

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
UFMG
ESCOLA DE MÚSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MÚSICA

CAROLINA GHELLI FERREIRA DE MELO

ANÁLISES PERCEPTIVO-AUDITIVA E ACÚSTICA DE
VOZES DE CANTORES LÍRICOS
PRÉ- E PÓS-AQUECIMENTO VOCAL

Belo Horizonte

2015

CAROLINA GHELLI FERREIRA DE MELO

**Análises perceptivo-auditiva e acústica de vozes de cantores líricos
pré- e pós-aquecimento vocal**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Música da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de Mestre em Música.

Linha de pesquisa: Sonologia.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Freire Garcia

Belo Horizonte, Minas Gerais

2015

M528a Melo, Carolina Ghelli Ferreira de

Análises perceptivo-auditiva e acústica de vozes de cantores líricos pré- e pós-aquecimento. / Carolina Ghelli Ferreira de Melo. --2015.
130 f.; il.

Orientador: Sérgio Freire Garcia.

Área de concentração: Sonologia.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Música.

Inclui bibliografia.

1. Acústica musical 2. Voz Técnica 3. Cantores I. Garcia, Sérgio Freire. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Música. III. Título.

CDD: 784.93

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida e pelas bênçãos que me concede diariamente.

Agradeço, em especial, aos meus pais, Magda e Luiz Carlos, meus grandes incentivadores, igualmente únicos e maravilhosos, que nunca mediram esforços para que realizasse meus sonhos, que sempre me ampararam nos momentos difíceis e me aplaudiram em minhas vitórias! Obrigada, minha mãe querida, presença constante e decisiva em todos os momentos da minha vida, pelo seu amor incondicional, pelo suporte emocional aos quais sempre me ofereceu e pelas palavras constantes de motivação! Obrigada, meu pai querido, igualmente presente e decisivo em todos os meus momentos, por me ensinar o significado da palavra caráter, por sempre ter me proporcionado oportunidades de estudo e pelas palavras de encorajamento! Amo vocês incondicionalmente! Agradeço aos meus irmãos, Jú e Tavo, fiéis companheiros e apoiadores de todos meus projetos! A ela, minha irmã querida, sempre presente em todos os momentos, obrigada pela sensibilidade, cumplicidade, pelo carinho e incentivo constantes! A ele, meu irmão querido, obrigada pela torcida em meus projetos, pelo carinho e pelas palavras de estímulo! Amo vocês incondicionalmente!

À querida Cacau, sempre incentivadora dos meus projetos, participou da fase final de elaboração deste trabalho e sempre me deu força para seguir adiante! Obrigada pela paciência e carinho, pelo companheirismo e pelas conversas incitadoras que sempre me foram muito valiosas! Amo você!

Aos queridos amigos, sempre presentes, agradeço pela paciência e entendimento pela minha ausência nos momentos da construção desta pesquisa. Em especial, meu muito obrigada à Camila, à Luaney, à Laysa, à Ana e Andréia, ao Léo e ao Bruno Mendonça (meu tradutor oficial!). Amo vocês!

Agradeço também a todos os que me apoiaram no decorrer dessa trajetória, incluindo os que não estão mais presentes.

Agradeço, de maneira especial, ao meu Orientador, Prof. Dr. Sérgio Freire Garcia, por ter me acolhido com sua paciência e orientações, e aceitado o desafio de desenvolver este estudo! Muito obrigada pela sua disponibilidade, competência e clareza na condução desta Dissertação.

Aos membros da banca, Profa. Dra. Luciana Monteiro de Castro Silva Dutra (UFMG) e ao Prof. Dr. Maurílio Nunes Vieira (UFMG), obrigada por aceitarem prontamente ao convite para avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões. Bem como, agradeço às avaliadoras Fonoaudiólogas, Profa. Dra. Luciana Lemos de Azevedo (PUC Minas) e Profa. Me. Cláudia Ligocki e às avaliadoras Professoras de Canto.

Aos cantores, que cederam para este estudo seu maior instrumento: as suas vozes! Muito obrigada por brilhantarem a minha pesquisa!

Análises perceptivo-auditiva e acústica de vozes de cantores líricos pré- e pós-aquecimento vocal

RESUMO

Objetivo: Comparar parâmetros perceptivo-auditivos e acústicos vocais de cantores líricos antes e após aplicação de um programa de aquecimento vocal, desenvolvido durante a pesquisa, visando fornecer dados adicionais para a compreensão dos efeitos da aplicação do mesmo na qualidade vocal e em descritores acústicos pré-determinados dos referidos sujeitos: frequência fundamental (F0), *jitter*, *shimmer*, envelope dinâmico, curva de ataque, harmonicidade, distribuição espectral, variação e centróide espectral. **Metodologia:** Trata-se de um projeto de pesquisa de caráter experimental, com delineamento quantitativo e qualitativo. Foram avaliados 14 cantores líricos, que se enquadraram nos critérios de inclusão e exclusão. Antes e após a aplicação do programa de aquecimento vocal, os participantes foram solicitados a emitirem a vogal sustentada [a], na altura Sol3 (392 Hz), para as mulheres e Sol2 (196 Hz), para homens, em ambos os casos na intensidade *mezzo-forte* e pelo tempo de 10 segundos; e a cantarem um trecho de uma peça musical específica, *a capela*: frase inicial da Ave Maria, de Charles Gounod/Bach. As amostras vocais foram analisadas acusticamente, pelo *software PRAAT 5.1.32* (BOERSMA e WEENINK, 2010); e perceptivo-auditivamente por dois fonoaudiólogos especialistas em voz e dois professores de canto, com experiência mínima de cinco anos na área, e o parâmetro avaliado foi a qualidade vocal na voz cantada. **Resultados:** de forma geral, quanto à avaliação perceptivo-auditiva, observou-se concordância de 35.71%, entre todas as avaliadoras, na escolha das amostras pós-aquecimento vocal. Dos descritores globais considerados relevantes para uma análise estatística comparativa, o *jitter* (0.019) e harmonicidade (0.011) destacaram-se por apresentarem uma clara separação entre os grupos (índice significativo $p < 0.05$). **Conclusões:** a pesquisa realizada obteve resultados relevantes sobre a importância do aquecimento vocal na definição da qualidade vocal de cantores líricos. O teste perceptivo-auditivo não mostrou forte correlação com os resultados da análise acústica. Resultados estatisticamente significativos foram obtidos com os descritores acústicos *jitter* e harmonicidade. A discussão qualitativa sobre a variação espectral e centróide espectral merecem uma abordagem mais específica. **Palavras-chave:** aquecimento vocal; qualidade vocal; timbre vocal; voz profissional; análise acústica; análise perceptivo-auditiva.

Auditory-perceptive and acoustic analysis of voices of lyric singers pre and post warm-up

SUMMARY

Objectives: Compare auditory-perceptive and vocal acoustic parameters of lyric singers pre and post vocal warm-up, developed during the research, in order to demonstrate additional data for the comprehension of the effects of its application in vocal quality and pre-determined acoustic descriptors of these subjects: fundamental frequency (F0), jitter, shimmer, dynamic envelope, attack curve, harmonicity, spectral distribution and variation and centroid spectral. **Methods:** This research project has experimental character, with quantitative and qualitative delineation. Fourteen lyric singers were evaluated, according to the inclusion-exclusion criteria. Pre and post vocal warm-up, the female participants were requested to emit a sustained vowel [a], in tone Sol3 (392 Hz) and the male participants in Sol2 (196 Hz), in both cases with intensity *mezzo-strong* and during 10 seconds; and both were also requested to sing part of a specific musical play, *a capella*: starting phrases of Ave Maria, of Charles Gounod/Bach. The vocal samples were acoustically analysed by *software PRAAT 5.1.32* (BOERSMA e WEENINK, 2010); and auditory-perceptive analysis was performed by two voice specialized speech therapists and two singing teachers, all of them with a minimum of five years of experience in this field, and the parameter evaluated was the vocal quality of singing voice. **Results:** In general, as for the auditory-perceptive analysis, an agreement of 35.71% was observed, among all of the evaluators, in the choice of samples post vocal warm-up. Out of the global descriptors considered relevant for a comparative statistic analysis, the *jitter* (0.019) and harmonicity (0.011) were highlighted for showing a clear separation between the groups (relevant index $p < 0.05$). **Conclusions:** The research achieved relevant results concerning the importance of vocal warm-up in the definition of vocal quality of the lyric singers. The auditory-perceptive test did not show strong correlation with the results of acoustic analysis. Significant statistic results were obtained with the acoustic descriptors jitter and harmonicity. The qualitative discussion over spectral variation and centroid spectral deserve a more specific approach.

Key words: Vocal warm-up; voice quality; voice timbre; professional voice; acoustic analysis; auditory-perceptive analysis.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Desenho esquemático da laringe e do seu posicionamento no pescoço	21
FIGURA 02 – Desenho esquemático dos músculos intrínsecos da laringe em visão lateral e superior: ct – cricotireóideo; ta – tireoaritenóideo; cal – cricoaritenóideo lateral; cap – cricoaritenóideo posterior; aa – aritenóideo	23
FIGURA 03 - Desenho esquemático dos músculos laríngeos extrínsecos supra-hióideos	24
FIGURA 04 - Desenho esquemático dos músculos laríngeos extrínsecos infra-hióideos	24
FIGURA 05 – Desenho esquemático da estrutura anatômica e histológica da prega vocal do adulto	27
FIGURA 06 - Desenho esquemático da relação da membrana basal com o epitélio e a camada superficial da lâmina própria (CSLP)	28
FIGURA 07 - Imagens de videolaringoscopia em alta velocidade das pregas vocais saudáveis de uma mulher adulta emitindo a vogal sustentada /e/	30
FIGURA 08 - Padrão de vibração das pregas vocais na voz modal.....	30
FIGURA 09 – Representação esquemática de um trato vocal	32
FIGURA 10 - Representação esquemática do processo de produção de vogais fundamentado na teoria fonte-filtro.....	33
FIGURA 11 - Representação esquemática de sonograma de frequência x tempo	44
FIGURA 12 – Representação esquemática de sonograma de amplitude x tempo	44
FIGURA 13 – Sonogramas com banda estreita e banda larga de filtragem.....	45
FIGURA 14 - Representação da função de autocorrelação.....	48
FIGURA 15 - Curva de variação da frequência fundamental da nota cantada C3.....	48
FIGURA 16 - Curva de intensidade (RMS) referente às figuras 11 e 12.....	51

FIGURA 17 - Curva de intensidade dos primeiros 200 milissegundos da gravação das figuras 11 e 12	52
FIGURA 18 – Curva de harmonicidade da gravação das figuras 11 e 12.....	56
FIGURA 19 - Sonograma de uma gravação de voz masculina não treinada, emitindo a nota D62 (130.8 Hz).....	58
FIGURA 20 - Gráfico mostrando a variação das frequências dos formantes F1 e F2 ao se modificar a forma de um tubo cilíndrico	59
FIGURA 21 - Correspondência entre os centros de frequência (em kHz) do formante do cantor e seus respectivos comprimentos dos tratos vocais	61
FIGURA 22 - Variação espectral calculada para a gravação das figuras 11 e 12.....	62
FIGURA 23 – Evolução temporal do centróide espectral calculado para a gravação das figuras 11 e 12	63
FIGURA 24 – Fragmento da partitura da obra musical <i>Ave Maria</i> , de Charles Gounod/Bach.....	67
FIGURA 25 – Tela elaborada para a avaliação perceptivo-auditiva do estudo, apresentada no <i>software PRAAT 5.1.32</i>	73
FIGURA 26 - Indicação da voz (pré- ou pós-aquecimento) considerada com maior qualidade por duas fonoaudiólogas.....	76
FIGURA 27 - Indicação da voz (pré ou pós-aquecimento) considerada com maior qualidade por duas professoras de canto.....	77
FIGURA 28 - Indicação da voz (pré- ou pós-aquecimento) considerada com maior qualidade por todas as avaliadoras.....	78
FIGURA 29 - Gráficos relativos aos descritores <i>jitter</i> , <i>shimmer</i> , harmonicidade e variação espectral para as vozes pré- e pós-aquecimento	82
FIGURA 30 - Curva de variação espectral do cantor 3 pré-aquecimento.....	89
FIGURA 31 – Curva de variação espectral do cantor 3 pós-aquecimento.....	89

FIGURA 32 – Curva de F0 pré-aquecimento do cantor 3.....	90
FIGURA 33 – Curva de F0 pós-aquecimento do cantor 3	90
FIGURA 34 – Curva de harmonicidade pré-aquecimento do cantor 11	91
FIGURA 35 – Curva de harmonicidade pós-aquecimento do cantor 11.....	91
FIGURA 36 – Sonograma frequência x tempo do cantor 11 pré-aquecimento vocal.....	92
FIGURA 37 – Sonograma frequência x tempo do cantor 11 pós-aquecimento vocal	92
FIGURA 38 – Sonograma frequência x tempo do cantor 1 pré-aquecimento vocal.....	93
FIGURA 39 – Sonograma frequência x tempo do cantor 1 pós-aquecimento vocal	94
FIGURA 40 – Sonograma frequência x tempo do cantor 2 pré-aquecimento vocal.....	94
FIGURA 41 – Sonograma frequência x tempo do cantor 2 pós-aquecimento vocal	95
FIGURA 42 – Sonograma frequência x tempo do cantor 3 pré-aquecimento vocal.....	95
FIGURA 43 – Sonograma frequência x tempo do cantor 3 pós-aquecimento vocal	96
FIGURA 44 – Sonograma frequência x tempo do cantor 4 pré-aquecimento vocal.....	96
FIGURA 45 – Sonograma frequência x tempo do cantor 4 pós-aquecimento vocal	97
FIGURA 46 – Sonograma frequência x tempo do cantor 11 pré-aquecimento vocal.....	97
FIGURA 47 – Sonograma frequência x tempo do cantor 11 pós-aquecimento vocal	98
FIGURA 48 – Sonograma frequência x tempo do cantor 6 pré-aquecimento vocal.....	99
FIGURA 49 – Sonograma frequência x tempo do cantor 6 pós-aquecimento vocal	99
FIGURA 50 – Sonograma frequência x tempo do cantor 15 pré-aquecimento vocal.....	100
FIGURA 51 – Sonograma frequência x tempo do cantor 11 pós-aquecimento vocal	100
FIGURA 52 – Sonograma frequência x tempo do cantor 7 pré-aquecimento vocal.....	101
FIGURA 53 – Sonograma frequência x tempo do cantor 7 pós-aquecimento vocal	101
FIGURA 54 – Sonograma frequência x tempo do cantor 8 pré-aquecimento vocal.....	102

