da espectrografia acústica, medida da frequência fundamental e *glottal to noise excitation ratio* (GNE), em mulheres não fumantes, com o diagnóstico de nódulo vocal.
3. Os procedimentos que serão realizados são a avaliação otorrinolaringológica por meio da videolaringoscopia (exame de laringe), mediante a utilização de fibra óptica rígida, com a gravação da imagem em vídeo. Não há riscos neste procedimento.
4. Para avaliação perceptivo- auditiva e acústica do sinal sonoro, o material colhido de cada indivíduo será a emissão sustentada da vogal [é]. A emissão da vogal deverá ser o mais natural possível. Para registro do material será utilizado um computador, equipado com microfone profissional e a onda sonora será gravada e arquivada no software Vox-metria.
5. Em qualquer etapa do estudo, o participante poderá ter acesso a pesquisa para eventuais esclarecimentos e dúvidas. Caso tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Erasto Gaertner.
6. A pesquisadora é a fonoaudióloga Simone Maganhotto Zitta, do curso de Mestrado em Engenharia Biomédica, do CEFET - Curitiba / Paraná. O orientador é o engenheiro Dr. Avaro Stelle. O telefone para contato com a pesquisadora é (41) 9962-0005. O endereço é Alameda Augusto Stellfeld, 761, fone : 222-8587, Centro, Curitiba/ Pr.
7. As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros participantes da pesquisa, não sendo divulgado a identificação de nenhum participante.
8. Não haverá despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo e também não haverá compensação financeira relacionada a sua participação.
9. Há o compromisso da pesquisadora em utilizar os dados colhidos somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo : “Análise perceptivo-auditiva e acústica em mulheres com nódulo vocal”. Eu discuti com a fonoaudióloga Simone Maganhotto Zitta, sobre minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo.

Assinatura do paciente/ representante legal

Data:/...../.....

Assinatura da testemunha

Data:/...../.....

Assinatura do pesquisador principal

Data:/...../.....

ANEXO 2**CONFIGURAÇÃO DE USO E DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS
EM RELAÇÃO À SALA DE EXAME**

ANEXO 3

MODELO DE LAUDO DE VIDEOLARINGOSCOPIA COM ESTROBOSCOPIA

INSTITUTO PARANAENSE DE OTORRINOLARINGOLOGIA 

Paciente:

Médico: EVALDO MACEDO

Médico Solicit.: FGA. SIMONE ZITTA

Data Exame: 15/03/2005

Data de Emissão: 15/03/2005

VIDEOLARINGOSCOPIA COM ESTROB.

VIDEOLARINGOSCOPIA COM ESTROBOSCOPIA

- frequência fundamental - 223 Hz.

- CAVIDADE ORAL E FARINGE - Normais.

- LARINGE - Pregas vocais com pequenas formações nodulares em terços médios de ambas PPVV. Vasculodisgensia em bordo superior da PVE. A estroboscopia apresenta onda mucosa vibratória de amplitude normal bilateralmente, determinado simetria e periodicidade de vibração. Fenda glótica triangular posterior.

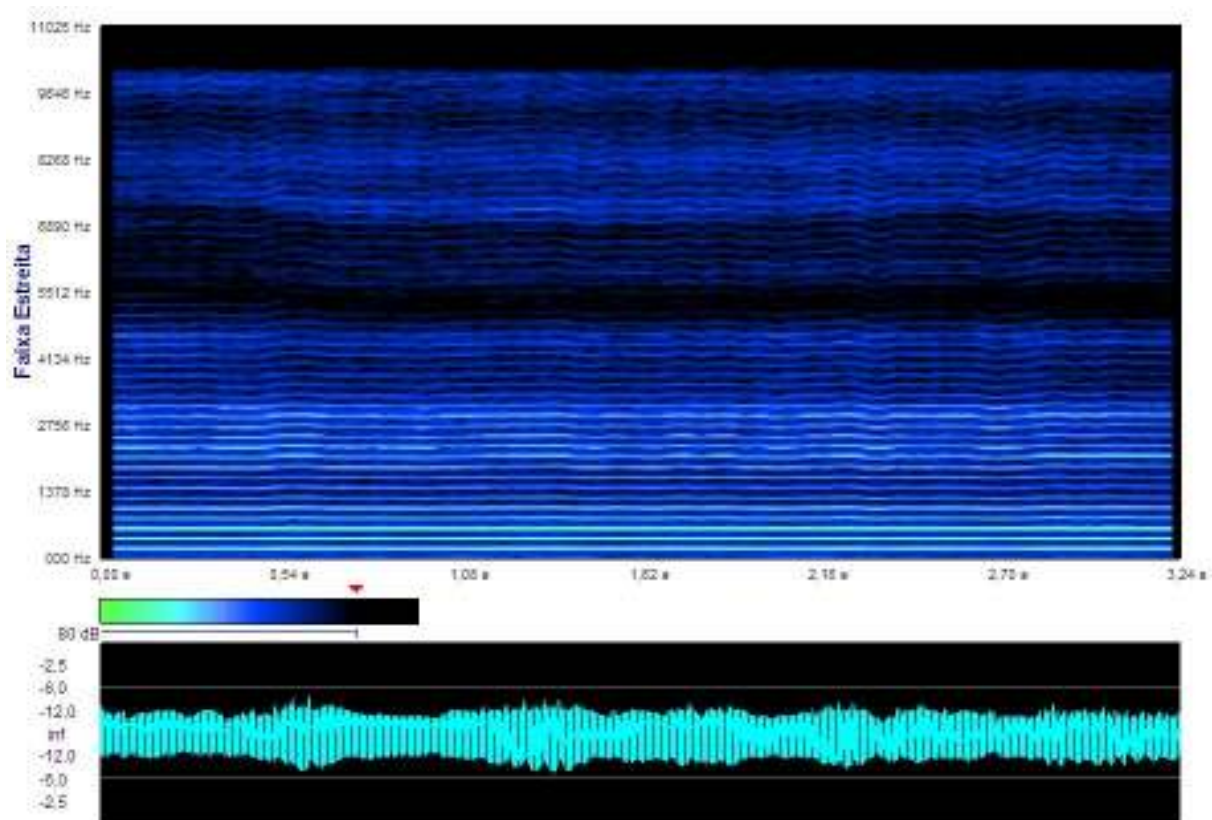
CONCLUSÃO: NODULOS VOCAIS
VASCULODISGENESIA NA PVE