FIGURA 55 – Sonograma frequência x tempo do cantor 8 pós-aquecimento vocal	102
FIGURA 56 – Sonograma frequência x tempo do cantor 13 pré-aquecimento vocal.....	103
FIGURA 57 – Sonograma frequência x tempo do cantor 13 pós-aquecimento vocal	103
FIGURA 58 – Sonograma frequência x tempo do cantor 16 pré-aquecimento vocal.....	104
FIGURA 59 – Sonograma frequência x tempo do cantor 16 pós-aquecimento vocal	104
FIGURA 60 - Curva de frequência fundamental do cantor 5 pré-aquecimento.....	105
FIGURA 61 - Curva de variação da frequência fundamental do cantor 5 pós-aquecimento.....	105
FIGURA 62- Curva de variação da frequência fundamental do cantor 5 pré-aquecimento	106
FIGURA 63- Curva de variação da frequência fundamental do cantor 5 pós-aquecimento.....	106
FIGURA 64- Curva de variação da frequência fundamental do cantor 12 pré-aquecimento	107
FIGURA 65- Curva de variação da frequência fundamental do cantor 12 pós-aquecimento.....	107
FIGURA 66- Curva de variação da frequência fundamental do cantor 12 pré-aquecimento	107
FIGURA 67- Curva de variação da frequência fundamental do cantor 12 pós-aquecimento.....	108

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – MEDIDAS DE <i>JITTER</i> OFERECIDAS PELO <i>PRAAT</i>	53
TABELA 2 – MEDIDAS DE <i>SHIMMER</i> OFERECIDAS <i>PELO PRAAT</i>	55
TABELA 3 - DESCRITORES ACÚSTICOS DE VOGAL SUSTENTADA /A/ PRÉ E PÓS AQUECIMENTO VOCAL	80
TABELA 4 - VALORES SIGNIFICATIVOS DO <i>T</i> DE <i>STUDENT</i> PARA TRÊS PARAMETROS ACÚSTICOS	83

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CONCORDÂNCIA DAS JUÍZAS FONOAUDIÓLOGAS NA AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA, CONSIDERANDO AS GRAVAÇÕES CANTADAS PRÉ E PÓS-AQUECIMENTO VOCAL	76
QUADRO 2 – CONCORDÂNCIA DAS JUÍZAS PROFESSORAS DE CANTO NA AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA, CONSIDERANDO AS GRAVAÇÕES CANTADAS PRÉ E PÓS-AQUECIMENTO VOCAL.....	77
QUADRO 3 – AS MELHORES VOZES SEGUNDO A CONCORDÂNCIA ENTRE TODAS AS AVALIADORAS NA AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA	78

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISAO DE LITERATURA	21
2.1 ANATOMIA E FISIOLOGIA DA LARINGE	21
2.1.1 ESTRUTURA ANATÔMICA E HISTOLÓGICA DAS PREGAS VOCAIS	25
2.2 TEORIA MIOELÁSTICA-AERODINÂMICA.....	29
2.3 TEORIA FONTE-FILTRO DA PRODUÇÃO DAS VOGAIS	31
2.4 AQUECIMENTO MUSCULAR.....	34
2.5 AQUECIMENTO VOCAL	35
2.6 TIMBRE	40
2.6.1 QUALIDADE VOCAL	41
2.7 DESCRITORES ACÚSTICOS	43
2.7.1 FREQUÊNCIA FUNDAMENTAL (F0)	46
2.7.2 INTENSIDADE: NÍVEL DE PRESSÃO SONORA E <i>LOUDNESS</i>	49
2.7.2.1 <i>A curva de intensidade</i>	50
2.7.3 <i>JITTER</i> E <i>SHIMMER</i>	52
2.7.4 HARMONICIDADE	55
2.7.5 HARMÔNICOS E FORMANTES DOS SONS VOCÁLICOS	57
2.7.5.1 <i>Formante do cantor</i>	60
2.7.6 VARIAÇÃO (OU FLUXO) ESPECTRAL	61
2.7.7 CENTRÓIDE ESPECTRAL	62

3 METODOLOGIA	64
3.1 SUJEITOS	64
3.2 COLETA DE DADOS	66
3.2.1 AMBIENTE DE GRAVAÇÃO	66
3.2.2 AQUISIÇÃO DE DADOS	66
3.2.3 ARMAZENAMENTO DOS SINAIS	68
3.3 DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS.....	69
3.3.1 AQUECIMENTO VOCAL.....	69
3.3.1.2 <i>Descrição do aquecimento vocal</i>	70
3.4 DESCRIÇÃO DA AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA.....	72
3.5 DESCRIÇÃO DA AVALIAÇÃO ACÚSTICA.....	74
4 RESULTADOS	75
4.1 AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA	76
4.2 ANÁLISE ACÚSTICA	79
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	84
5.1 AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA	84
5.2 ANÁLISE ACÚSTICA	88
5.2.1 VARIAÇÃO ESPECTRAL.....	88
5.2.2 CENTRÓIDE ESPECTRAL	93
5.3 CANTORES EXCLUÍDOS	105
6 CONCLUSÃO	109

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
8 ANEXOS	123
Anexo 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).....	123
Anexo 2 – Anamnese para cantores	127

1 INTRODUÇÃO

Na prática fonoaudiológica, é importante a diferenciação do uso profissional da voz em duas modalidades básicas: falada e cantada. A emissão falada é considerada natural dentro de cada cultura, por ser assimilada de forma quase inconsciente desde a primeira infância, já a voz cantada exige treinamento e adaptações prévias específicas.

A voz humana é, provavelmente, o instrumento musical mais versátil e aquele capaz de produzir uma ampla variedade de sons. Essa versatilidade é refletida nos numerosos estilos de canto ao redor do mundo. O ato de cantar, seria uma “forma de expressar emoções pela voz”, de desenvolver o potencial vocal utilizando técnica específica ou não, seja em solo ou em coro (BEHLAU e REHDER, 1997). Dentre os diversos tipos de canto, destaca-se o lírico, que é reconhecido pela sua estética particular, “projeção vocal adequada”, dinâmica e qualidade vocal (CAMPOS *et al.*, 2010). Por sua vez, o cantor lírico treinado deve possuir voz considerada clara, com brilho, bela, rica em harmônicos, bem articulada e vibrante (CORDEIRO *et al.*, 2007). Essas características são geralmente associadas ao *Bel Canto*, estilo de canto originado na Escola Italiana, no fim do século XVII, que tem por princípios técnicos básicos: o controle da respiração, aperfeiçoamento da passagem entre registros e agilidade na execução de notas, e controle de uma longa extensão vocal. A base técnica objetiva a beleza, a projeção e uma equilibrada distribuição dos harmônicos na voz de um cantor (SILVA; SCANDAROLLI, 2010).

Os termos supracitados, baseados na percepção auditiva, são expressões metafóricas frequentemente utilizadas no meio musical para caracterizar uma voz (voz clara, escura, brilhante, opaca, etc). Entretanto, tal caracterização é imprecisa entre professores de canto, cantores e fonoaudiólogos, tanto pelas inúmeras classificações empregadas quanto pelo fato de que as palavras utilizadas para descrever as impressões vocais são baseadas em sensações de diversos órgãos dos sentidos. A qualidade vocal e o timbre, por serem atributos relacionados ao som e aos aspectos perceptivos da voz e de interesse para a presente pesquisa, serão colocados em questão nesta discussão.

A terminologia relacionada à classificação da qualidade vocal é muito variada e ambígua e existem poucos termos padronizados. Há abordagens voltadas para o

tipo de emissão empregada, para a divisão das vozes em registros, para características acústicas da voz, para diferenciação sutil de sons realizados por uma mesma voz etc. Muitas vezes utilizam-se os mesmos conceitos (tipos, qualidade, registro, timbre) para qualificar diferentes aspectos da emissão vocal.

Na literatura fonoaudiológica, especialmente na perspectiva clínica, entende-se por qualidade vocal o conjunto de características que identificam uma voz, relaciona-se à impressão total criada pela mesma. Entretanto, no campo das pesquisas de voz cantada, o termo timbre ou timbre vocal é comumente utilizado na literatura internacional (ERICKSON, 2008; SUNDBERG, 1994) e também é conceitualmente similar ao termo qualidade vocal.

O tipo de voz é definido pelo padrão básico de emissão vocal: ajustes motores empregados, tanto em nível de pregas vocais e laringe, quanto ao que relaciona-se ao sistema de ressonância. Behlau e Pontes (1995) listam e conceituam 23 (vinte e três) principais tipos vocais mais frequentes na clínica diária, como exemplo: voz rouca, voz áspera, voz soprosa, voz comprimida, dentre outros. Já na voz cantada, existem muitas caracterizações para uma voz, inclusive, as já citadas anteriormente.

O timbre, por sua vez, é comumente utilizado na literatura do canto, sendo conceituado na perspectiva fisiológica e acústica como resultado da união de vários sons harmônicos e dependente das cavidades de ressonância, que selecionam regiões do espectro do próprio som. O timbre está ligado ao “embelezamento” da voz, à riqueza sonora (MOREIRA, 1940). Adicionalmente a esse conceito, timbre pode ser definido como um atributo perceptivo que diferencia dois sons quando altura e intensidade são iguais e, portanto, pode ser considerado como uma medida de dissimilaridade (ERICKSON, 2008; HOLMES, 1880; SUNDBERG, 1987). Já segundo Erickson (2008), uma voz possui um conjunto de timbres, que podem ser transformados pela mudança sutil do *pitch* e do *loudness*.

Por muito tempo, a prática fonoaudiológica baseou-se na análise perceptiva da voz. Trata-se de uma avaliação clínica tradicional de caráter impressionístico (voz rouca, soprosa, comprimida etc) e qualitativo utilizada para descrever o sinal vocal (DE BODT *et al.*, 1996; FAWCUS, 2001). A avaliação perceptivo-auditiva é a avaliação clássica da qualidade vocal, tradicional na prática clínica e soberana na rotina fonoaudiológica (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES, 2001; FEX, 1992).

Pelo fato de a avaliação perceptivo-auditiva resultar em dado subjetivo e

depende da percepção particular de cada ouvinte, tentou-se encontrar um meio de avaliação mais preciso (BEHLAU, 1997). Com a evolução da informática surgiram os laboratórios de voz¹, que contam com análises mais objetivas da voz (BAKEN; ORLIKOFF, 2000). Tais análises refletem uma mínima interferência do avaliador nos resultados obtidos.

A avaliação acústica é complementar à análise perceptivo-auditiva e é um poderoso instrumento para o detalhamento da função vocal do indivíduo (KENT; READ, 1996). Os parâmetros usualmente avaliados tem sido: frequência fundamental (F0) e seus índices de perturbação (*jitter e shimmer*), medidas de ruído e avaliação global do traçado espectrográfico, com análise da distribuição dos harmônicos no espectro e dos formantes do som; níveis de pressão sonora da voz falada e extensão de frequências. Vale uma breve conceituação das medidas de perturbação, *jitter* e *shimmer*, para melhor entendimento do texto: *jitter* representa a variação de periodicidade da frequência fundamental e *shimmer* a variação de periodicidade de amplitude (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES, 2001), os mesmos serão detalhados adiante.

A saúde vocal do cantor necessita de cuidados básicos para que haja longevidade da voz e menores riscos de problemas funcionais ou orgânicos no aparelho fonador (JACKSON, 1987). Diante disso, o aquecimento vocal mostra-se essencial para todo cantor, para a saúde, longevidade e melhora do desempenho vocal, de qualquer estilo e demanda musical. No entanto, a literatura mostra-se ainda bastante tímida no que diz respeito às justificativas fisiológicas para tal aquecimento e, segundo Gish *et al.* (2010), conflitante também no que diz respeito à eficácia, duração, frequência e ainda sobre os exercícios vocais amplamente utilizados para tanto. Segundo Sataloff (1991), o aquecimento vocal desenvolve a consciência cinestésica/proprioceptiva muscular do corpo no espaço e a consciência dos músculos responsáveis pela *performance* no canto.

O texto que se segue discute os resultados da aplicação de um aquecimento vocal padrão a todos os participantes do presente estudo (detalhado no capítulo 3 – Metodologia), organizado pela pesquisadora, baseado em técnicas anteriormente descritas na literatura, com contribuições da professora de canto da Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Luciana Monteiro de Castro

¹ Espaço físico com parâmetros ambientais controlados e equipados com instrumentação adequada para coleta, armazenamento, processamento e análise de vozes.

Silva Dutra. As análises baseiam-se em avaliação subjetiva da qualidade vocal e de análise de parâmetros acústicos de amostras de vogal sustentada ([a]) e voz cantada de cantores líricos (frase inicial da obra musical Ave Maria, de Charles Gounod/Bach). Na análise da vogal sustentada, além dos tradicionais parâmetros de frequência fundamental, *jitter* e *shimmer*, cujos resultados se aplicam à totalidade do sinal analisado, foram também utilizadas a evolução temporal e a média global (quando pertinente) de diversos descritores acústicos: frequência fundamental, envelope dinâmico, curva de ataque, harmonicidade, distribuição espectral, variação espectral e centróide.

Esta dissertação está organizada em capítulos, sendo apresentada com a seguinte estrutura: capítulo 1 – Introdução, parte inicial do texto em que o tema é delimitado sucintamente; capítulo 2 – Revisão Bibliográfica, dividida em seções e subseções, e contém a exposição ordenada e pormenorizada do assunto do estudo; capítulo 3 – Metodologia, estão descritas as etapas e procedimentos estabelecidos para o desenvolvimento da pesquisa, de maneira minuciosa; capítulo 4 – Resultados, acontece a apresentação dos resultados obtidos, de forma objetiva; capítulo 5 – Discussão, é realizada uma análise dos resultados obtidos a partir de uma fundamentação na literatura do tema proposto, as discussões podem convergir a favor ou contra a literatura pesquisada; capítulo 6 – conclusão, parte final do texto em que é feita uma avaliação sucinta dos resultados que corresponderam aos objetivos e/ou hipóteses propostos e os que não foram satisfatórios ou inconclusivos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ANATOMIA E FISIOLOGIA DA LARINGE

A laringe é um órgão extremamente complexo do corpo humano, responsável por importantes atividades fisiológicas, tais como a respiração, deglutição (proteção de vias aéreas) e fonação. No adulto, a laringe localiza-se no nível da sexta e sétima vértebras cervicais (C6 e C7), logo acima da traquéia. É constituída por um arranjo de cartilagens, músculos, membranas, mucosa e osso hióide (figura 01) (BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2001; HUCHE; ALLALI, 1999; PINHO; PONTES, 2008). O osso hióide não se articula com nenhum outro osso, possuindo somente inserções musculares e ligamentares (PETER *et al.*, 2001).

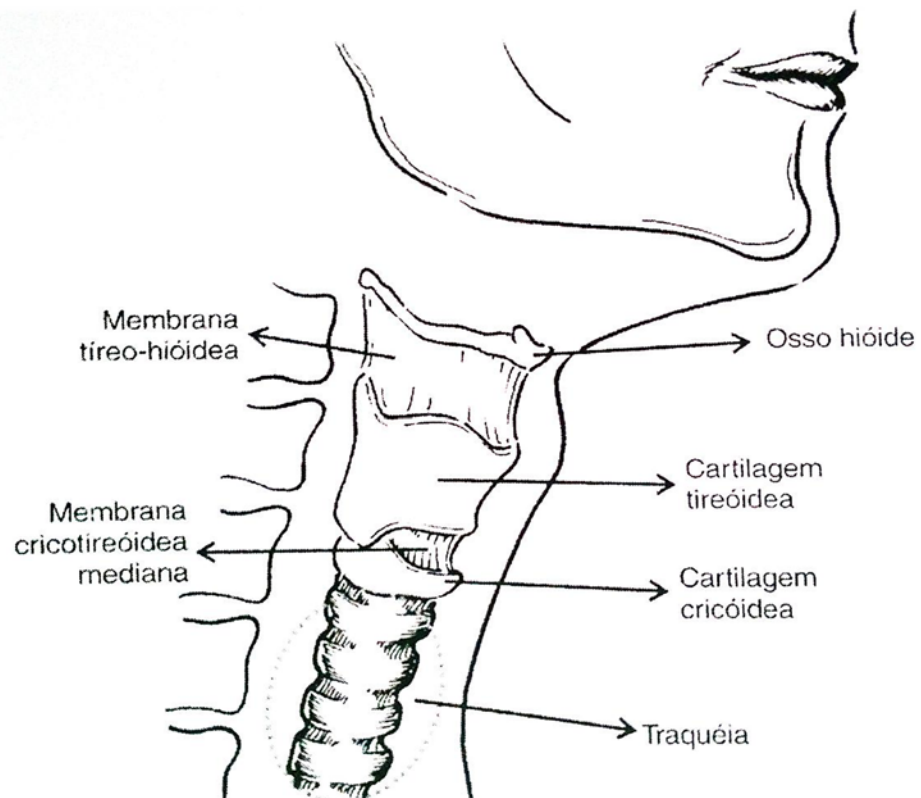


Figura 01 – Desenho esquemático da laringe e do seu posicionamento no pescoço (adaptado de BEHLAU, AZEVEDO & MADAZIO, 2001).

A laringe divide-se em três espaços: supraglote, glote e infraglote. A glote é o espaço entre as pregas vocais, com altura de aproximadamente 1 cm no adulto, o som vocal é produzido neste espaço, sendo acrescido de ressonância na supraglote. Esta, por sua vez, é constituída por estruturas localizadas acima da glote. Já a infraglote inicia-se logo abaixo da glote e o seu limite inferior é o primeiro anel traqueal (BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2001; PINHO; PONTES, 2008).

Não é de interesse para o presente estudo realizar uma extensa revisão bibliográfica acerca da anatomofisiologia laríngea, mas sim conferir um breve enfoque aos músculos que compõem a mesma, para melhor entendimento da proposta metodológica do aquecimento vocal, visto que a voz depende fundamentalmente da atividade muscular de todos os músculos laríngeos.

A musculatura intrínseca relaciona-se diretamente ao controle de vibração das pregas vocais, ou seja, no ajuste da fonte glótica (PINHO; PONTES, 1991; PINHO, 2003) e possui origem e inserção na laringe (NETTER, 2008). Por sua vez, a musculatura extrínseca é composta por músculos inseridos nas cartilagens laríngeas, entretanto, provenientes de estruturas não laríngeas. Possui a função básica de manter a laringe no pescoço, o que favorece o trabalho da musculatura intrínseca e ainda constitui um mecanismo secundário no controle da frequência da voz, justificada pela movimentação de elevação e abaixamento da laringe no pescoço, que promove alteração do ângulo entre as cartilagens e tensão entre elas (HUCHE; ALLALI, 1999). Pinho e Pontes (2008) afirmam que cada músculo intrínseco da laringe possui direção de tração específica, controlando de forma balanceada a posição das cartilagens, o que resulta em uma variedade de movimentos e formas das pregas vocais. Inamura *et al.* (2006) e Zemlim (2000) reforçam a idéia de que esses músculos, aliados aos extrínsecos, trabalham de forma simultânea e harmônica durante a fala e o canto. A seguir, estão descritos os 5 principais:

Os tiroaritenóideos (TA) são os tensores longitudinais da superfície mucosa das pregas vocais (PINHO; PONTES, 2008), responsáveis por encurtar, enrijecer e aduzir o terço posterior das pregas vocais (SATALOFF *et al.*, 2002); os cricótireóideos (CT) são denominados como os principais tensores e responsáveis pelo alongamento das pregas vocais (BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2001; PINHO, 2003; PINHO; PONTES, 2008), diminuindo a massa em vibração, aumentando a tensão e elevando a frequência fundamental; os cricoaritenóideos

laterais (CAL) e o aritenóideo (A) são considerados como adutores das pregas vocais, sendo que os primeiros aduzem (fecham) a porção anterior da glote, e o segundo tem ação principal na adução da parte posterior das pregas vocais; e por fim, os cricoaritenóideos posteriores (CAP) atuam durante a respiração promovendo a abdução (abertura) das pregas vocais (figura 02) (BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2001; PINHO; PONTES, 2008).

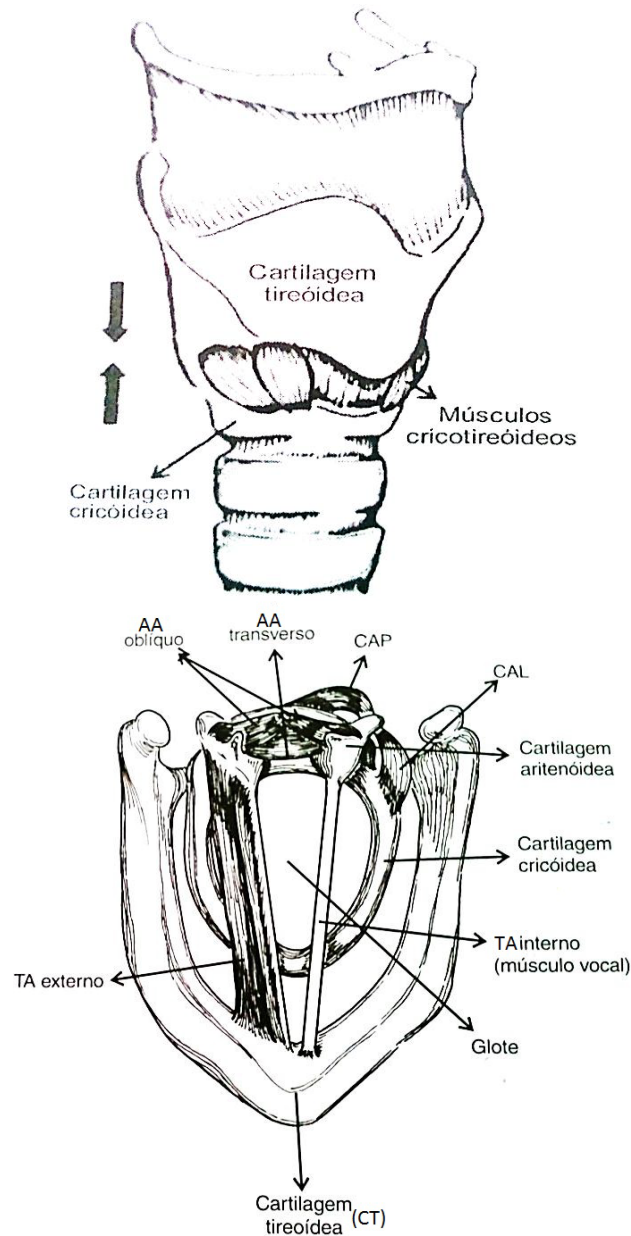


Figura 02 – Desenho esquemático dos músculos intrínsecos da laringe em visão lateral e superior: CT – cricotireóideo; TA – tireoaritenóideo; CAL – cricoaritenóideo lateral; CAP – cricoaritenóideo posterior; AA – aritenóideo (adaptado de BEHLAU, AZEVEDO & MADAZIO, 2001).

A musculatura extrínseca da laringe divide-se em músculos supra-hióideos (figura 03) e infra-hióideos (figura 04), de acordo com sua inserção no osso hióide e sua função principal (HUCHE; ALLALI, 1999).

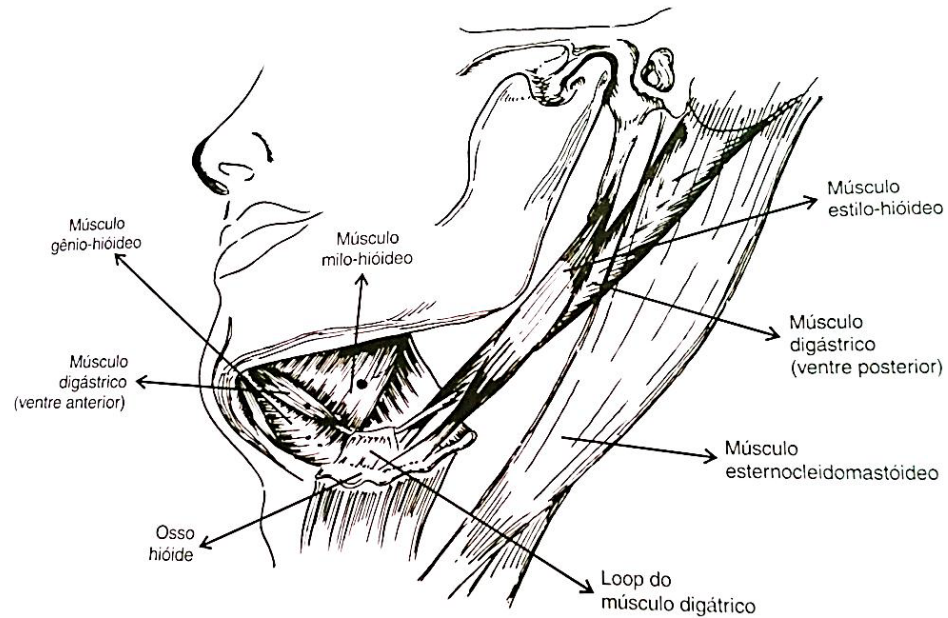


Figura 03 - Desenho esquemático dos músculos laríngeos extrínsecos supra-hióideos (adaptado de BEHLAU, AZEVEDO & MADAZIO, 2001).