EVALDO DACHEUX DE MACEDO FILHO

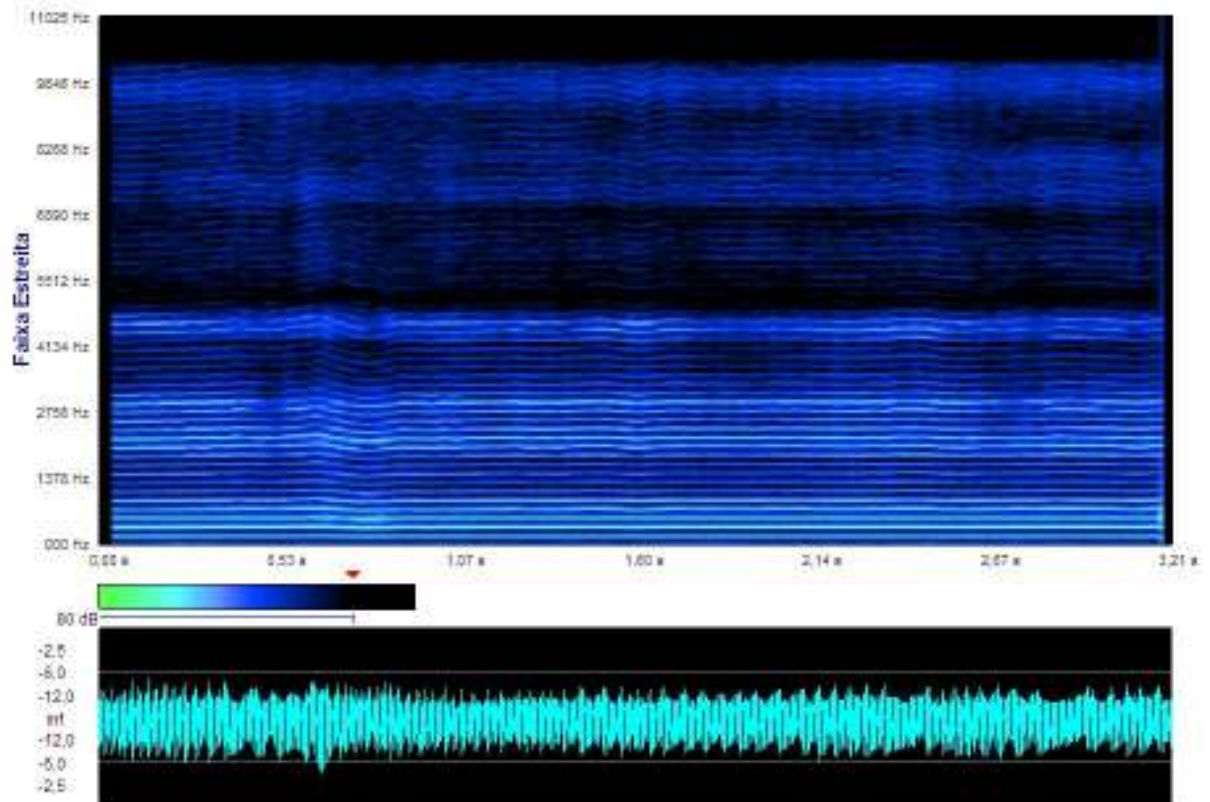
ANEXO 4

**FIGURAS RESULTANTES DO PROCESSAMENTO DOS ESPECTROGRAMAS DA
VOZ DE MULHERES COM NÓDULOS VOCAIS (Voluntárias 1 a 20)**

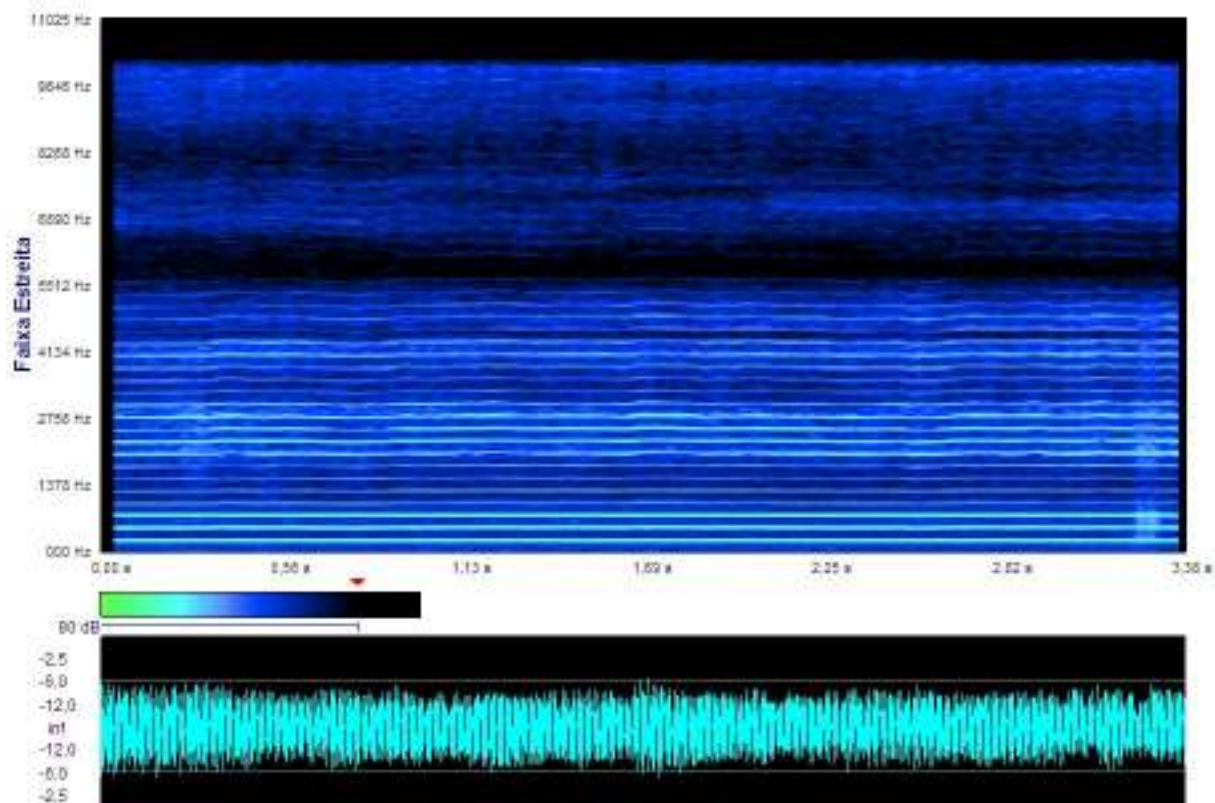
Voluntária 1



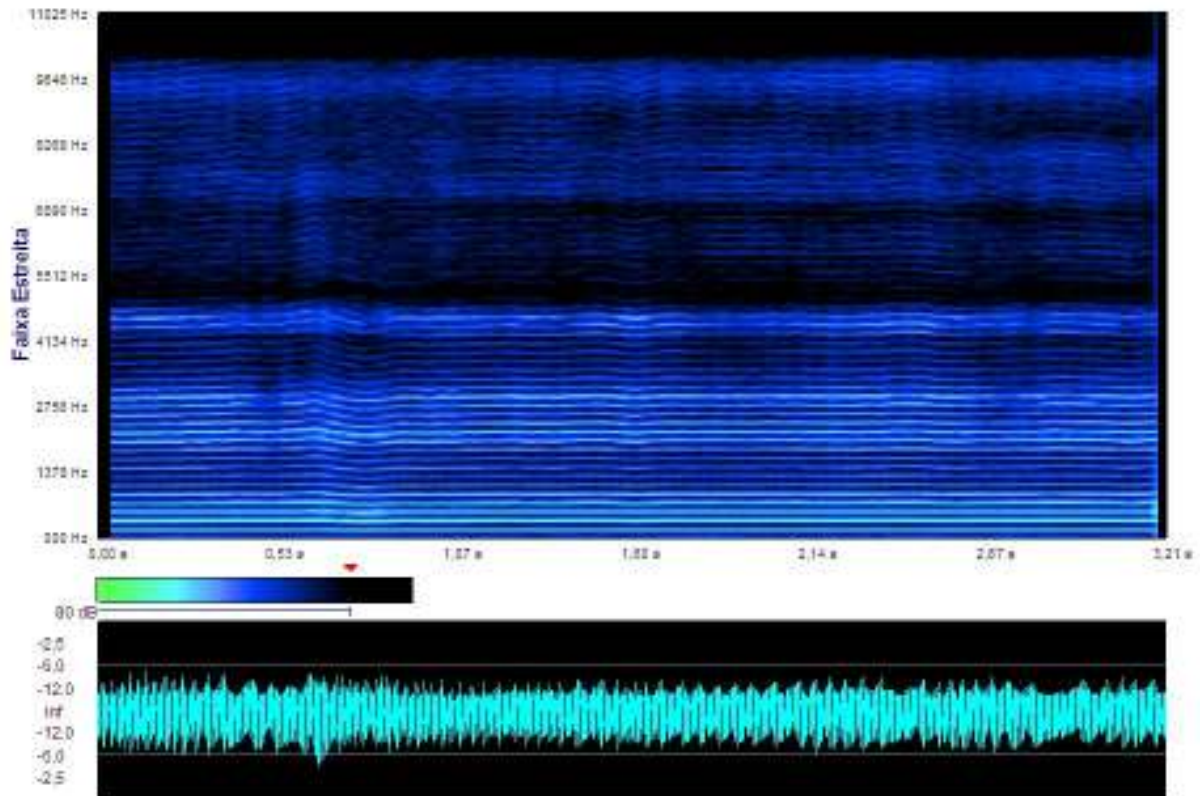