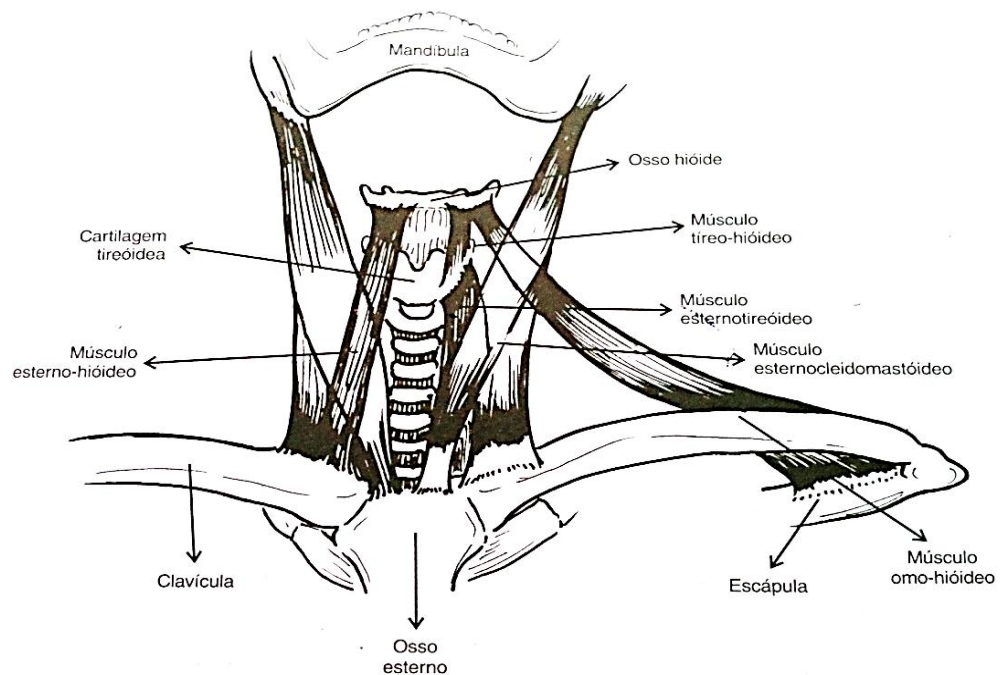


Figura 04 - Desenho esquemático dos músculos laríngeos extrínsecos infra-hióideos (adaptado de BEHLAU, AZEVEDO & MADAZIO, 2001).

Resumidamente, os músculos supra-hióideos elevam a laringe no pescoço: estilo-hióideo, digástrico, milo-hióideo, gênio-hióideo, genioglosso e hioglosso. Por outro lado, os músculos infra-hióideos abaixam a laringe, são eles: esterno-hióideo, esternotireóideo, tíreo-hióideo e omo-hióideo (BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2001; NETTER, 2008; PINHO, 1998). Diante da importância funcional do músculo esternocleidomastóideo, faz-se aqui um adendo: o mesmo não enquadra-se em nenhuma das classificações anteriores por pertencer à face lateral do pescoço, na região anterolateral.

Na atualidade, existem muitas controvérsias sobre a ação exata de cada músculo extrínseco e a sua ação conjunta durante a produção vocal, e alguns autores afirmam a importância dessa musculatura. O enfoque será conferido aqui para a voz cantada. Lovetri *et al.* (1999) e Pinho (2003) dizem que tais músculos são ativos nas mudanças de altura da laringe e em outras configurações de ajustes vocais, interferindo nos diferentes registros vocais. Vilkman (1996) relata que os músculos supra-hióideos participam na produção de notas agudas no canto e os infra-hióideos, das notas graves; diz também que o cricofaríngeo contribui para que o cricotireóideo alongue as pregas vocais. Peter *et al.* (2001) concluíram que qualquer movimento das estruturas interligadas à musculatura extrínseca influenciará a forma das pregas vocais; e deduziram que para produção efetiva da voz, os músculos laríngeos intrínsecos e extrínsecos precisam realizar contrações em conjunto.

2.1.1 ESTRUTURA ANATÔMICA E HISTOLÓGICA DAS PREGAS VOCAIS

Na década de 70, Minoru Hirano (1974) (HIRANO, 1993 e 1996), demonstrou que a estrutura da prega vocal é organizada em camadas e que cada camada possui propriedades mecânicas diferentes. Esse autor introduziu a teoria "corpo-cobertura", segundo o qual as cinco regiões histológicas das pregas vocais são agrupadas em três camadas baseadas em suas propriedades mecânicas, a saber: cobertura (epitélio + camada superficial da lâmina própria); camada de transição (camadas intermediária + profunda da lâmina própria) e corpo (músculo vocal) (Figura 5).

A cobertura é composta pela mucosa, com suas camadas epiteliais e lâmina própria, sendo essas divididas em superficial, intermediária e profunda. O revestimento epitelial da laringe é de epitélio respiratório (cilíndrico ciliado pseudo-estratificado). O tecido epitelial da mucosa é escamoso estratificado não-queratinizado, que é resistente, e tem a função de cobrir e manter a forma da prega vocal. A zona da membrana basal é uma importante estrutura considerada área de transição entre o epitélio e a camada superficial da lâmina própria, responsável pela aderência do mesmo à lâmina própria da mucosa, e composta por diferentes tipos de fibras colágenas e de proteínas.

A lâmina própria da mucosa é composta, principalmente, por matriz extracelular e vasos sanguíneos dispostos paralelamente à sua borda livre. A matriz é sintetizada pelos fibroblastos e é constituída por fibras colágenas, fibras elásticas, ácido hialurônico e fibronectina. As fibras colágenas são as responsáveis pela absorção da força de estiramento aplicada sobre a prega vocal e são relevantes no aumento global da resistência da prega (GRAY *et al.*, 2003). As fibras elásticas são componentes que cedem facilmente a trações mínimas, retomando à sua forma inicial tão logo cessem as forças deformantes (RAMOS *et al.*, 2005), e sua configuração é paralela à borda livre da prega vocal (MELO; TSUJI, 2006).

A fibronectina é uma molécula de adesão (glicoproteína), também responsável pela regeneração e reparação tecidual, e seu aumento contribui para a formação de fibrose no lugar da lesão (MELO; TSUJI, 2006; GRAY; HAMMOND; HANSON, 1995) implicando na falta de propagação da onda mucosa.

O ácido hialurônico atua como regulador das propriedades viscoelásticas das pregas vocais, com a função de regulação do conteúdo de água, permitindo a absorção de choques, e protegendo as bordas das pregas vocais do trauma vibratório ocasionado durante a fonação (MELO; TSUJI, 2006). Há sugestões de que a substância contribui para a manutenção da boa viscosidade e rigidez das pregas vocais, o que facilitaria a fonação e o controle da frequência fundamental, respectivamente (CHAN *et al.*, 2001).

Sequencialmente, a camada superficial, também conhecida como espaço de *Reinke*, é um tecido que, de forma homogênea, se localiza na adjacência do epitélio e que possui limites profundos bem nítidos. A mesma possui poucos elementos e é a que vibra mais intensamente com amplitude de deslocamento durante a fonação.

Abaixo da superficial está a intermediária, mais densa que a anterior e composta principalmente por fibras elásticas; enquanto que a profunda (última da lâmina própria) é a mais densa delas e constitui-se especialmente de fibras colágenas. É importante salientar que o ligamento vocal é formado pela junção das camadas intermediária e profunda, e tem a função de “cobrir” o músculo vocal.

Por fim, a quinta e última camada da prega vocal é constituída pelo músculo tiroaritenóideo, o músculo vocal, que se assemelha aos demais músculos estriados esqueléticos do corpo humano (Figura 6).

A partir do que foi exposto, torna-se possível compreender o conceito de corpo-cobertura proposto por Hirano, segundo o qual as cinco camadas histológicas da prega vocal são divididas em duas camadas baseadas não na histologia, como foi descrito anteriormente, mas nas propriedades mecânicas da prega vocal. A teoria de vibração corpo-cobertura indica a estabilidade do corpo, músculo e ligamento vocal (relativamente rígido e pesado), *versus* a flexibilidade das camadas elásticas da lâmina própria e do epitélio (cobertura). Ou seja, durante a fonação, a cobertura da prega vocal move-se flexivelmente (de acordo com a quantidade de tecido vibrátil), apoiando-se no corpo, que a mantém com seu tônus e estabilidade.

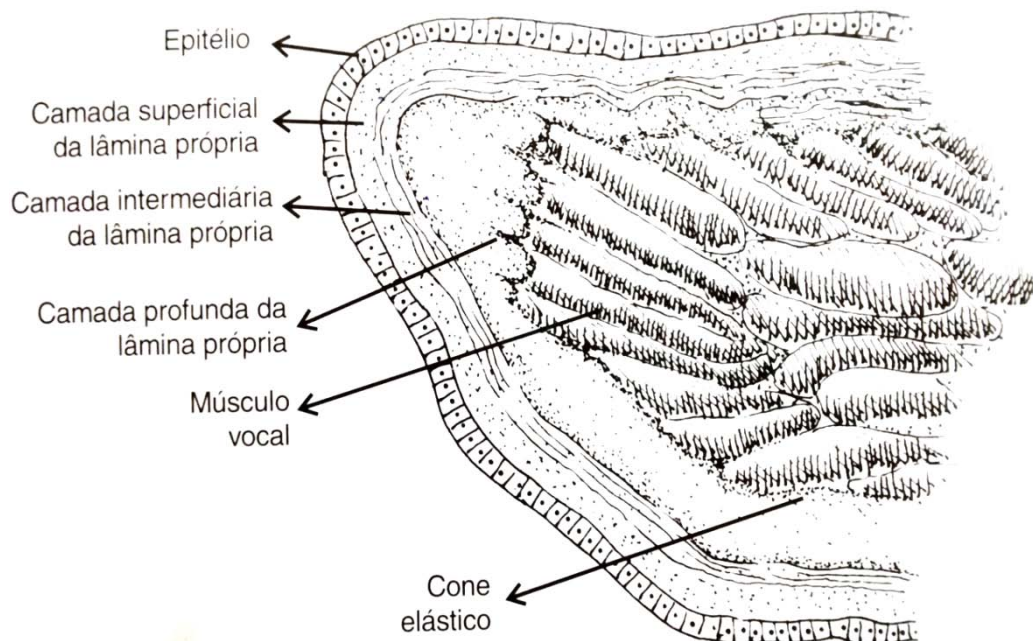
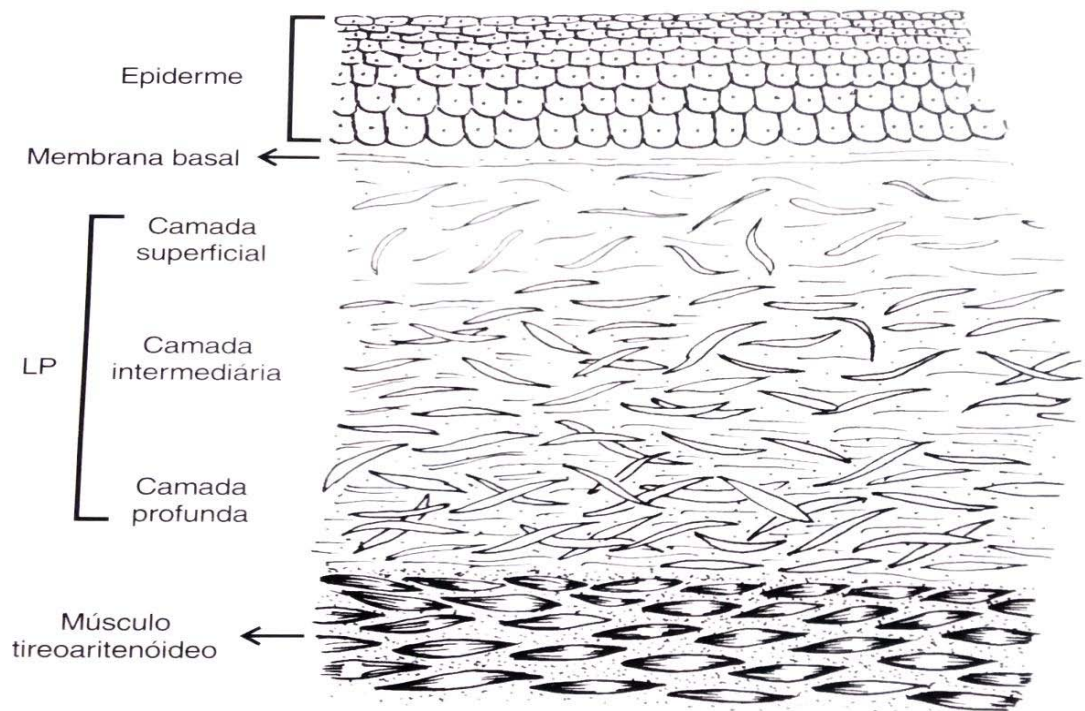


Figura 05: Desenho esquemático da estrutura anatômica e histológica da prega vocal do adulto, em secção coronal (adaptado de BEHLAU, AZEVEDO & MADAZIO, 2001).



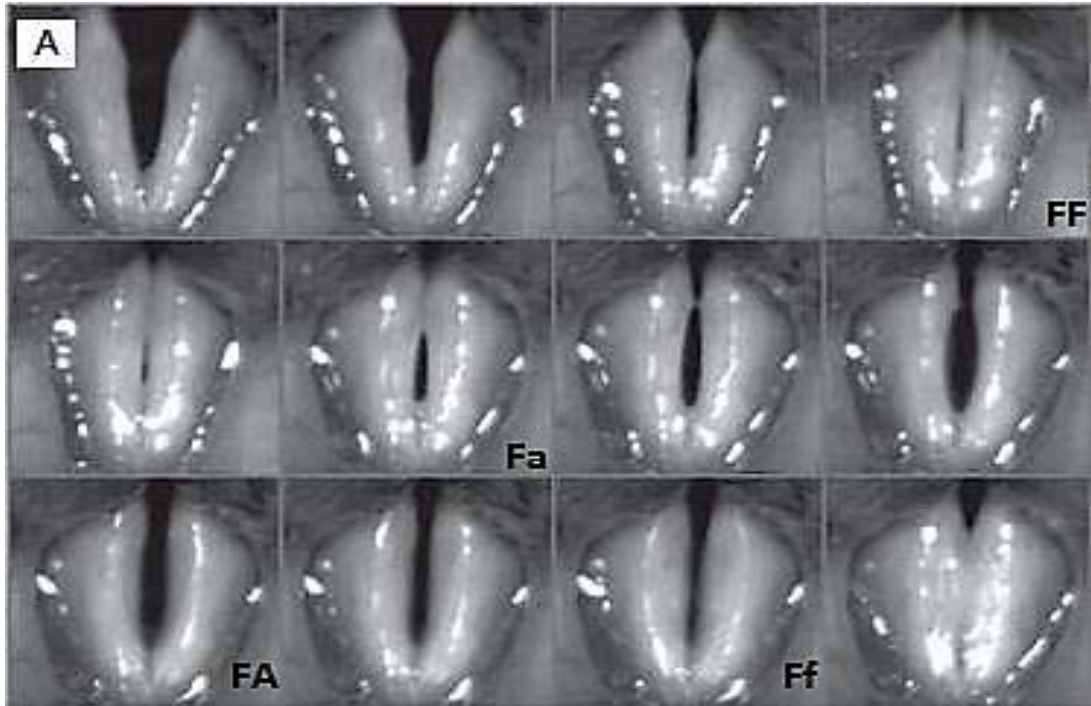
Legenda: LP – lâmina própria.

Figura 06: Desenho esquemático da relação da membrana basal com o epitélio e a camada superficial da lâmina própria (CSLP). Pode-se observar que a CSLP possui poucos elementos e na medida em que as camadas vão aproximando-se do músculo vocal, há um aumento de fibras e elementos. Na camada intermediária há um predomínio de fibras elásticas (“elásticos moles”) e na profunda de fibras colágenas (resistentes) (adaptado de BEHLAU, AZEVEDO & MADAZIO, 2001).

2.2 TEORIA MIOELÁSTICA-AERODINÂMICA

A teoria mioelástica-aerodinâmica, estabelecida por Van Den Berg, no ano de 1954 (TITZE, 1980), é a mais aceita para explicar a produção vocal. Essa teoria relaciona as forças mioelásticas (músculos laríngeos) e aerodinâmicas (forças físicas aerodinâmicas da respiração que são aplicadas na cobertura das pregas). Utiliza-se nessa explicação o efeito de *Bernoulli*, que relaciona o aumento da velocidade das partículas de ar, ao passarem pela laringe, com uma queda brusca de pressão entre as pregas vocais, fazendo com que as mesmas aproximem-se entre si, seguidas por um retrocesso elástico dos tecidos, que possibilita nova adução glótica e recomeço de novo ciclo vibratório. No caso da laringe, as diferenças histológicas das pregas vocais (onde o epitélio e a camada superficial da lâmina própria são elasticamente mais flexíveis que a camada profunda e músculo vocal) permitem que uma onda mecânica se forme na sua superfície pela ação da pressão aerodinâmica. Assim, a energia aerodinâmica age como uma fonte de que equipara-se ou supera as forças de amortecimento do músculo.

O modelo citado acima pode ser utilizado para descrever a vibração das pregas vocais, detalhadamente: estas se aproximam (ajuste pré-fonatório) e criam resistência à passagem do ar, momento em que a pressão subglótica é maior que a supraglótica. Tendo em vista que o ciclo glótico inicia-se de baixo para cima, a fase de abertura da borda inferior das pregas vocais inicia-se quando a pressão subglótica se intensifica a ponto de ser maior que a resistência glótica. À medida em que o ar começa a passar rapidamente entre as pregas vocais (fluxo aéreo transglótico) estabelece-se a abertura das pregas vocais e ocorre um deslocamento das bordas superiores, o que promove modificação das pressões sub e supraglótica (queda brusca da pressão entre as bordas inferiores), e reaproximação das bordas inferiores das pregas, iniciando o momento de fechamento (COLTON, 1994; TITZE, 1994). Portanto, esquematicamente, os ciclos vibratórios dividem-se em quatro fases: fase fechada, fase de abertura, fase aberta e fase de fechamento (figuras 7 e 8).



Legenda: FF – fase fechada; Fa – fase de abertura; FA - fase aberta; Ff - fase de fechamento.

Figura 07: Imagens de videolaringoscopia em alta velocidade das pregas vocais saudáveis de uma mulher adulta emitindo a vogal sustentada /e/. (A) Quadros da sequência de um ciclo glótico, representando as fases dos ciclos vibratórios (Adaptado de PIMENTA *et al.*, 2013).

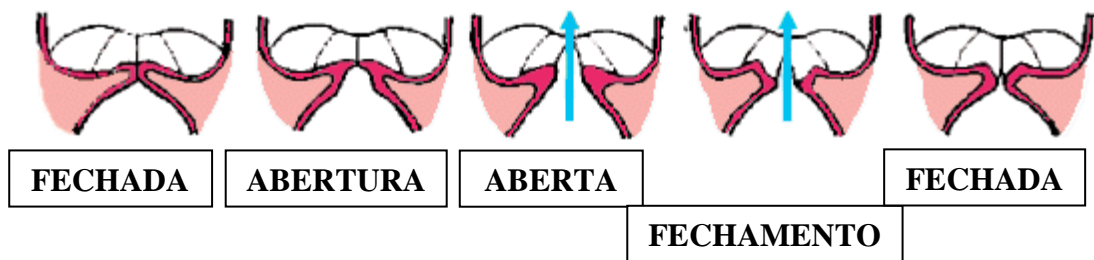


Figura 08: padrão de vibração das pregas vocais na voz modal. A partir da esquerda: as pregas vocais estão inicialmente fechadas, com o aumento do fluxo aéreo (glote ainda fechada), a pressão intraglótica aumenta enquanto as bordas inferiores afastam-se. Com o aumento da pressão intraglótica, as bordas superiores separam-se e o ar flui através da glote. Com a rápida passagem do fluxo de ar, ocorre uma queda na pressão intraglótica (Efeito *Bernoulli*), ocasionando em rápida aproximação das bordas inferiores até que as pregas vocais retornem ao padrão de fechamento e o ciclo repete-se na frequência fundamental (F_0) (Adaptado de HIRANO, 1981).

2.3 TEORIA FONTE-FILTRO DA PRODUÇÃO DAS VOGAIS

Tendo por base estudos preliminares, Gunnar Fant desenvolve e publica a sua Teoria Acústica de Produção da Fala, em 1970. Esta teoria relaciona três fenômenos acústicos: fonte sonora, filtro acústico e radiação. Para melhor entendimento da combinação desses fenômenos, hipoteticamente não dependentes, segue uma breve explicação: para qualquer som produzido no aparelho fonador, existe uma fonte sonora (ou de ruído), que proporciona a entrada de energia acústica no sistema; e também um filtro, que responsabiliza-se por modificar e amplificar seletivamente (filtrar) os sons provenientes desta fonte, os quais serão irradiados (efeito de radiação) pela boca (FANT, 1970; TITZE, 1994).

A fonte sonora pode ter sua origem associada a três fatores: vozeamento, ruído turbulento do ar originado por constrição e combinação das duas fontes citadas anteriormente. No que diz respeito ao vozeamento, o som é produzido exclusivamente pela vibração das pregas vocais, e constitui a fonte de energia sonora necessária à produção das vogais (FANT, 1970). O ruído turbulento está relacionado à produção das consoantes pelo estreitamento, como no caso das consoantes fricativas (e.g., [s] e [f]), ou pela obstrução dos articuladores do trato vocal à passagem do ar como no caso das plosivas/oclusivas (e.g., [p] ou [t]) e, nesses casos, as pregas vocais não são utilizadas como fonte. Por sua vez, o ruído glótico está relacionado fisiologicamente à superposição de vários movimentos de vibração com diferentes frequências, as quais não apresentam relação entre si e ocasiona um sinal acústico sem periodicidade. E, por fim, é possível a combinação de sons vozeados pelas pregas vocais e de um ruído turbulento gerado por constrição do trato vocal, originando as consoantes vozeadas, como por exemplo, as [v], [z]. É importante frisar que por meio da vibração das pregas vocais é produzida uma série de ondas relativamente periódicas e complexas, sendo que o número de ciclos dessas ondas determina, em Hz, o valor frequência fundamental de uma voz, F_0 , e uma série harmônica, em que cada componente harmônico é um múltiplo inteiro de F_0 (ver detalhes na seção dos “Descritores Acústicos”).

Já o filtro é comparado a um tubo (Figura 09) que contém um dos lados abertos, representando a boca e o outro fechado, representando as pregas vocais. O

tubo é o ressonador que irá interagir sobre o som de vibração das pregas vocais modificando seletivamente as frequências de acordo com a forma e comprimento do mesmo (“forma”).

As frequências de ressonância são denominadas de formantes e são representados por picos no espectro sonoro, que caracterizam o filtro oral. Tradicionalmente, o trato vocal possui quatro ou cinco formantes mais relevantes, os quais sofrerão o efeito de radiação e serão irradiados em todas as direções ao sair da boca. Nesse processo, ocorre uma nova filtragem do tipo passa-altas, pois há uma tendência de as altas frequências propagarem-se em linha reta, enquanto que as baixas tendem a se difratar (espalhar). Portanto, a uma longa distância do locutor, predominam as altas frequências (FANT, 1970). A figura 10 mostra o processo de produção das vogais como um todo e ilustra o que foi dito anteriormente.

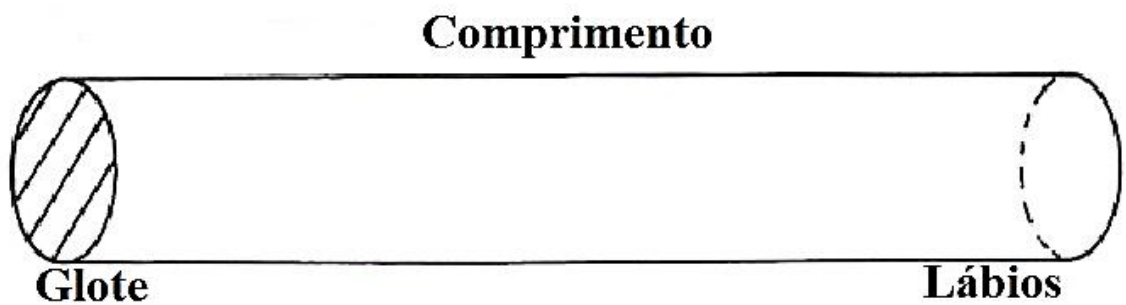


Figura 09 – Acima, um tubo uniforme com um dos lados fechados, simulando o trato vocal (adaptado de KENT; READ, 1992).

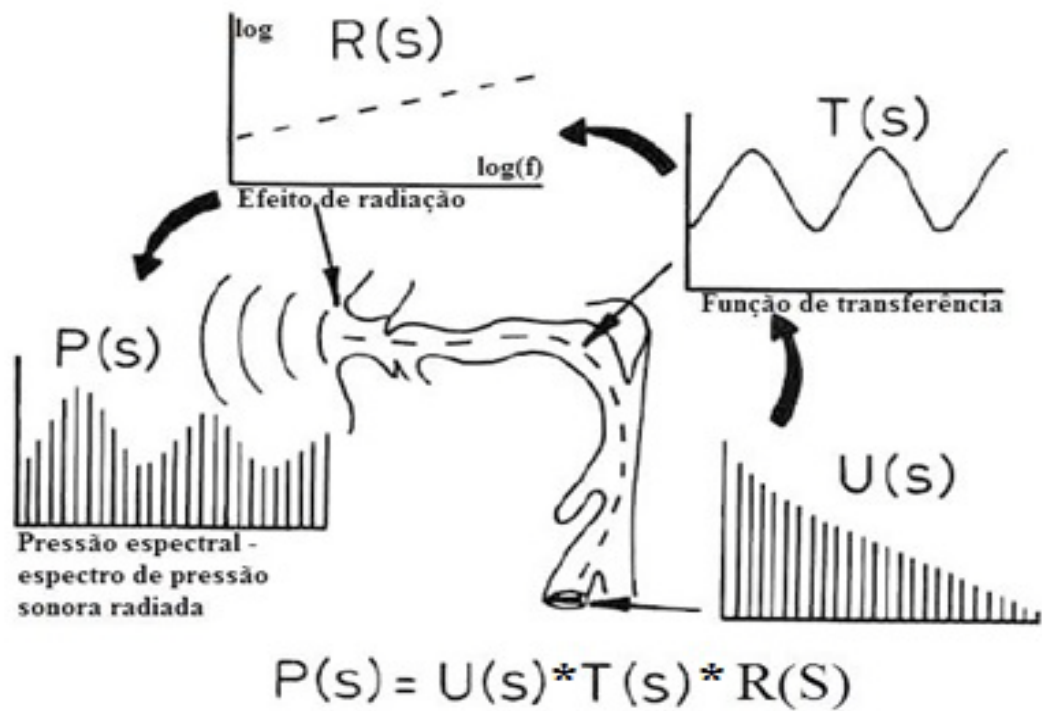


Figura 10 – Representação esquemática do processo de produção de vogais fundamentado na teoria fonte-filtro. A equação diz que a pressão espectral $P(s)$ é o resultado do espectro produzido pela fonte glótica (pregas vocais), modificada pela função de transferência $T(s)$ do trato vocal e pelo efeito de radiação $R(s)$. Pelo (s) entende-se diferentes frequências amplificadas ou produzidas durante todo o processo (Adaptado de KENT; READ, 1992).