Voluntária 2



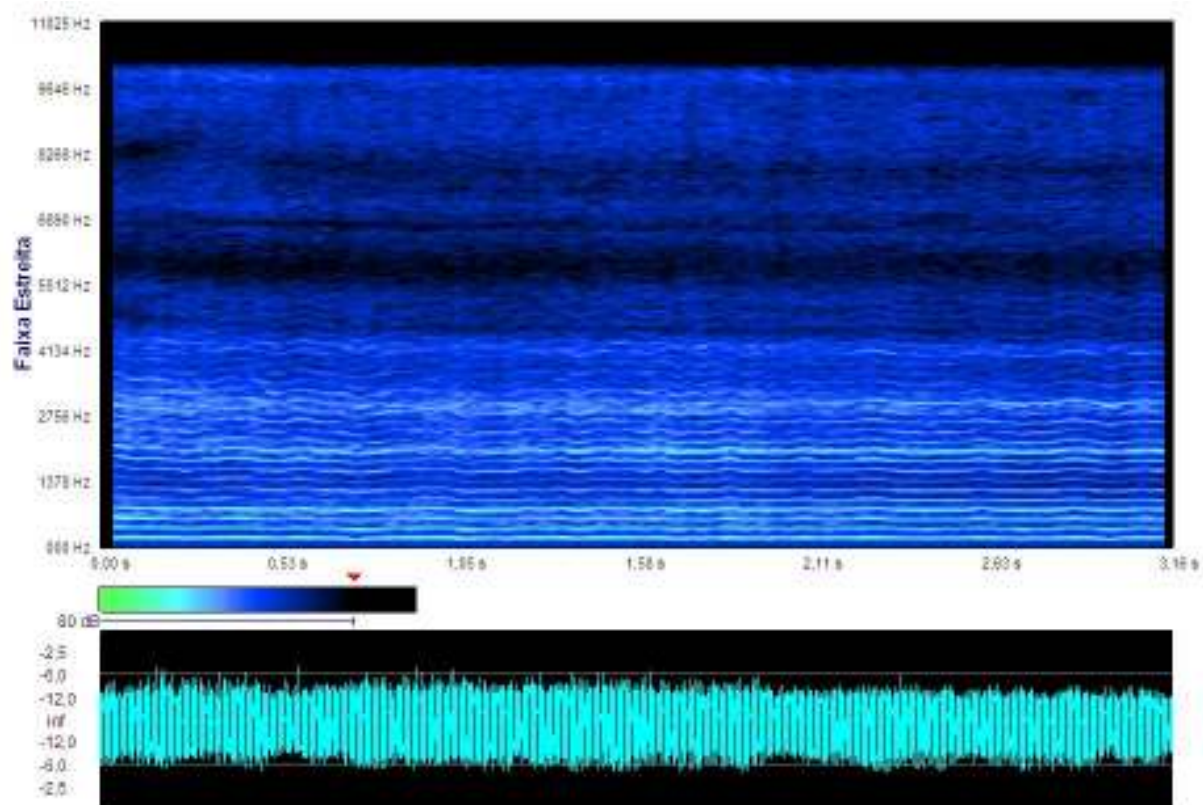
Voluntária 3



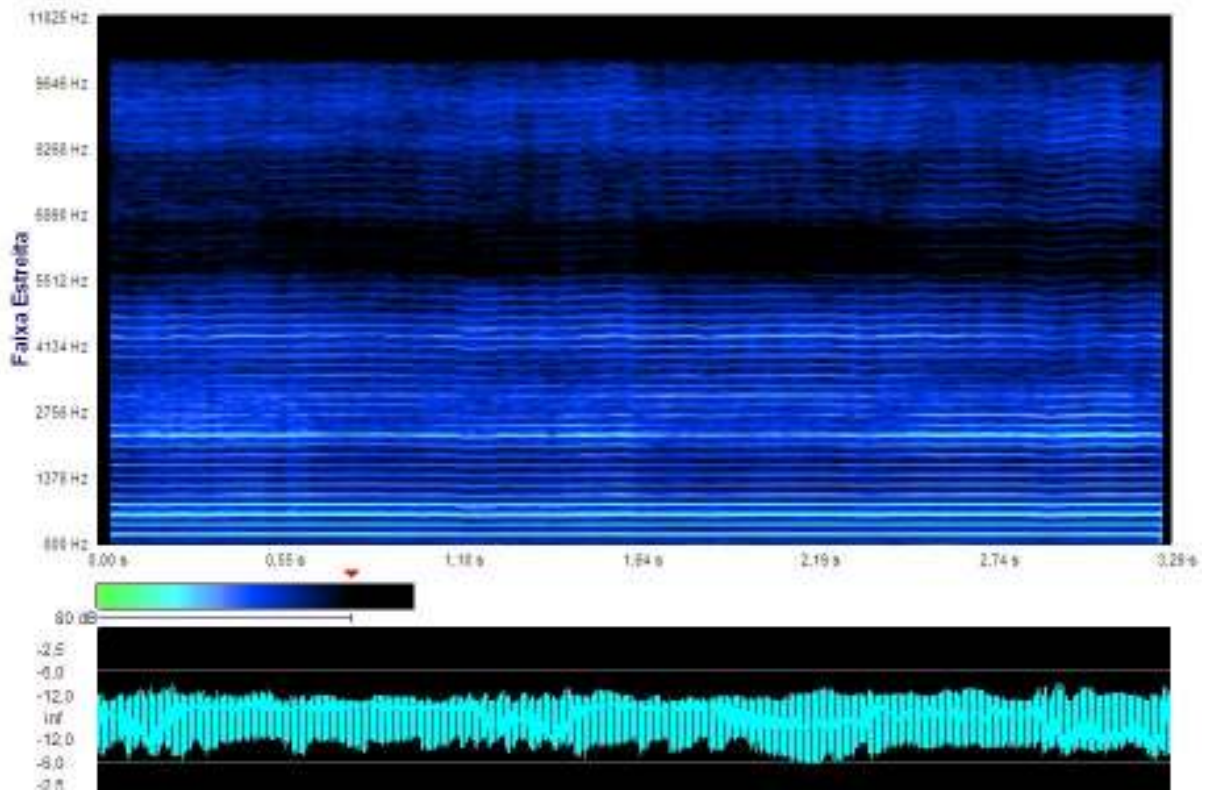
Voluntária 4



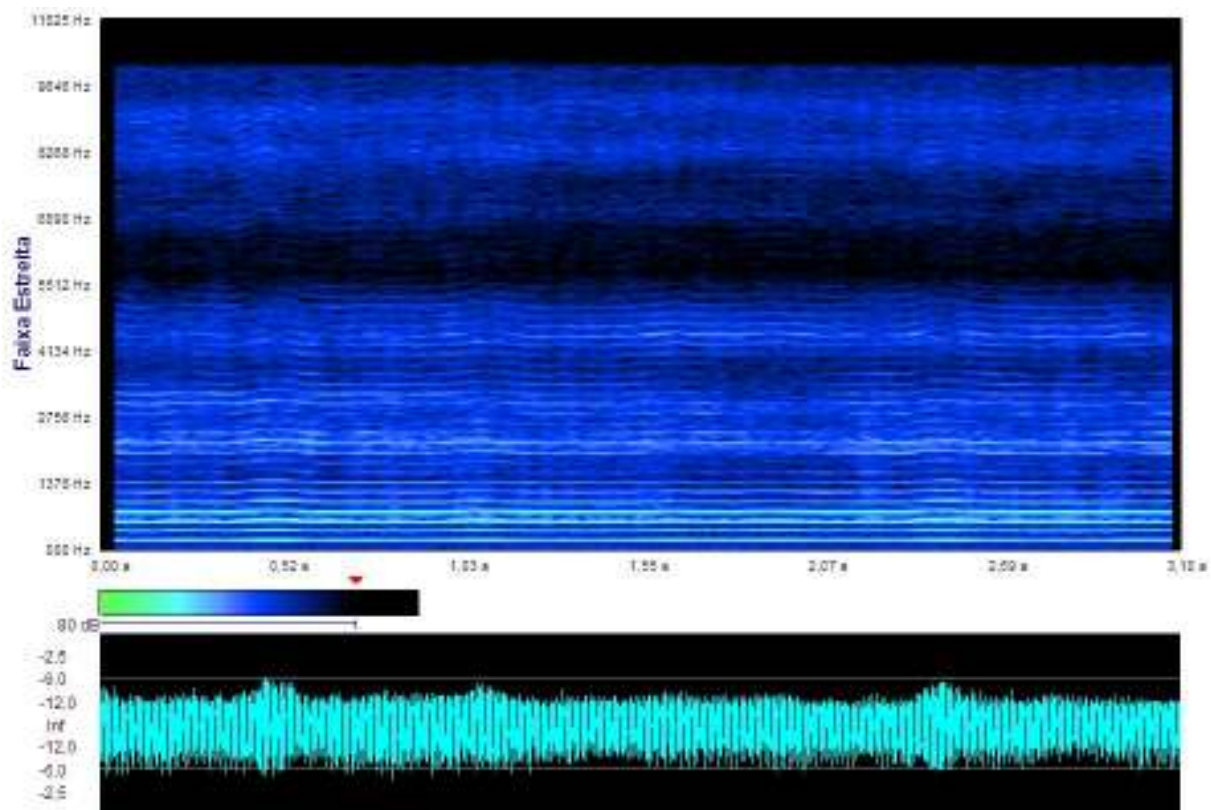
Voluntária 5



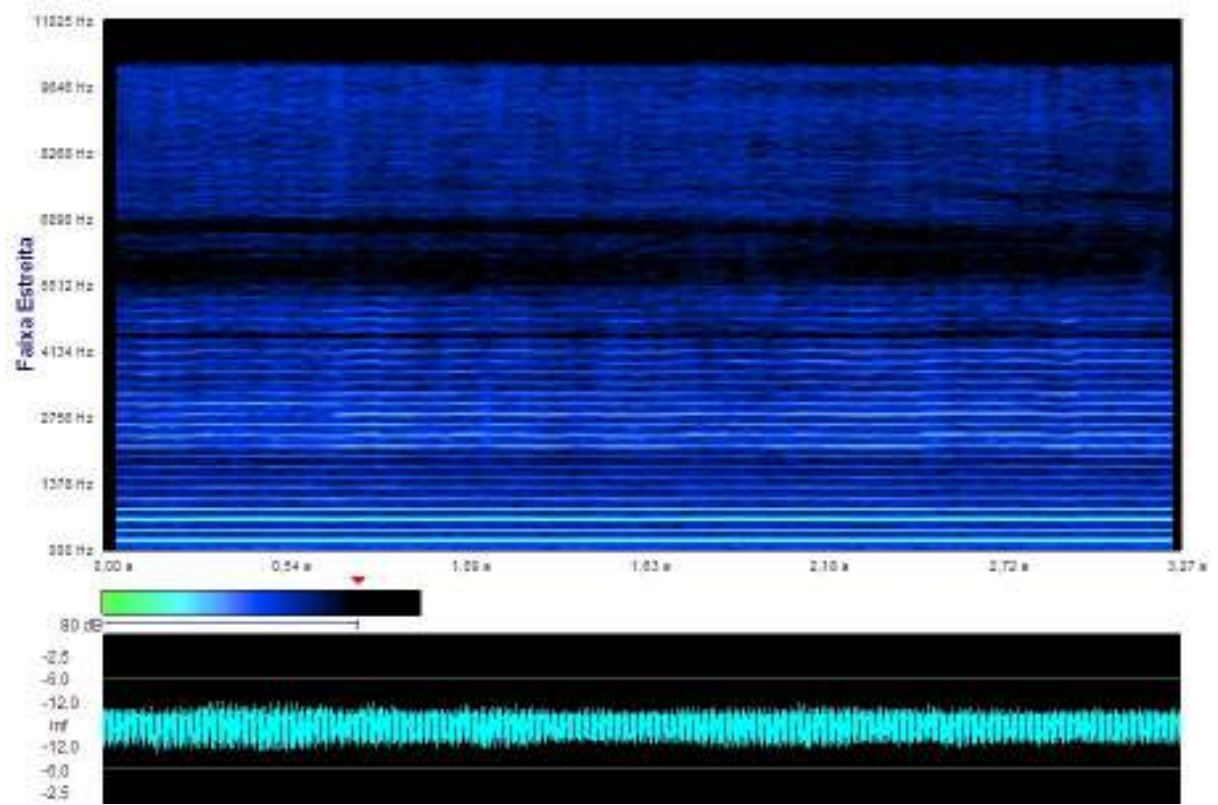
Voluntária 6



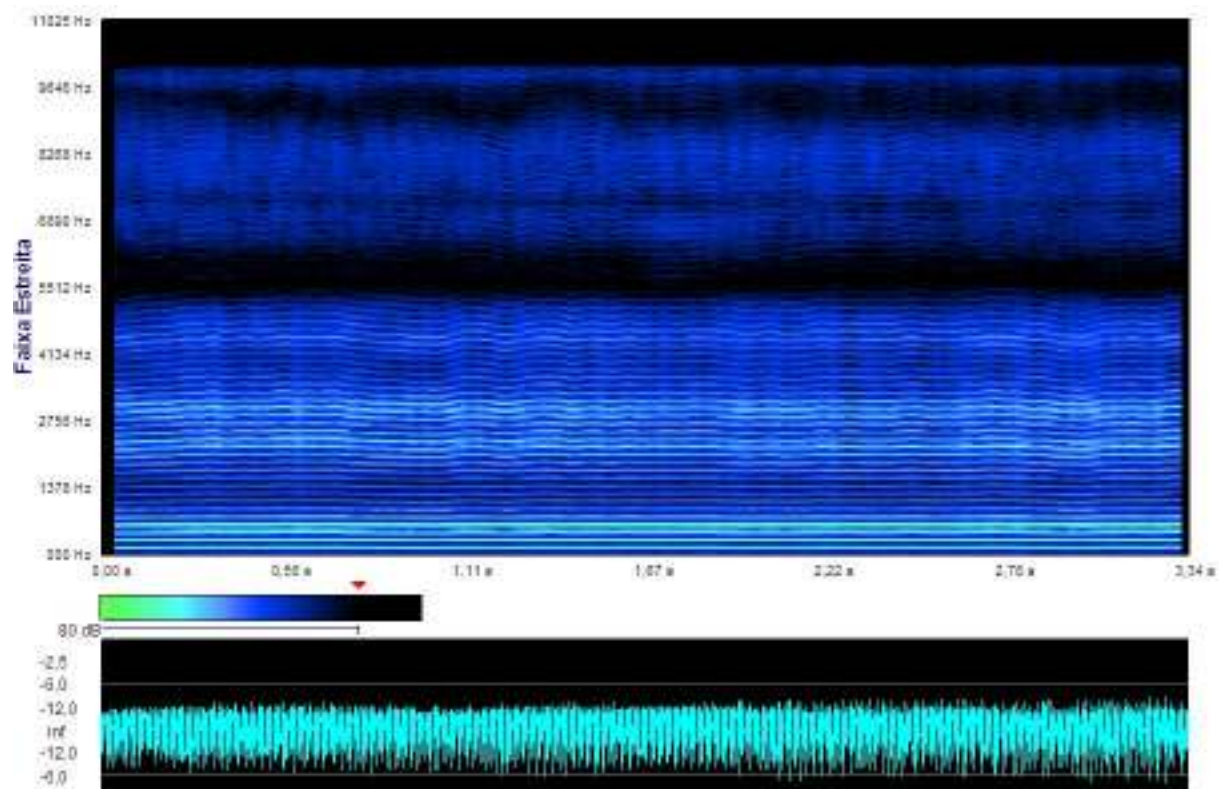