2.4 AQUECIMENTO MUSCULAR

É importante que se faça, no presente estudo, uma referência ao aquecimento muscular no esporte. De acordo com Weineck (1991), de forma geral, o aquecimento muscular prepara a musculatura corporal para o esporte, ao estimular o desempenho de cada sistema funcional e estabelecer o momento adequado para seu funcionamento, a fim de que o organismo possa atingir o seu desempenho máximo e a prevenção do aparecimento de lesões. Além disso, o aquecimento promove otimização da circulação sanguínea na região da musculatura, proporcionando melhor abastecimento de oxigênio e substratos, o que previne uma fadiga prematura. Portanto, com o aquecimento, a musculatura tem condições de apresentar um desempenho metabólico máximo, alcançando a temperatura ideal, e as reações fisiológicas decisivas para que um bom desempenho motor transcorram de maneira eficiente. No que diz respeito ao tempo do aquecimento muscular no esporte, este gira entre 20 e 45 minutos; já o tempo entre o fim do aquecimento e o início da atividade deve ser de 5 a 10 minutos, pois neste período a temperatura dos músculos ainda não caiu e o efeito do aquecimento ainda perdura; o efeito de tal atividade desaparece completamente após 45 minutos do seu início.

2.5 AQUECIMENTO VOCAL

O aquecimento vocal corresponde à realização de uma série de exercícios respiratórios e vocais, cuja finalidade, em especial, é aquecer a musculatura da laringe antes de uma atividade mais intensa para evitar sobrecarga, o uso inadequado, um quadro de fadiga vocal ou uma lesão nas pregas vocais (COSTA; ANDRADA E SILVA, 1998; MULLER, 1990). A maioria dos protocolos também incluem exercícios de relaxamento muscular (GISH *et al.*, 2010). Elliot *et al.* (1995) afirmam que, embora os efeitos subjetivos dos exercícios de aquecimento vocal sejam aceitos, tais como os relatados pelos participantes do estudo (melhora no timbre vocal, maior facilidade para cantar, “voz mais obediente”), os fisiológicos não foram precisamente consensuais.

Não existe um consenso entre o tempo e a intensidade de aquecimento vocal entre os autores (BEHLAU *et al.*, 1996; COSTA; ANDRADA E SILVA, 1998; SATALOFF, 1991). Esses fatores devem ser ajustados de acordo com a idade e o treinamento dos profissionais.

No tocante à fisiologia laríngea, acredita-se que o aquecimento vocal diminua a viscosidade nas pregas vocais, devido à tendência do aquecimento aumentar a temperatura muscular e o fluxo sanguíneo para os músculos envolvidos (ELLIOT *et al.*, 1995; FEX, 1992). O estudo de Elliot *et al.* (1995) investigou se o efeito de um aquecimento vocal seria capaz de induzir a diminuição do limiar de pressão fonatória (LPF), cujo conceito foi definido pelos autores como a mais baixa pressão aérea subglótica capaz de iniciar a vibração das pregas vocais. O autores assumiram que os efeitos produzidos pelo aquecimento vocal na musculatura laríngea é o mesmo que em outros músculos, ou seja, um aumento da temperatura muscular resulta em um abaixamento da viscosidade. Os resultados sugeriram que a diminuição da viscosidade no músculo vocal não foi consistentemente correlacionada com a diminuição do LPF. E que este, depende de outros fatores (velocidade de onda da cobertura e largura da glote pré-fonatória), os quais podem ser influenciados pelo aquecimento vocal.

Existem ainda sugestões de que o aquecimento vocal possibilite adequada coaptação³ da mucosa das pregas vocais, resultando em qualidade vocal com maior número de componentes harmônicos; além disso, oferece às pregas vocais maior flexibilidade de alongamento e encurtamento durante as variações de frequência; deixa a cobertura menos rígida, proporcionando maior habilidade ondulatória; oferece maiores intensidade e projeção à voz, e favorece a articulação dos sons; proporcionando, portanto, melhores condições gerais de produção vocal (BEHLAU *et al.*, 1996).

Segundo estudo recente, realizado por Gish *et al.* (2010), cinquenta e quatro por cento (54%) da população pesquisada (117 participantes) faz o uso do aquecimento vocal antes de cantar, sendo que, comumente, as mulheres tendem a empregar os exercícios de aquecimento mais frequentemente que os homens, e ainda, com maior duração das sessões. Apesar de não haver consenso entre os exercícios usados pelos cantores em um aquecimento vocal, o referido estudo sugeriu preferências, tais como: escalas ascendentes/descendentes de cinco notas, escalas de oitavas ascendentes/descendentes, arpejos em legato e glissandos.

As técnicas utilizadas na presente pesquisa foram transformadas em sequências predeterminadas de exercícios, com a finalidade específica de se elaborar um programa de aquecimento vocal para cantores líricos. É importante ressaltar que toda técnica baseia-se em um método (concepção filosófica), que tem por objetivo alcançar uma melhor produção vocal (BEHLAU *et al.*, 2005). Faz-se necessário esclarecer aqui, que não faz parte do objetivo da pesquisa criar um programa de aquecimento vocal, frente a tantas especificidades das vozes cantadas, mas sim, incluir técnicas que contribuem, de alguma forma, para a melhora da produção vocal, e cujos benefícios já foram comprovados na literatura. Para melhor entendimento do programa de aquecimento proposto, segue-se a definição dos exercícios vocais escolhidos.

A técnica de movimentos cervicais é uma das mais conhecidas da terapia de voz (SOARES; PICCOLLOTO, 1980 *apud* BEHLAU *et al.*, 2005) e utiliza-se de diversos exercícios cervicais, associados ou não a sons, que contribuem para uma emissão normotensa, devido ao fato de que a simples movimentação da cabeça

³ Termo utilizado na literatura fonoaudiológica, é indicativo de “fechamento” das pregas vocais. Ou “aproximação ou adaptação de partes que estavam separadas” (Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa).

auxilia no relaxamento da laringe e na organização muscular como um todo. A técnica de rotação de ombros torna-se mais efetiva quando associada à emissão de um som facilitador (exemplo, som vibrante), e tem como objetivo a redução da tensão da musculatura da cintura escapular e pescoço, permitindo maior expansão torácica, o que facilita a coordenação pneumofônica e, conseqüentemente, uma emissão mais equilibrada. Ambas as técnicas enquadram-se no MÉTODO CORPORAL (BEHLAU *et al.*, 2005) que por sua vez, baseia-se em técnicas que envolvem movimentos corporais, sejam globais ou por meio de ações específicas sobre o esqueleto laríngeo.

A técnica de rotação de língua no vestibulo bucal é empregada para reduzir as constrictões do trato vocal, reposicionar a língua e laringe, e ampliar a faringe, o que contribui para o aumento da ressonância oral. Já a técnica de deslocamento lingual (anteriorização) privilegia a liberação da faringe, a fim de desativar algum ajuste motor inadequado, contribuindo para a anteriorização da ressonância e, conseqüentemente, maior projeção vocal. As referidas técnicas compõem o MÉTODO DE ÓRGÃOS FONOARTICULATÓRIOS (BEHLAU *et al.*, 2005), o qual permite o aproveitamento de uma série de procedimentos usuais da área de motricidade oral, como exercícios de lábios, língua, bochechas, mandíbula e musculatura faríngea, órgãos estes chamados fonoarticulatórios e que participam da produção vocal.

Por sua vez, as técnicas que compõem o MÉTODO DE SONS FACILITADORES, também chamados de sons facilitadores da emissão (BEHLAU; PONTES, 1990), agem de modo direto na fonte glótica, o que favorece um melhor equilíbrio funcional da produção vocal, ou seja, melhoram a interação entre a fonte do som e os filtros no trato vocal (BEHLAU *et al.*, 2005); são de particular interesse nesta pesquisa, as técnicas de sons fricativos, a de sons nasais e a de sons vibrantes, as quais serão descritas abaixo.

A técnica de sons fricativos emprega diversos exercícios com as consoantes fricativas surdas, como [f], [s], [ʃ], e com variáveis sonoras. Dentre os objetivos referidos pela literatura, são indicados para melhorar o controle do fluxo aéreo, trabalhar apoio respiratório, aumentar os tempos de fonação (BLOCH, 1977 *apud* BEHLAU *et al.*, 2005). Um dos exercícios mais interessantes dessa técnica, de acordo com Behlau *et al.* (2005), e que merece atenção nesta descrição, é o de

passagem de sonoridade (inicia-se com a emissão de um som surdo, com paulatina sonorização, exemplo “ssszzz”) - solicita-se do indivíduo a coordenação entre forças aerodinâmicas e mioelásticas, já que se insere a fonte glótica na fonte friccional. Há conclusões relevantes sobre características de emissão vocal antes e após a aplicação desse exercício, em estudo realizado com dez mulheres adultas normais, em emissões repetidas por um minuto (LIECHAVICIUS; PRISTON, 1999 *apud* BEHLAU *et al.*, 2005): o exercício favoreceu a estabilidade na qualidade vocal e menores desvios acústicos.

A técnica de sons vibrantes, conhecida genericamente como técnica de vibração, apresenta duas modalidades básicas: vibração de língua e de lábios. Estes são tradicionalmente utilizados durante o aquecimento vocal e também como recurso de diversos preparadores vocais (AYDOS; HANAYAMA, 2004; SCARPEL; PINHO, 2001) para o condicionamento vocal dos profissionais da voz (atores, cantores, dubladores, professores, dentre outros). Embora diferentes na execução, as variantes de língua e lábios parecem oferecer um impacto similar, do ponto de vista acústico, com apenas maior redução de *shimmer* na técnica de vibração de lábios (ROCHENBERG, 1999 *apud* BEHLAU *et al.*, 2005); estudos realizados por BEHLAU *et al.* (1994); RODRIGUES (1995) *apud* BEHLAU *et al.* (2005), compararam o traçado espectrográfico da emissão pré e pós técnica de vibração de língua, e indicaram o aumento da energia sonora e estabilidade da emissão. Alguns estudos realizados sobre a técnica de vibração de língua que merecem destaque, como o de Rosa; Bompert (1999) *apud* Behlau *et al.* (2005), que aplicaram essa técnica em 20 cantores profissionais (12 eruditos e 8 populares), e após análise de um mesmo trecho de canto, pré- e pós-execução da técnica por três minutos, observou-se que houve uma melhora no ajuste vocal (pregas vocais) e maior facilidade de emissão após a execução da vibração, e, conseqüentemente, melhora da qualidade vocal. BEHLAU (1994); PINHO (2001, 2003) também relatam melhora da qualidade vocal. Gonzaga (2003) demonstrou, por meio da percepção de 75% dos participantes, em estudo comparativo, que os efeitos positivos sobre a voz pela aplicação do exercício de vibração sonorizada de língua foram superiores aos do exercício nasal sustentado e de sopro.

Por fim, no que concerne ao MÉTODO DOS SONS FACILITADORES, a técnica dos sons nasais é conhecida como técnica de ressonância ou trabalho de

colocação da voz na máscara, o que favorece a percepção das vibrações na face, pelo fato de ocorrer uma maior dissipação de energia sonora por todo o trato vocal na emissão de um “n” ou “m”, visto que o ar sonorizado será dirigido para ambas as cavidades – oral e nasal (BEHLAU *et al.*, 2005).

A última técnica que merece destaque, nesta descrição, enquadra-se no MÉTODO DE COMPETÊNCIA FONATÓRIA, em que os exercícios são baseados em diversos ajustes musculares laríngeos para favorecer uma coaptação glótica adequada, ou seja, uma melhor fechamento das pregas vocais. Os exercícios do trato vocal semiocluído (ETVSO) têm sido sugeridos para o aquecimento vocal (SAMPAIO *et al.*, 2008; GOULART *et al.* 2012), e usados na prática clínica com o objetivo de favorecer a economia e a eficiência vocal (SAMPAIO *et al.*, 2008). Exercícios de vibração de lábios/língua, fricativos bilabiais, sons nasais, fonação em tubos/canudos estreitos, firmeza glótica, constrição labial, e “b” prolongado são considerados ETVSO (TITZE, 2006). A fonação em canudo é uma variação destes (BEHLAU *et al.*, 2005; TITZE, 2006), e tem sido utilizada por cantores para tornar a voz mais “clara”, “brilhante” e mais sonora (LAUKKANEN; TITZE, 2008), elencando o programa de aquecimento da presente pesquisa. No ETVSO ocorre a oclusão parcial do lábio e uma certa resistência à saída do som, favorecendo a percepção de todo o trato vocal e otimizando as sensações (a propriocepção interna). A oclusão parcial da boca durante ETVSO produz a ressonância retroflexa, que causa expansão da área do trato vocal (da boca à laringe), enquanto a coaptação glótica e o fluxo de ar são mantidos, melhorando a interação fonte-filtro (TITZE, 2006).

O programa de aquecimento proposto para a pesquisa está detalhado no capítulo 3: Metodologia.

2.6 TIMBRE

Conforme dito na introdução deste estudo, os termos qualidade vocal e timbre possuem o mesmo conteúdo conceitual, são atributos relacionados à percepção auditiva e podem ser utilizados em diversos contextos. Sundberg (1994), considera que muitos são os aspectos perceptivos importantes para uma voz e que um deles é o timbre. E que, há dois aspectos básicos relacionados ao timbre vocal, a saber: qualidade da vogal (*vowel quality*) e qualidade vocal pessoal (*personal voice quality*). Portanto, pode-se observar que esses atributos são distintivos e contribuem para a identificação de uma voz.