Voluntária 7



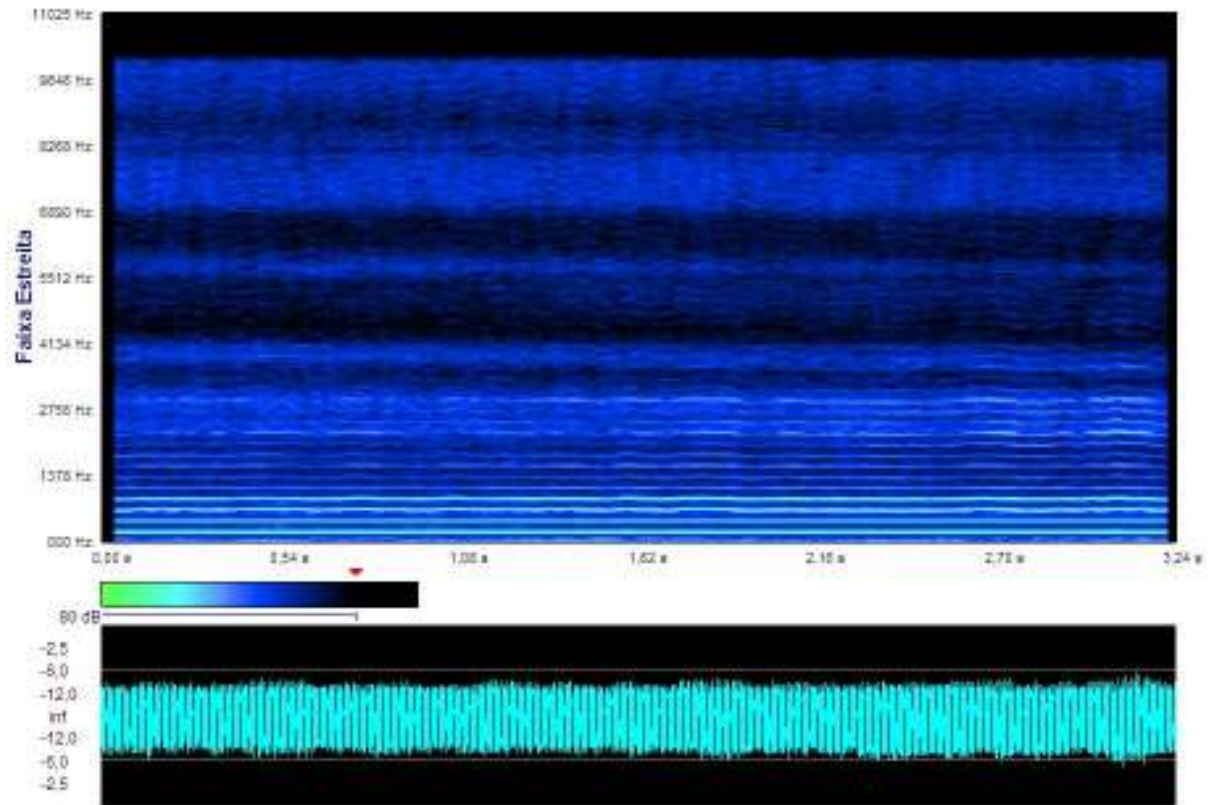
Voluntária 8



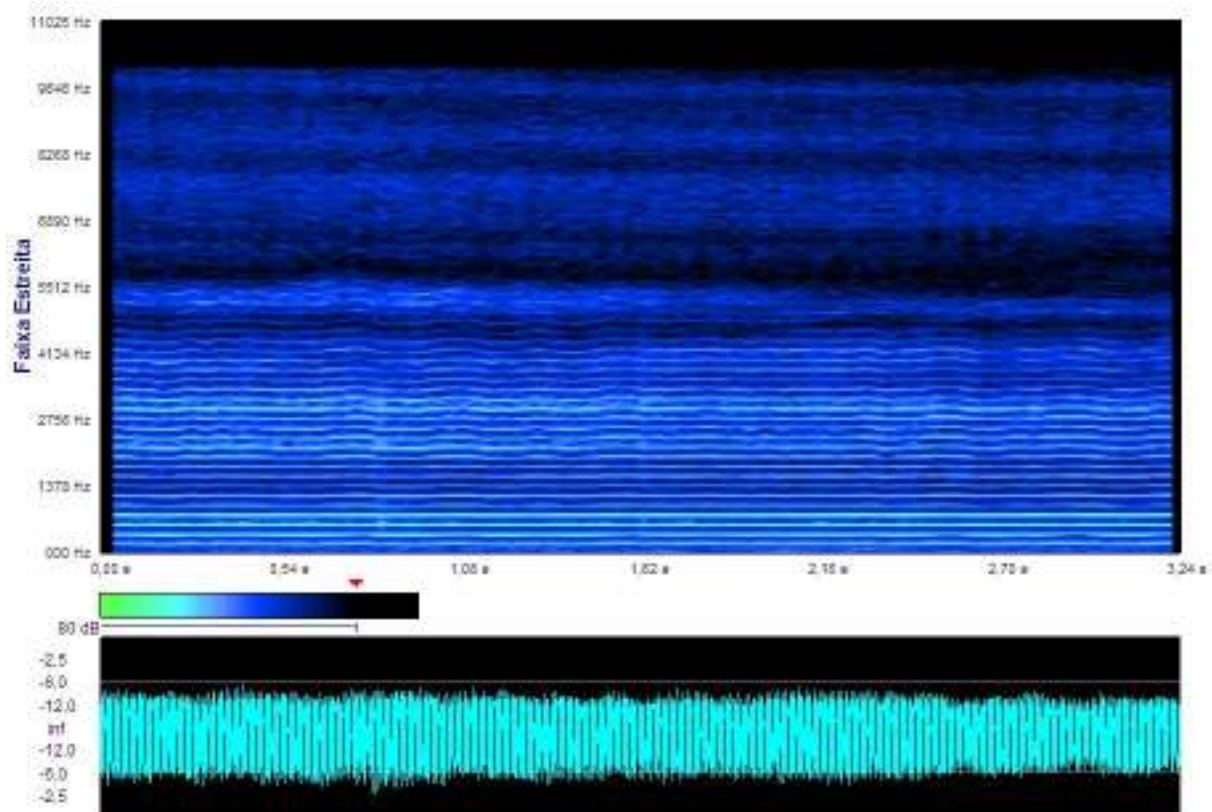
Voluntária 9



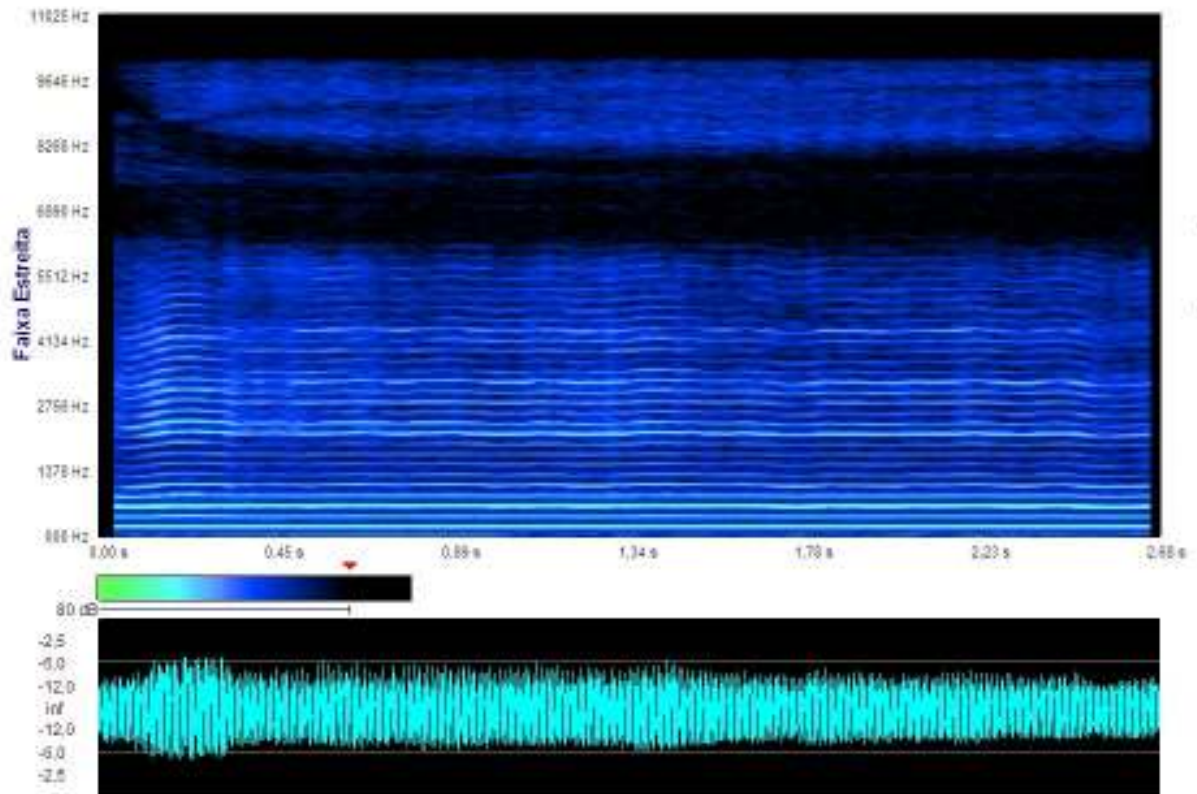
Voluntária 10



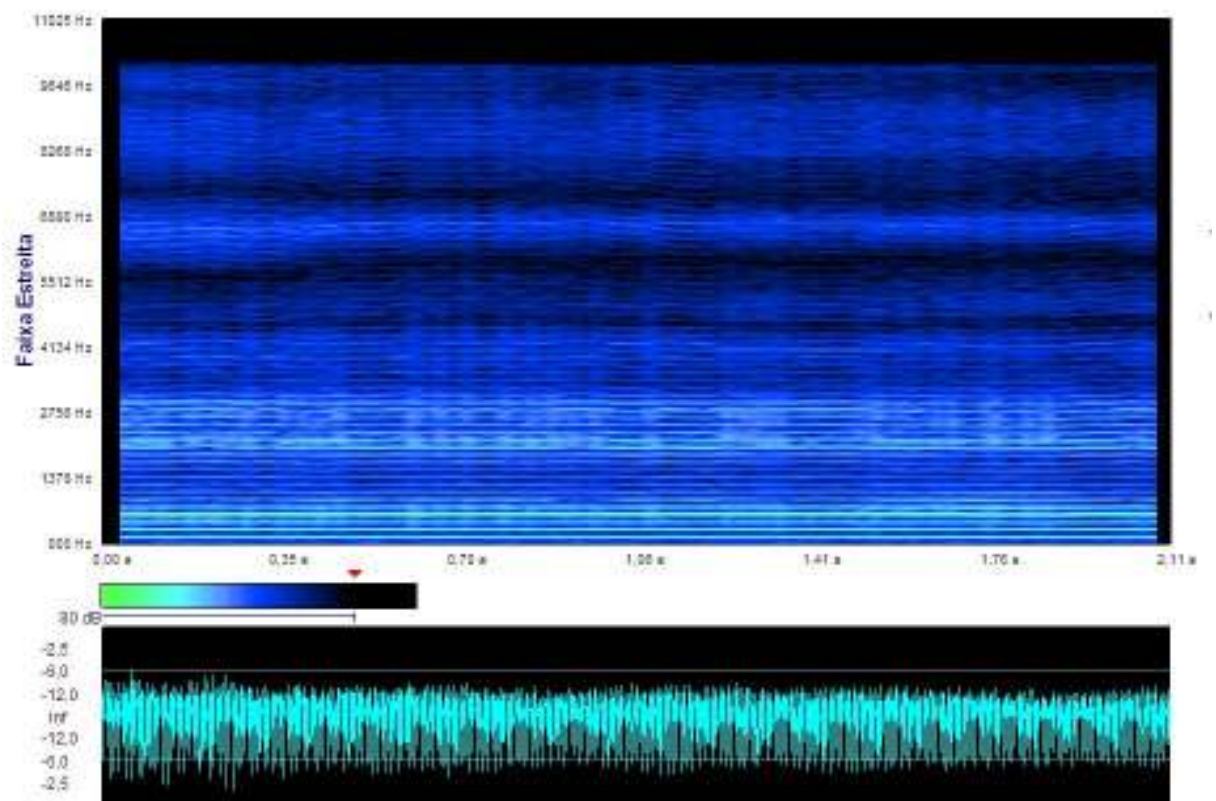
Voluntária 11



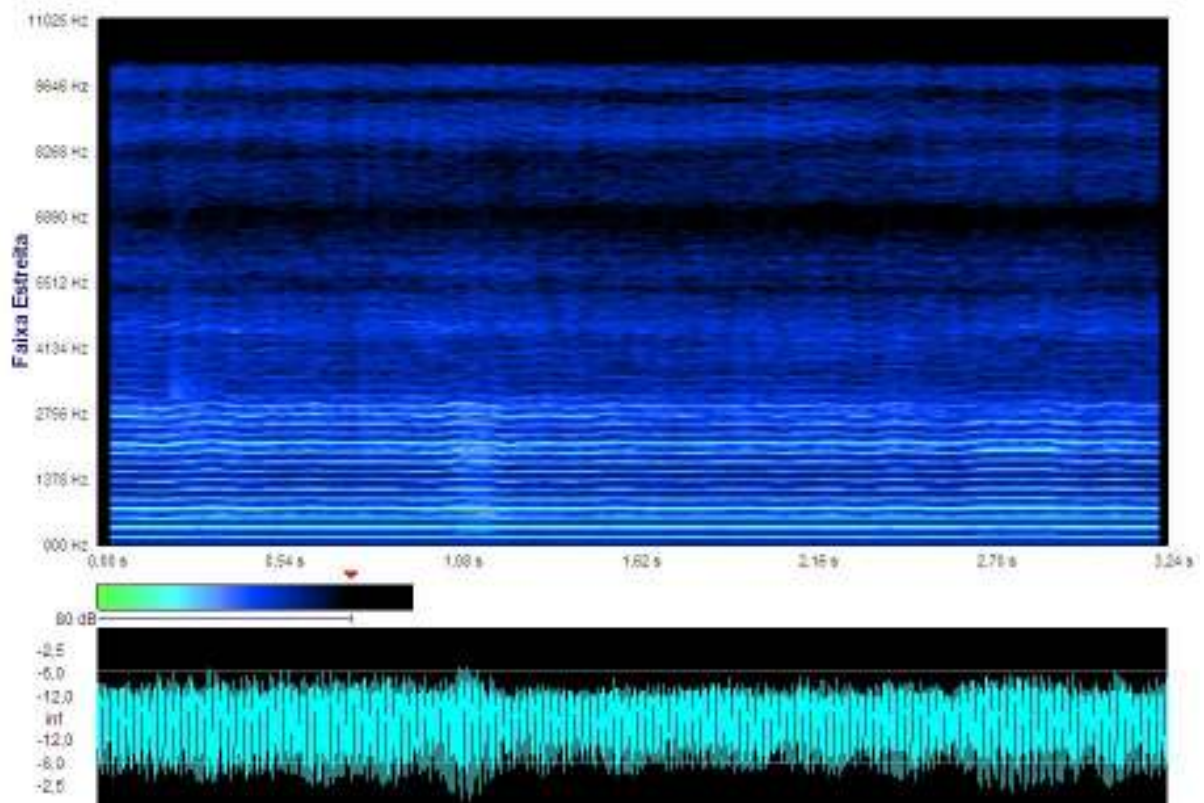
Voluntária 12



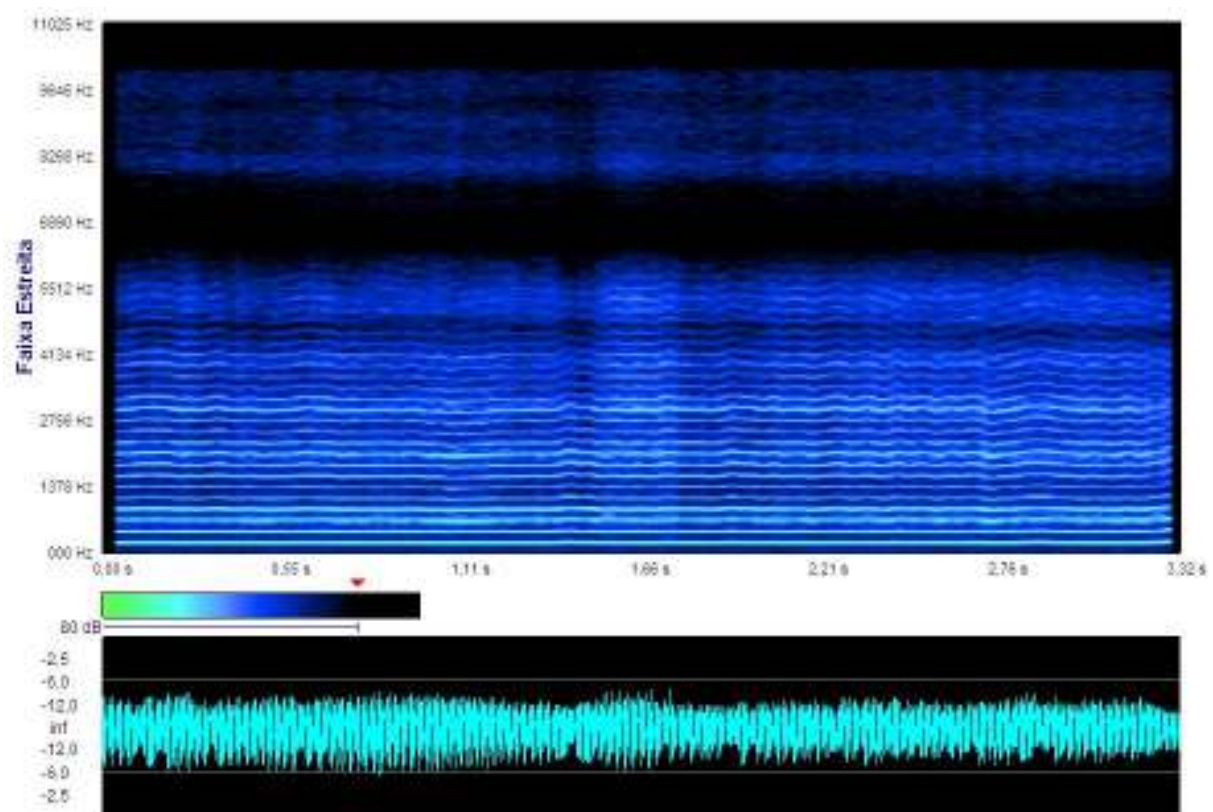
Voluntária 13



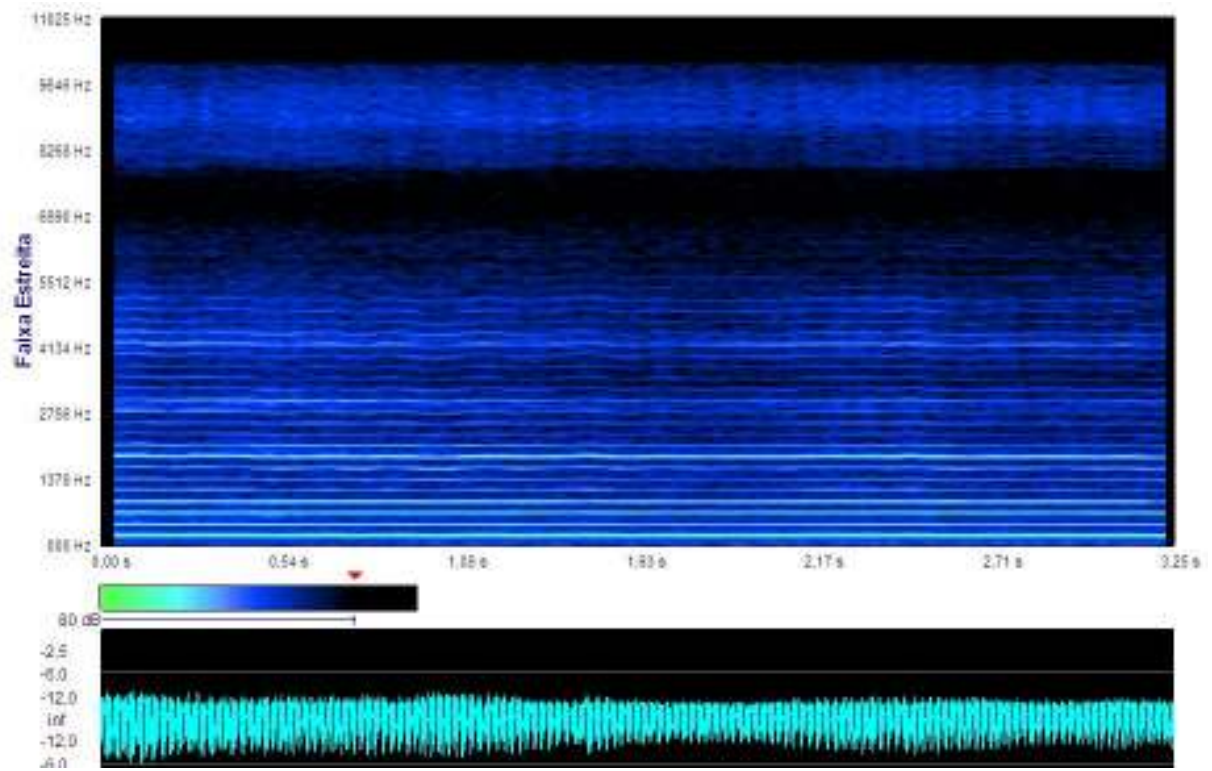
Voluntária 14



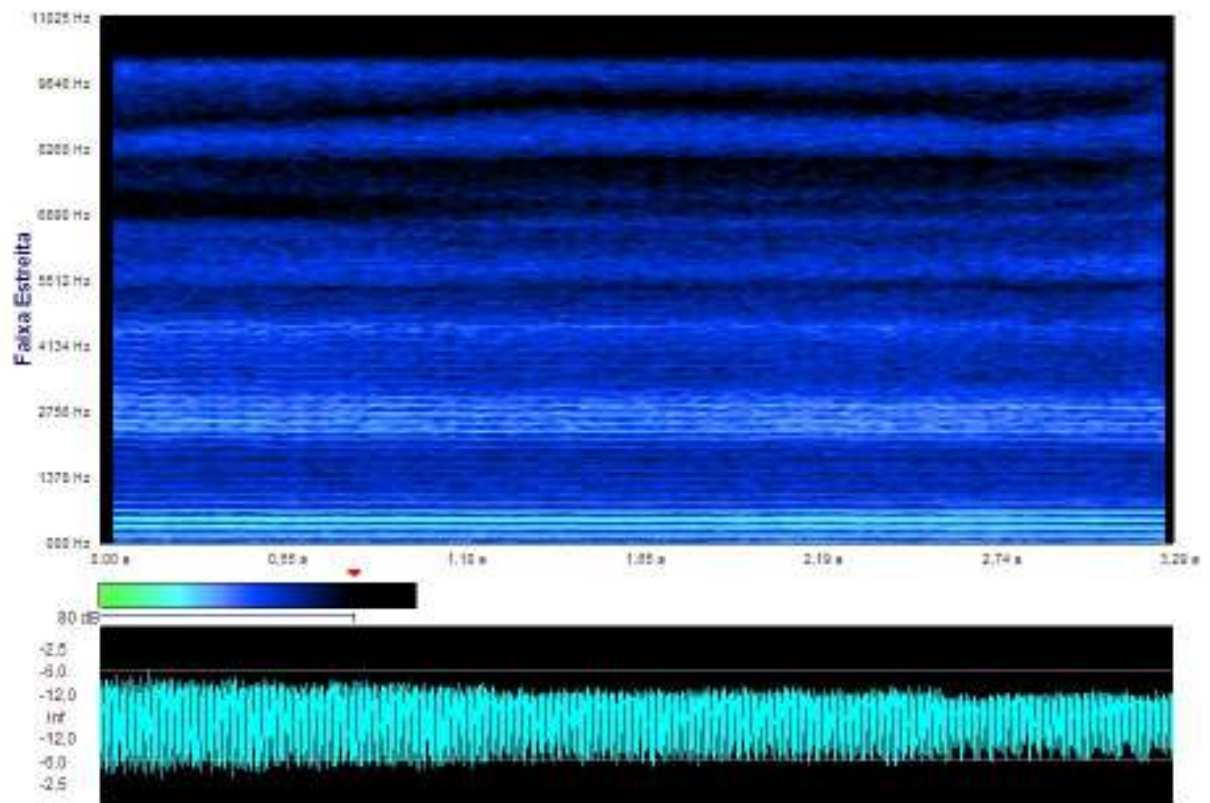
Voluntária 15



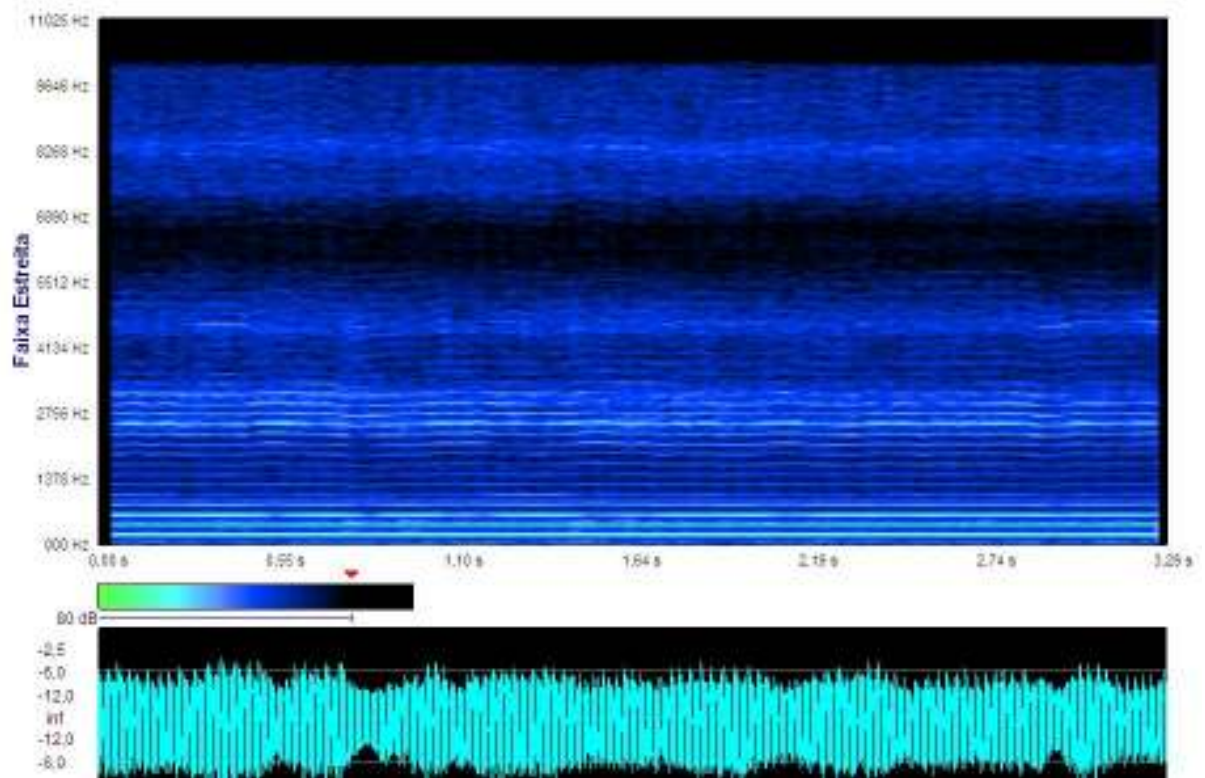
Voluntária 16



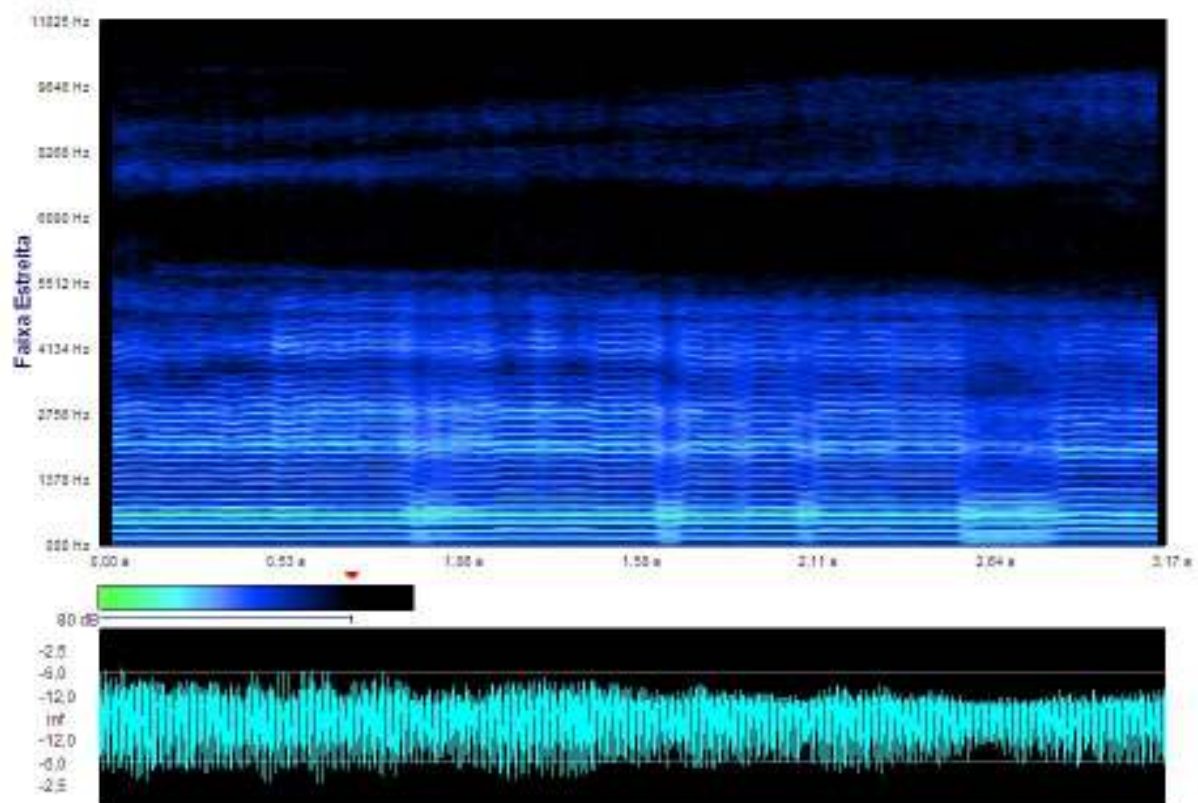
Voluntária 17