Sob a perspectiva do autor, qualidade vocal está inserida em timbre, sendo um aspecto relacionado, mas a qualidade da voz pode ser simplesmente utilizada com o mesmo sentido denotativo que timbre por outros autores. Sendo assim, seguem considerações relacionadas.

A definição aceita de timbre não é muito atraente: ela afirma que dois tons diferem em timbre se eles são semelhantes em altura (*pitch*) e intensidade (*loudness*) e ainda não soam similares. O som de uma voz consiste de um número de parciais harmônicos, ou seja, um acorde de tons senoidais de frequências diferentes. Tais conjuntos de tons são geralmente agrupados pelo sistema perceptivo humano e são ouvidos em unidades. É, de fato, bastante difícil para um ouvinte perceber qualquer um desses parciais como um sinal independente, mesmo nos casos em que um determinado parcial é muito mais forte do que todos os outros parciais. No tocante à qualidade da vogal, normalmente, ouvem-se os parciais dos sons vocais como unidade: vogais e consoantes vozeadas possuem uma “qualidade vogal” que permite ao ouvinte identificar a vogal pronunciada, bem como a qualidade vocal que permite identificar quem a produz. Para a maior parte das vogais, a qualidade da vogal é determinada pelos dois primeiros formantes. Portanto, a identificação da vogal parece estar relacionada com os picos no envelope do espectro e correspondem aos dois formantes mais baixos de um espectrograma. Já o terceiro, quarto e quinto formantes estão mais propriamente relacionados com o timbre pessoal do cantor (SUNDBERG, 1991). Sundberg (1994) concluiu que o timbre está fortemente

relacionado com a fonte glótica e com as frequências de ressonância do trato vocal, ou seja, os formantes.

2.6.1 QUALIDADE VOCAL

O termo qualidade vocal é classicamente utilizado no estudo do canto para revelar os atributos distintivos que descrevem uma voz cantada. Esse termo é também utilizado no sentido avaliativo para denotar o grau no qual uma produção vocal específica se aproxima dos padrões profissionais de excelência (EKHOLM *et al.*, 1998). Existem diferentes aspectos relacionados à qualidade vocal, tais como a relevância do formante do cantor, comentando na seção 2.7.5.1 desta revisão, para a audibilidade da voz acompanhada por uma orquestra (SUNDBERG, 1994).

De acordo com os princípios da fonética, o termo qualidade vocal refere-se à combinação de ajustes de natureza fonatória (laríngeos) e articulatória (supralaríngeos) que são característicos de indivíduos pela maior parte do tempo em que falam (LAVER, 1994). Dessa forma, para analisar a qualidade vocal, o autor utilizou uma unidade analítica chamada *setting*, cuja tradução aproximada seria “ajuste”. No total, descreveu cinquenta e três ajustes para a qualidade vocal. O modelo fonético de avaliação da qualidade vocal, tradução de *Vocal Profile Analysis Scheme* — VPAS – Esquema de Análise do Perfil Vocal (LAVER, 2000), é fundamentado em análises articulatórias, fisiológicas, acústicas e auditivas com base na habilidade perceptiva de profissionais habilitados em avaliar a qualidade vocal.

A caracterização dos ajustes possíveis e previsíveis pelo aparelho fonador baseia-se no conceito de um ajuste de referência: o ajuste neutro. Este consiste numa variedade de ajustes acontecendo simultaneamente em várias áreas do trato vocal⁴, não se caracterizando como uma situação de normalidade ou estado de repouso do aparelho fonador, mas como um estado intermediário desse aparelho em termos de áreas, comprimento e atividade de pregas vocais. Esse ajuste caracteriza-se pelo modo de vibração das pregas vocais equilibrado (tanto em termos de forças de

⁴ Termo utilizado na literatura fonoaudiológica, indicativo de estruturas que participam da produção vocal, em comprimento, o trato vocal se estende desde a glote até os lábios.

adução e tensão longitudinal), sem sopro audível ou outros ruídos, as cavidades supralaríngeas do trato vocal não são caracterizadas por qualquer grau de constrição ou de expansão, a distância total entre pregas vocais e lábios mantém-se “intermediária” sem efeitos de alongamento ou encurtamento e, finalmente, a tensão laríngea e supralaríngea é moderada (LAVÉ 1981). A riqueza desse ajuste se dá em função das características anatômicas individuais e características estruturais do trato vocal, como forma, tamanho, densidade e tensão dos tecidos moles (BIANCHINI, 2000; COLTON, 1994; DINVILLE, 1993).

Camargo e Madureira (2008) adaptaram o VPAS ao contexto brasileiro (PB-VPAS) e apresentam um material de instruções para a aplicação do protocolo, igualmente baseado na avaliação da qualidade vocal e foneticamente adaptado ao português brasileiro.

Um protocolo para julgamento perceptivo de qualidade vocal que tem sido frequentemente difundido nas pesquisas clínicas é a escala GRBAS, elaborada pela Sociedade Japonesa de Logopedia e Foniatria (Hirano, 1981). Esta escala é composta por cinco parâmetros perceptivo-auditivos: (G)-(*Grade*) grau geral da disfonia, (R)-(*Rough*) ruído/rouquidão, (B)-(*Breath*) sopro, (A)-(*Asthenic*) astenia e (S)-(*Strain*) tensão. A mesma já foi modificada por outros autores e adaptada por Pinho e Pontes (2002), no Brasil, com nova sigla: RASAT, em que R corresponde à rouquidão; A, aspereza; S, sopro; A, astenia e T, tensão. Esta adaptação foi feita com o intuito de facilitar os procedimentos de triagem vocal nacionais e afastar questões controversas, não discutidas aqui, envolvendo a GRBAS. Entretanto, a referida escala é a escolhida para julgamentos de vozes disfônicas, e não de vozes cantadas e não patológicas. Sendo assim, devido à não padronização dessa avaliação no canto, elaborou-se para esta pesquisa um teste auditivo para julgamento da qualidade vocal que será descrito no próximo capítulo, baseado em parâmetros de similaridade (qualidades similares ou contrastantes).

2.7 DESCRITORES ACÚSTICOS

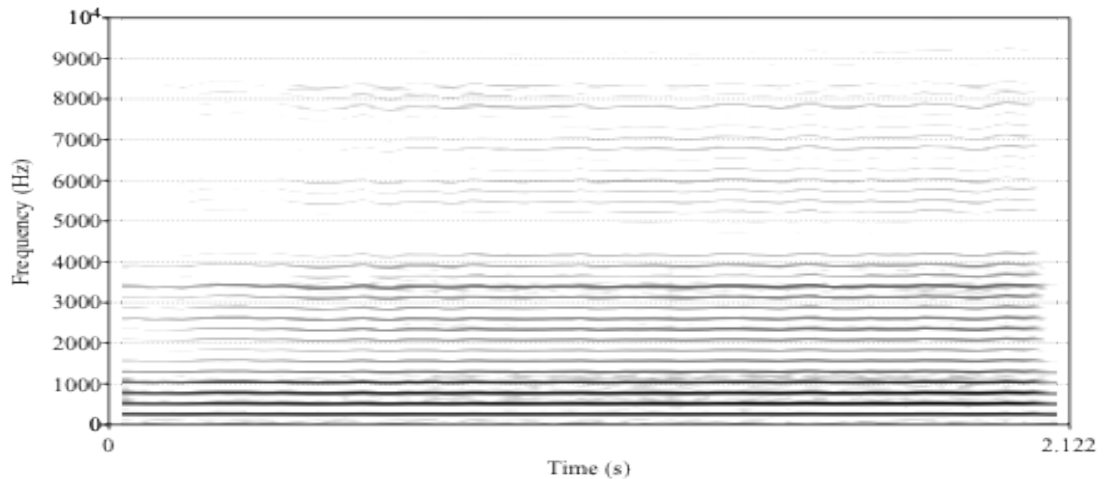
Há, em vários estudos, a tentativa de definição e análise dos diferentes parâmetros que se alteram na presença de uma patologia de voz, e uma preocupação com a análise detalhada de parâmetros acústicos, tais como frequência fundamental, *jitter*, *shimmer* e ruído.

A avaliação acústica realiza mensurações do sinal sonoro vocal. A análise espectrográfica acústica mede a distribuição espectral da onda sonora vocal, detectando sutilezas do sinal vocal e fornecendo uma representação tridimensional, melhor detalhada abaixo. Esta representação revela dados sobre as fontes do som da voz, friccionais ou glóticas, e ainda características de ressonância do trato vocal. Por meio do espectrograma é possível identificar características temporais e espectrais da onda sonora, tais como: harmônicos vocais e regularidade no traçado, formantes das vogais, regiões de incremento de energia das consoantes, definição de frequência ou intensidade (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES, 2001; BEHLAU; RUSSO, 1993; ELLIOT *et al.*, 1995; SATALLOF *et al.*, 1990).

Didaticamente, para melhor entendimento da espectrografia, seguem algumas considerações pertinentes: é por meio de um método numérico chamado FFT (*Fast Fourier Transform*) que as ondas sonoras complexas⁵ das vogais são decompostas em seus diferentes constituintes (frequência, amplitude e fase), estas componentes constituem a série harmônica do som, sendo que existe uma frequência fundamental (F0 - primeiro componente da série harmônica) e todos os outros componentes harmônicos são considerados múltiplos inteiros dessa F0. É muito comum uma representação que mostra a variação espectral no tempo, através da concatenação de análises espectrais sucessivas. É o caso dos sonogramas ou espectrogramas, que são uma representação gráfica em dois ou três eixos ortogonais, dos quais um está ligado ao tempo e o outro às frequências (figura 11). A amplitude dos parciais harmônicos pode ser representada em um terceiro eixo, ou através da variação da intensidade da cor (ou dos tons de cinza) dos pontos em um gráfico com dois eixos, conforme

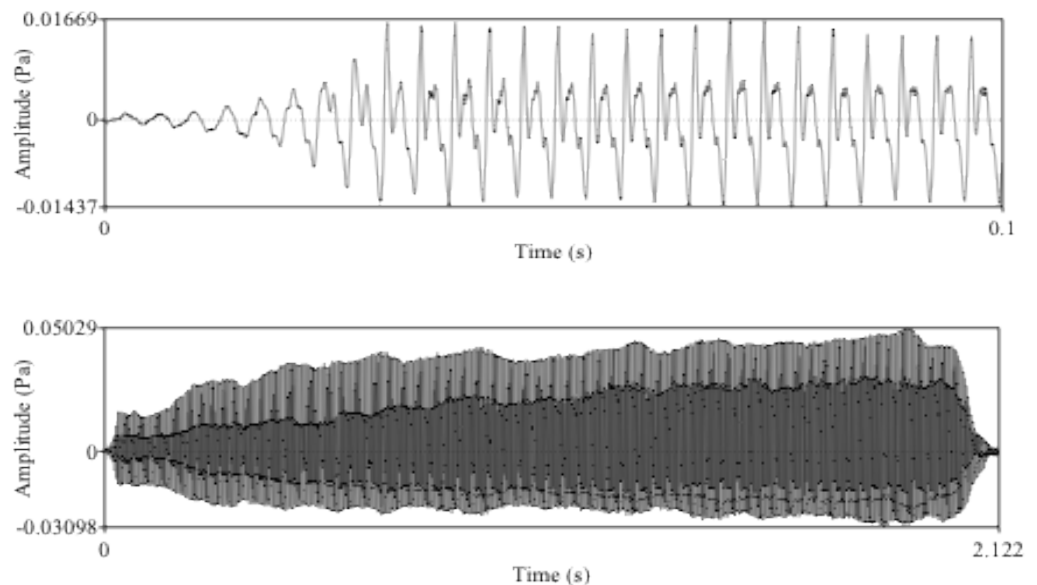
⁵ Pode ser entendida como uma sobreposição de duas ou mais ondas senoidais - http://en.wikipedia.org/wiki/Sine_wave

observa-se na figura 12, que refere-se à forma de onda da mesma amostra representada na figura 12:



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

Figura 11 – O gráfico acima refere-se a uma gravação de cerca de 2,1 segundos de uma vogal [a] sustentada por um tenor, na nota Dó 3 (261,6 Hz). A representação em questão está no domínio das frequências (eixo vertical) de todo o sinal, visualizando-se a variação do tempo (eixo horizontal) e pode-se observar também a amplitude do sinal no grau de escurecimento do traçado.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; Amplitude (Pa) – Amplitude (Pascal).

Figura 12 - Os dois gráficos referem-se à mesma gravação, de cerca de 2,1 segundos de uma vogal [a] sustentada por um tenor, na nota Dó 3 (261,6 Hz). Há uma representação da amplitude no eixo vertical e do tempo no eixo horizontal. Em ambos ocorrem representações no domínio do tempo, sendo o primeiro com a duração total, e o segundo com os primeiros 100 milissegundos.