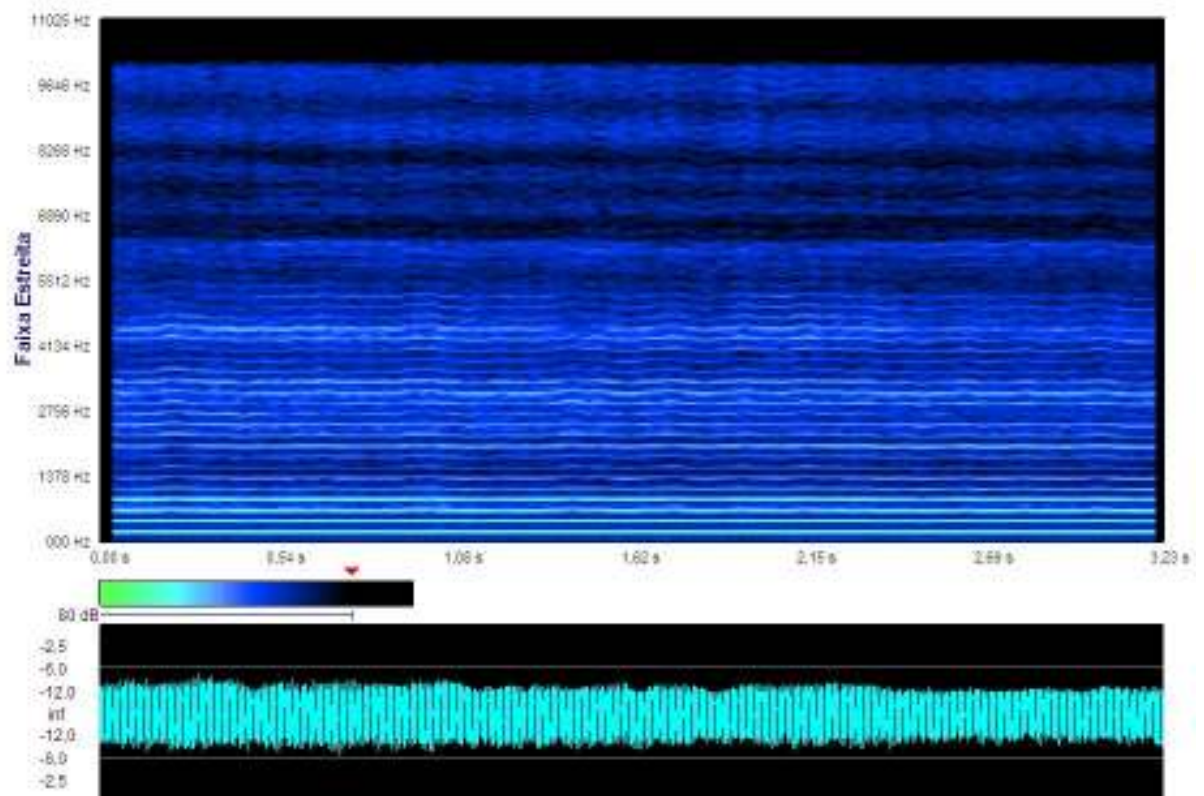
Voluntária 18



Voluntária 19



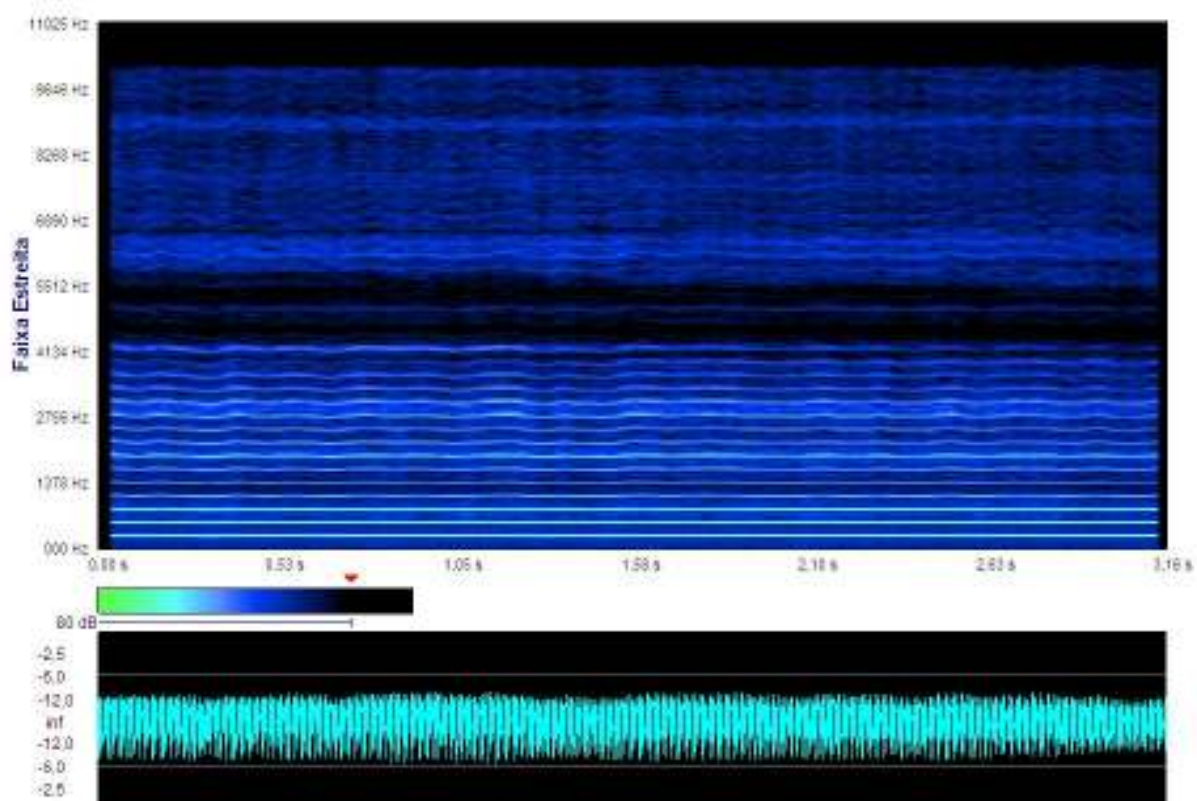
Voluntária 20



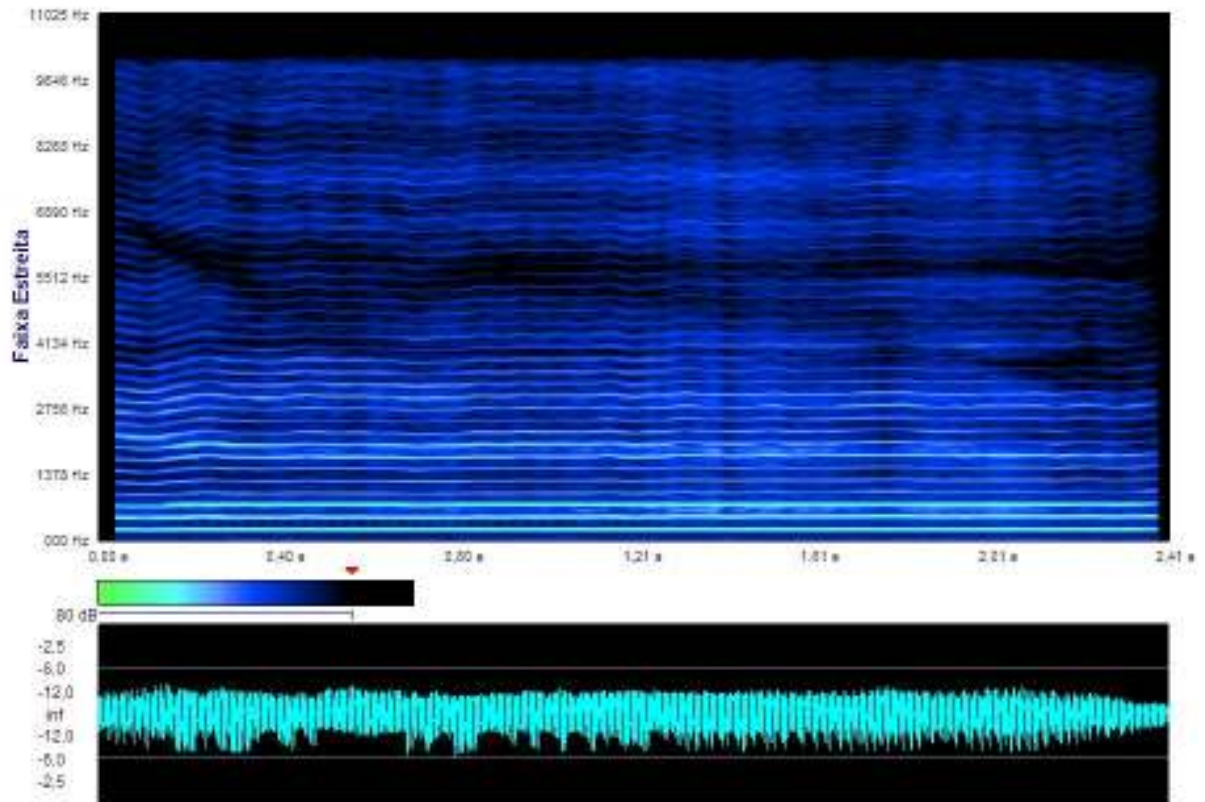
ANEXO 5

FIGURAS RESULTANTES DO PROCESSAMENTO DOS ESPECTROGRAMAS DA
VOZ DE MULHERES COM VOZ NORMAL (voluntárias 21 a 25)

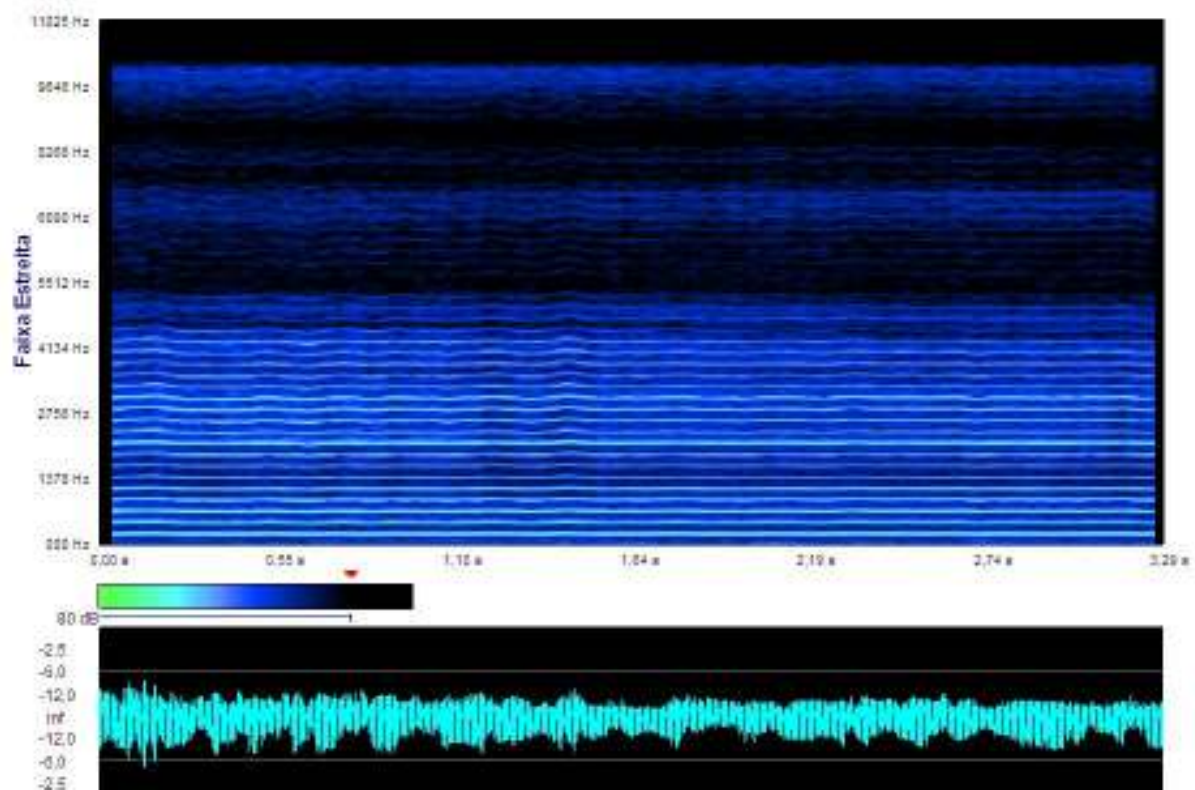
Voluntária 21



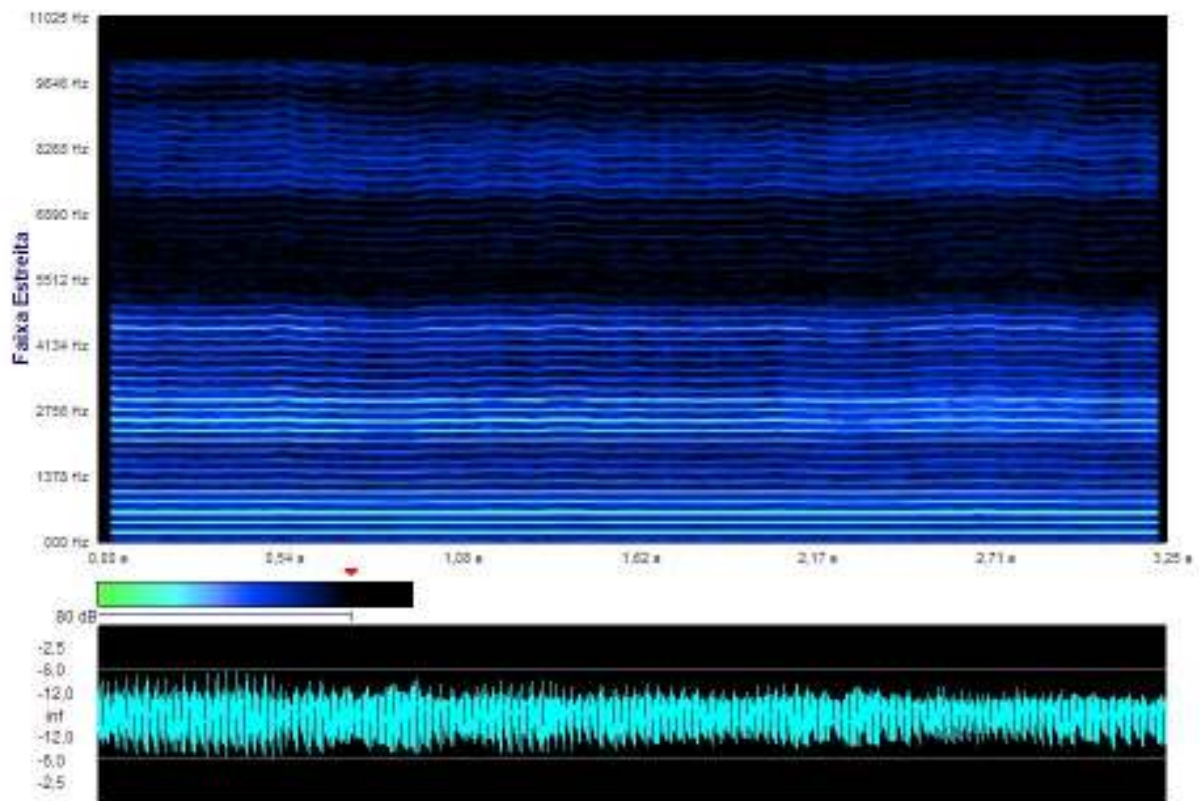
Voluntária 22



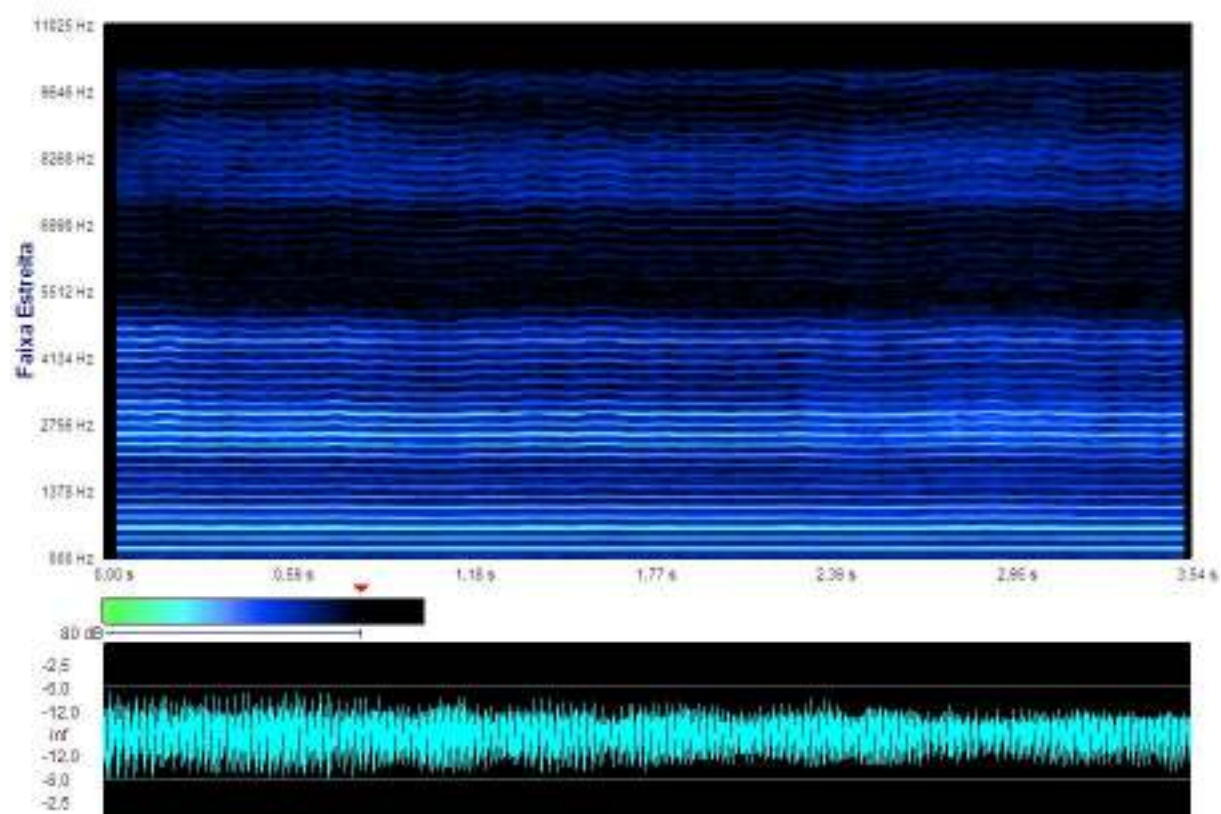
Voluntária 23



Voluntária 24



Voluntária 25



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREWS, M.L. **Voice therapy for children**. New York: Longman, 1986
- ARNOLD, G .E. **Vocal nodules and polyps: laringeal tissue reaction to habitual hyperkinetic dysphonia**. *J. Speech Hear Disord*, 27: 205-217, 1962.
- BAKEN,R.; ORLIKOFF, R.- **Acoustic assessment of vocal function**. IN: BLITZER,A.; BRIN,M.;SASAKI,C.; FAHN, S.; HARRIS,K. *Neurologic Disorders of the Larynx*. New York, Thieme, 1992.
- BAKEN, R. J.: ORLIKOFF, R.F. **Voice mensure: is more better?** *Log. Phon. Vocol*, 22: 147-151, 1997.
- BAKEN, R.J. **Clinical measurement of speech and voice**. Boston: Colleege-Hill, 1987.
- BAKEN,R. J..**Clinical measument of speech and voice**. London, Singular Publishing, 1996.
- BEHLAU, M. **Voz- O livro do Especialista**. Rio de Janeiro: Revinter, 2001. v. I.
- BEHLAU, M. **Considerações sobre a análise acústica em laboratórios computadorizados de voz**. In BOMPET DE ARAÚJO, R. **Fonoaudiologia atual**. Rio de Janeiro: Revinter, 93-115, 1997.
- BEHLAU, M.; GONÇALVES, M.I. **Reabilitação fonoaudiológica na microcirurgia da laringe e nas paralisias de pregas vocais**. In NORONHA, M.J.; DIAS, F.L. *Câncer da laringe*. Rio de Janeiro: Revinter,; 1997.
- BEHLAU, M.; PONTES,P. **Avaliação e tratamento das disfonias**. São Paulo: Lovise, 1995.
- BIELAMOWICZ, S.; KREIMAN,J.; GERRAT, B.; DAUER, M.;BERKE, G. **–Comparison of voice analysis systems for perturbation measurement**. *J. Speech Hear Res.*,39:126-34, 1996.

- BOGOSSIAN, C.-**Avaliação acústica do sinal sonoro através de 2 programas computadorizados de análise de voz: Gram e Dr. Speech.** São Paulo,2001. Curso de Especialização em Voz.- Centro de Estudos da Voz- CEV.
- BOONE, D. **Sua voz está traindo você? Como encontrar e usar sua voz natural.** Porto Alegre: Artes Médicas,1996.
- BOONE, D.; McFARLANE, S. **A voz e a terapia vocal.** 5ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- BOUCHET, A.; CUILLERET, J. **Anatomía descriptiva topográfica y funcional.** Buenos Aires: Panamericana, 1998.
- CAMARGO, Z. Avaliação objetiva da voz. In: . **A atuação da fonoaudiologia no câncer de cabeça e pescoço.** São Paulo: Lovise, 2000.
- CAMARGO, Z. . **Análise da qualidade vocal de um grupo de indivíduos disfônicos:** uma abordagem interpretativa e integrada de dados da natureza acústica, perceptiva e eletroglotográfica. São Paulo, 2002. Tese de doutorado. Laboratório Integrado Análise Acústica e Cognição. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- CASE, J.L. **Clinical management of voice disorders.** Austin: Pro-ed, 1996.
- CASMERIDES, M.C. **Laboratório computadorizado de voz: caracterização de um grupo de usuários.** São Paulo, 1998. Dissertação de Mestrado. Distúrbios da Comunicação. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- CERVANTES, O. **Nódulo vocal em adultos jovens:** aspectos morfológicos e funcionais da laringe relacionados ao sexo. São Paulo, 1992. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo-Paulista de Medicina.
- CHEVEIGNÉ, A.; KAWAHARA, H. **Comparative evaluation of F₀ estimation algorithms.** Eurospeech. Escandinávia, 2001.

- COLTON, R.; CASPER, J. **Compreendendo os problemas de voz: uma perspectiva fisiológica ao diagnóstico e ao tratamento.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- COOLEY, J.W; TUKEY, J.W. **An algorithm for the machine calculation of complex Fourier Series.** *J. Mathematics Computation.* 19: 297-301, 1965.
- COOPER, M. **Spectrographic analysis of fundamental frequency and hoarseness before and after vocal rehabilitation.** *J Speech Hear Dis.*,39:2;1974.
- COSTA, S.; CRUZ, O. ; OLIVEIRA, J.**Otorrinolaringologia: princípios e prática.** Porto Alegre: Artes Médicas,1994.
- CRESPO, A. **Coaptação glótica, proporção glótica e ângulo de abertura das pregas vocais em crianças.** São paulo,1995. Tese- Doutorado- Universidade Federal de São Paulo.
- DALY, M. A. **Meeting march vocal disabilities of singers.** *Proc. R. Soc. Med.*, 61, 1968.
- DEJONCKERE, P. **Principal components in voice pathology.** *J. of Voice*, 4: 96-105, 1995.
- EMANUEL, F. W.; SANSONE , F. **Some spectral features of 'normal' and simulated 'rougth' voices.** *Folia Phoniatr.* 21, 1969.
- ESKENAZI, L.; CHILDERS, D. .; HICKS, D.. **Acoustic correlates of vocal quality.** *J. Speech Hear Res.* 33, 1990.
- FANT, G. **Acoustic theory of speech production**, 2 ed.,Paris, Mounon,1970.
- FERRAND, C. **Harmonics-to noise ratio: An index of vocal aging.** *J. of Voice*, v.16,n.4, 2002.
- FRÖLICH, M., MICHAELIS, D.,STRUBE,H., KRUSE, E.. **Acoustic voice quality description: case studies for different regions of the hoarseness diagram.** In WITTENBERG, T. et alii (eds). **Advances in Quantitative Laryngoscopy.** Erlangen, 1997.

- FUJITA, R. **Nódulo vocal: estudo de fatores constitucionais e ambientais**. São Paulo, 1991. Dissertação de Mestrado. Escola Paulista de Medicina.
- GAMA, A. C. **Análise acústica da voz: estudo comparativo entre mulheres sem queixa vocal e com disfonia**. São Paulo, 1997. Dissertação de mestrado. Distúrbios da Comunicação Humana. Escola Paulista de Medicina.
- GARDE, E. S. **Nodules and polypes dês cordes vocals: considerations nouvelles**. *Ann Oto-Laryngol*, 78, 1961.
- GELFER, M.; FENDEL, D. **Comparisons of jitter, shimmer and signal-to-noise ratio from directly digitized versus taped voice samples**. *J. Voice*: 9, 1995.
- GERHARD, D. **Pitch extraction and fundamental frequency: History and current techniques**, 2003.
- GONZÁLES, J. **Fonación y alteraciones de la laringe**. Buenos Aires: panamericana, 1990.
- GREENE, M.C.L. **Distúrbios da voz**. 4ed. São Paulo: Manole, 1989.
- GÜTERT A.E.V.A. **Crianças com nódulo vocal: estudo da personalidade por meio da prova de Rorschach**. São Paulo, 1996. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Paulo.
- HAYKIN, S.; VAN VEEN, B. **Sinais e sistemas**. Porto Alegre: Bookman, 2001..
- HILLENBRAND, J. **A methodological study of perturbation and additive noise in synthetically generated voice signals**. *J Speech Hear Res.* :30,1987.
- HILLENBRAND, J.; HOUDE, R.- **Acoustic correlates of breathy vocal quality: Dysphonic voices and continuous speech**. *J. Speech Hear. Res.*,39, 1996.

- HIKI, S. **Relationship between efficiency of phonation and the tonal quality of speech.** In: Blee, D. & Abbes, J.- Vocal fold physiology: contemporary research and clinical issues. San Diego: College-Hill, 1983.
- HIRANO, M. **Laryngeal histopathology.** In COLTON R.; CASPER, J. Understanding voice problems: a physiological perspective for diagnosis and treatment. Baltimore: Williams & Wilkins, 1996.
- HIRANO, M. **Clinical examination of voice** New York: Springer-Verlag, 1981.
- HIRANO, M.; YOSHIDA, T.; TANAKA, S.; HIBI, S.- **Sulcus vocalis: functional aspects.** Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.; 99, 1990.
- HIRANO, M.; BLESS, D. **Exame estroboscópico da laringe.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- HIROTO, I. **Hoarseness-view points of voice physiology.** Jap. J. Logop. Phoniatr. 8, 1967.
- HOLMBERG, E. B.; DOYLE, P.; PERKELL, J. S.; HAMMARBERG, B.; HILLMAN, R. E. **Aerodynamic and acoustic voice measurements of patients with vocal nodules: variation in baseline and changes across voice therapy.** *J. Voice*, 17 (3): 269-82, 2003.
- HORII, Y. **Fundamental frequency perturbation observed in sustained phonation.** *J. Speech. Hear. Res.*, 22:5-19, 1979.
- HOLLIEN, H.; DEW, D.; PHILLIPS, P. **Phonational frequency ranges of adults.** *J. Speech Hear. Res.*, 14:755-760, 1971.
- HUNGRIA, H. **Otorrinolaringologia.** 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
- ISSHIKI, N.; YANAGIHARA, N.; MORIMOTO, M. **Approach to the objective diagnosis of hoarseness.** *Folia Phoniatr.* 18, 1966.

- ISSHIKI, N. –**Recent advances in phonosurgery**. *Folia Phoniatr.*, 32:119-54, 1980.
- IZDEKSKI, K. **Magnetic sound recording in laringology**. *Am. J. Otolaryngol.*, 2, 1981.
- JACOB, S. W.; FRANCONI, C. A.; LOSSOW, W. J. **Anatomia e fisiologia humana** Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2003.
- KARNELL, M.; SCHERER, R.; FISCHER, L. – **Comparison of acoustic voice perturbation measures among three independent voice laboratories**. *J. Speech Hear. Res.*, 34, 1991.
- KENT, R. D. ; READ C. **The acoustic analysis of speech**. San Diego: Singular, 2002.
- KOJIMA, H.; GOULD, W. .; LAMBIASE, A.; e ISSHIKI, N. **Computer analysis of hoarseness**. *Acta Otolaryngol.*; 89, 1980.
- KRECICK , T.; ZALESSKA, M.; KRECIKA, M. – **Clinical aspects of vocal cord nodules**. *Acta oto-rhino-laryngol.*, 47: 339-342, 1993.
- KREIMAN, J.; GERRAT, B.; PRECODA, K.; BERKE, G.. **Individual differences in voice quality perception**. *J. Speech Hear Res.* 35:512-20, 1992.
- KREIMAN, J.; GERRAT B.- **Perceptual reality of voice quality rating scales**. *ASHA* 37:42, 1996.
- KROM, G. **Some spectral correlates of pathological breathy and rough voice quality for different types of vowel fragments**. *J. Speech Hear. Res.*, 38, 1995.
- KUHL, I. **Laringologia prática ilustrada**. Rio de Janeiro: Revinter, 1991.
- LAVER, J. **The analysis of vocal quality: from the classic period to the twentieth century**. In ASHER R.; ENDERSON, E.: *Towards a history of phonetics*. Edinburgh University Press, 1980.

- MADAZIO, G.; BEHLAU, M.; PONTES, P. **Análise da proporção harmônico-ruído pré e pós-reabilitação vocal.** In MARCHESAN, I. Q.; ZORZI, J. L.; GOMES, I.C.D. (orgs.) **Tópicos em fonoaudiologia 1997/1998.** São Paulo: Lovise, 1998.
- MARQUES, J. **Testes estatísticos para cursos de áreas biológica e da saúde com uso do computador.** Domínio do Saber, 2004.
- MATOS, M.J.B. **Correlação entre as avaliações perceptivo-auditiva, acústica e tipos de disfonia.** São Paulo, 2005. Monografia. Curso de Especialização em Voz. Centro de Estudos da Voz- CEV.
- MICHAELIS, D.; STRUBE, H. W. **Empirical study to test the independence of different acoustic voice parameters on a large voice database.** *Eurospeech 95*, v. 3, 1891-1894, 1995.
- MICHAELIS, D.; FRÖLICH, M.; STRUBE, H.W.- **Selection and combination of acoustic features for the description of pathologic voices.** *J. Acoust. Soc. Am.* 103 (3), 1998.
- MICHAELIS, D.; GRAMSS, T.; STRUBE, H. W. **Glottal to noise excitation ratio: a new measure for describing pathological voices.** *Acta Acustica*, 83: 700-706, 1997.
- MOORE, G. **Voice disorders organically based.** In: Travis LE. **Handbook of speech pathology and audiology.** New York: Appleton- Century- Crofts, 1971.
- MORRISON, M.D.; NICHOL, H.; RAMMAGE, L.A. **Diagnostic criteria in functional dysphonia.** *Laryngoscope*, n. 94, 1-8, 1983.
- NETTER, F.H. **Atlas interativo de anatomia humana.** Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1998.
- OMORI, K.; KOJIMA, H.; KAKANI, R.; et al. **Acoustic characteristics of rough voice: subharmonics.** *J. of Voice*, 1997.
- PARSA, V.; JAMIESON, D.; PRETTY, B. **Effects of microphone type on acoustic measures of voice.** *J. of Voice*, v. 15, n.3, 2001.

- PEARSON, B.W. **Anatomofisiologia clínica da laringe**. In LOPES FILHO, O. **Tratado de otorrinolaringologia**. São Paulo: Rocca, 1994.
- PINHO, S.; PONTES, P. Escala de avaliação perceptiva da fonte glótica. **Jornal do Conselho Federal de Fonoaudiologia** v. VII, 15: 14-15, out./dez., 2002.
- PINHO, S. **Fundamentos em fonoaudiologia: tratando os distúrbios da voz**. In ———. **Avaliação e tratamento da voz**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1998.
- PINHO, S.-**Tópicos em Voz**. Guanabara Koogan, 2001
- PONTES, P.; VIEIRA, V.; GONÇALVES, M. et al. **Characteristics of hoarse, rough and normal voices: acoustic spectrographic comparative analysis**. Rev. Bras. Otorrinolaringol., mar/abr. 2002, v.68, 2: 182-188.
- RAMMAGE, L.; PEPPARD, R.; BLESS, D. —**Aerodynamic, laryngoscopic and perceptual-acoustic characteristics in dysphonic females with posterior glottal chinks: A retrospective study**. *J of Voice.*, 6, 1992.
- RODRIGUES, S. **Proporção harmônico ruído: valores para indivíduos adultos brasileiros**. São Paulo, 1993. Monografia de Especialização. Escola Paulista de Medicina.
- SENTURIA, D. H.; WILSON, S. D. **Otorhinolaryngologic findings in children with voice deviations**. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 77, 1968.
- VON LEDEN, H. **Vocal nodules in children**. Ear, Nose, Throat J., 64: 473-480, 1985.
- VOXMETRIA- **Manual do usuário**- CTS informática, 2003.
- TOSI, O. **Voice identification: theory and legal applications**. Baltimore: University Park, 1979.
- WILSON, K. **Children with vocal nodules**. *J. Speech Hear. Dis.* 26, 1961.

WILSON,D.- **Voice problems of children.** Baltimore: Williams &Wilkins., 1993

YAMASAKI, R.; BEHLAU, M. **Comparação de medidas acústicas de vozes gravadas em três diferentes sistemas de registro.** 2001.

Yu P, R.J.; WUYTS, F.L.; ZANARET, .M.; GIOVANNI, A. **Correlation of instrumental voice evaluation with perceptual voice analysis using a modified visual analog scale.** Folia Phoniatria et Logopaedica, 81: 54:271, 2002.

YANAGIHARA, N. – **Significance of harmonic changes and noise components in hoarseness.** In BAKEN R.; DANILOFF, R.: Reading I clinical spectrography of speech. San Diego: Singular, 1991.

YUMOTO, E. **The quantitative evaluation of hoarseness.** Arch. Otolaryngol., 109: 48-52, 1983.

RESUMO:

A proposta deste trabalho foi estudar a avaliação perceptivo-auditiva e acústica de 25 indivíduos do gênero feminino, sendo 20 com nódulos vocais e 5 com laringe e vozes normais. O *software* VoxMetria foi o instrumento de análise para os dados acústicos. O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Erasto Gaertner, em Curitiba/ Paraná e os indivíduos selecionados foram submetidos a três avaliações: laringológica, perceptivo-auditiva e acústica. Para o exame de laringe, utilizou-se a videolaringoscopia. Para a avaliação perceptivo-auditiva da qualidade vocal, utilizou-se a escala RASAT. Os parâmetros de frequência fundamental (f_0), a medida de ruído GNE (*glottal to noise excitation ratio*) e a espectrografia vocal foram utilizados para a análise acústica; sendo utilizada a vogal sustentada [é]. Os resultados revelaram que os valores da frequência fundamental foram mais graves no grupo com nódulos vocais e o parâmetro GNE não se mostrou sensível na avaliação dos dois grupos, apresentando resultados dentro dos padrões de normalidade. A avaliação perceptivo-auditiva e a espectrografia vocal revelaram diferenças significativas entre as vozes normais e com nódulos vocais. A espectrografia vocal mostrou-se extremamente confiável quando comparada à avaliação perceptivo-auditiva da qualidade vocal.

PALAVRAS-CHAVE

Palavras-Chave: Análise Acústica; Espectrograma; GNE; Nódulo Vocal.

ÁREA/SUB-ÁREA DE CONHECIMENTO

3.13.00.00 – 6 Engenharia Biomédica

3.13.01.01 – 0 Processamento de Sinais Biológicos

4.07.00.00 – 3 Fonoaudiologia

Ano 2005

No.: 374