É importante ressaltar que a representação no domínio das frequências pode assumir formas bastante distintas, de acordo com a escolha do comprimento do

intervalo temporal sobre o qual se fará a análise espectral e da resolução da FFT. Há sempre uma compensação entre as resoluções temporais e de frequência: quanto mais resolução temporal, menos resolução em frequência, e vice-versa. Encontramos as expressões *wide-band* (banda larga) e *narrow-band* (banda estreita) para as filtrações realizadas pelas transformadas de Fourier em intervalos temporais curtos e intervalos mais longos, respectivamente. Na análise vocal, deve-se sempre buscar o intervalo mais adequado para cada caso, os filtros de banda larga destacam os formantes, os de banda estreita discriminam os harmônicos e também são empregados na análise do vibrato em vozes treinadas. A figura abaixo (13), retirada do *Handbook of Phonetic Sciences*, ilustra os efeitos dessa escolha, utilizando-se uma banda estreita de cerca de 45 Hz e uma banda larga de cerca de 300 Hz. Nesse caso, o intervalo temporal da filtração com banda larga é 6,6 maior do que o da banda estreita.

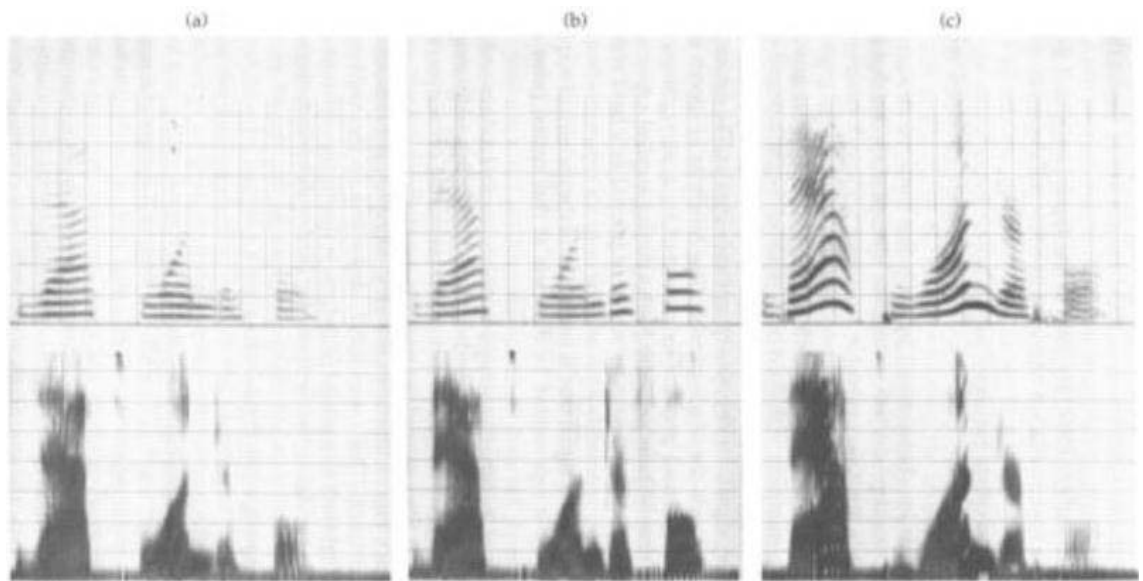


Figura 13 - Os gráficos se referem a três gravações da frase "That's wonderful", em entonações distintas: a) entonação normal; b) tom de pergunta com surpresa; c) entonação excitada, com destaque nas palavras "that" e "wonderful". A linha superior traz sonogramas com banda estreita de filtração, e a inferior com banda larga (fonte: *Handbook of Phonetic Sciences*, pp. XX).

Paul Boersma (1993) utiliza ainda um outro tipo de representação do sinal para calcular a frequência fundamental e harmonicidade: é o domínio da autocorrelação (*lag-domain*). A partir de uma função no domínio do tempo, calcula-se uma outra função capaz de indicar se há similaridades (ou periodicidades) entre trechos diversos da função. Alguns detalhes desse cálculo são tratados mais adiante.

A seguir, são discutidos os descritores acústicos relevantes para a presente pesquisa. Como o *software* utilizado para as análises acústicas deste trabalho é o *PRAAT 5.1.32* (BOERSMA e WEENINK, 2010), nessa discussão utilizamos, sempre que possível, as referências contidas no manual do programa ou em textos publicados por seus criadores.

2.7.1 FREQUÊNCIA FUNDAMENTAL (F0)

A frequência fundamental (F0), é uma medida objetiva, é um atributo físico do sinal: taxa de repetição de uma onda (BAKEN, ORLIKOFF, 2000). É a taxa na qual uma forma de onda se repete por unidade de tempo (ciclos por segundo), sendo determinada fisiologicamente pelo número de ciclos que as pregas vocais fazem em um segundo (PINHO; CAMARGO, 2001).

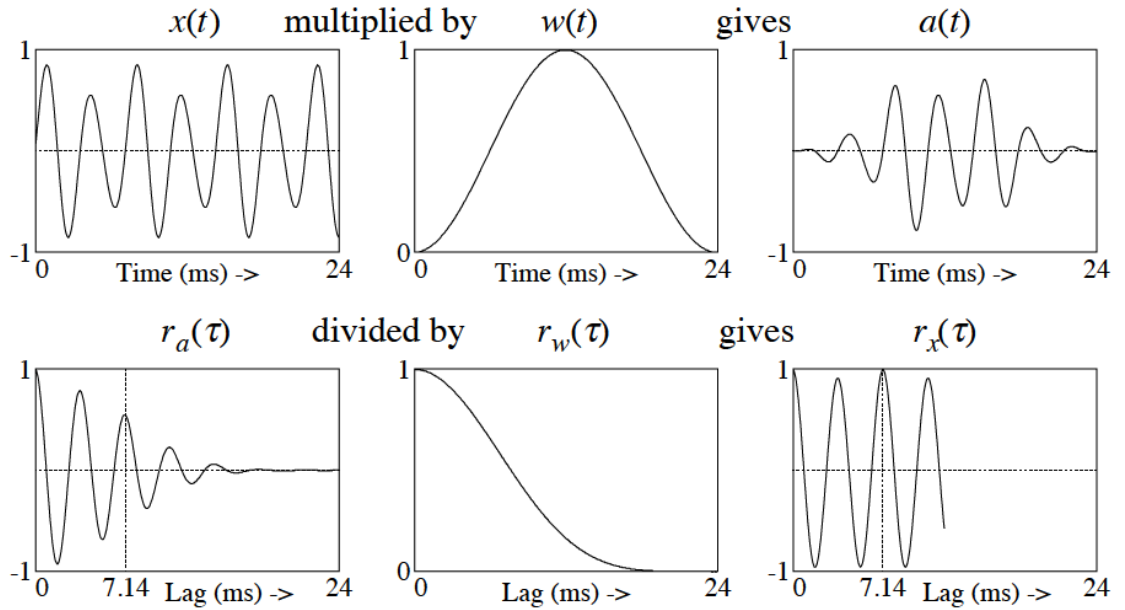
É também conhecida como frequência da voz e fisiologicamente está relacionada à frequência de vibração das pregas vocais. Este parâmetro é o reflexo das características biodinâmicas das pregas vocais e sua integração com a pressão subglótica. Portanto, qualquer ajuste que reduza os ciclos glóticos irá reduzir também a frequência fundamental, e o contrário também (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES, 2001).

Dentre os parâmetros acústicos, a F0 tem se mostrado o mais consistente parâmetro entre diferentes sistemas de análise acústica, assim como o parâmetro menos sensível às características de gravação da voz (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES, 2001; BARROS e CARRARA-DE ANGELIS, 2002).

Ainda no que relaciona-se com a frequência de uma voz, é importante que seja feita a diferenciação entre F0 e *Pitch*: este é a sensação psicofísica da frequência fundamental, que também pode ser entendida como altura vocal, portanto, não deve ser confundido com a medida da frequência em si (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES, 2001). Fisicamente o *pitch* é determinado pela F0 (SUNDBERG 1994) e geralmente aumenta com a elevação da F0. Esta, por sua vez, é controlada predominantemente por músculos que regulam a tensão das pregas vocais, e esse controle também está relacionado com a pressão subglotal. Portanto, a percepção de

pitch depende, além da F0, da intensidade do som. A mudança de *pitch* é fundamentalmente diferente no que diz respeito à fala e ao canto. Na fala, a mudança de *pitch* é percebida de maneira contínua, de maneira que o ouvinte consegue quantificar a direção da mudança, se ela se deu como aumento ou diminuição gradual das frequências. Ao passo que na música, as mudanças de *pitch* acontecem categoricamente, dentro de um número limitado de intervalos musicais. As melodias são construídas de acordo com “estações fixas de *pitch*”, ou escalas tonais e as mudanças de altura assim produzidas são os intervalos musicais, tais como quinta, oitava, etc., as quais constituem as categorias (SUNDBERG, 1994).

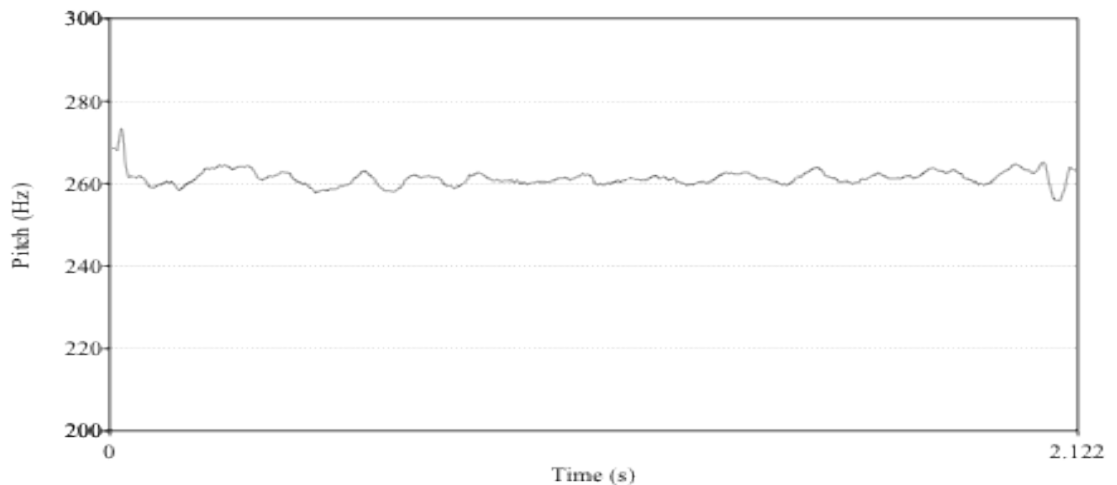
O cálculo da frequência fundamental no *Praat* tem por fundamento a representação do sinal vocal no chamado *lag-domain* (domínio da autocorrelação, ou mais literalmente, do atraso). Como em todo processamento digital de sons, o sinal de entrada é dividido em segmentos menores, cujo tamanho depende da faixa de frequências esperadas. Cada um desses quadros de análise é multiplicado por uma janela de amplitude, que força seu início e final a terem o valor nulo (o *Praat* utiliza atualmente a janela gaussiana). Os possíveis valores candidatos à frequência fundamental (incluindo-se a opção de não vocalização) são calculados pela busca de máximos na função gerada pela divisão entre a função de autocorrelação do sinal e a função de autocorrelação da janela. Todos os passos necessários para esse cálculo (e também para o cálculo de harmonicidade) estão descritos em Boersma (1993), onde se lida com problemas de amostragem, uso de janelas de amplitude e cuidados com o uso da transformada de *Fourier*.



Legenda: “multiplied by” – “multiplicado por”; “gives” – “dá”, “origina”; Time – Tempo - (ms) milissegundos; “divided by” – “dividido por”; Lag: domínio de autocorrelação.

Figura 14 - A figura mostra na parte superior o segmento de áudio a ser analisado, a janela de amplitude aplicada e o resultado da multiplicação entre elas. Na parte inferior, pode-se ver as funções de autocorrelação correspondentes. Na função de autocorrelação do resultado da multiplicação, buscase o valor máximo na primeira metade do sinal, a partir do qual se calcula a periodicidade do segmento em análise (fonte: Boersma, 1993).

A figura 15 traz a representação gráfica do cálculo de F0 para a mesma gravação das figuras 11 e 12:



Legenda: Time – Tempo; (s) – segundos; Pitch – F0; (Hz) – hertz.

Figura 15 - Curva de variação da frequência fundamental da nota cantada C3 (261,6 Hz). Ver figuras 11 e 12. Ressalta-se que as representações gráficas das curvas de F0 são denominadas como “Pitch (Hz)”, pelo programa Praat.

2.7.2 INTENSIDADE: NÍVEL DE PRESSÃO SONORA E *LOUDNESS*

A intensidade, por sua vez, está ligada diretamente à pressão subglótica da coluna aérea. Esta depende de fatores como amplitude de vibração e tensão das pregas vocais, mais especificamente da resistência glótica. As variações de intensidade são também dependentes da frequência. Vozes agudas tendem a ser mais intensas, pois o aumento da tonicidade laríngea gera maior resistência glótica à passagem do fluxo aéreo, o que ocasiona maior intensidade (BEHLAU; PONTES, 1995).

Ainda no que se refere à intensidade, vale ressaltar que a forma como um ouvinte julga um som como fraco, adequado ou forte é uma avaliação perceptiva, portanto, refere-se à sensação psicofísica da intensidade: *loudness* (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES, 2001). Segundo Sunberg (1994), supõe-se geralmente que a intensidade de um tom está relacionada de uma maneira simples e direta com o nível de pressão sonora (SPL), em decibéis. O SPL é uma medida de uma razão logarítmica entre a pressão sonora de um som e de uma pressão sonora de referência. E em muitos casos há uma forte correspondência entre o *loudness* vocal e SPL. A percepção do *loudness* vocal difere substancialmente da percepção do *loudness* de tons puros, pelas variáveis que apresenta. O nível de pressão sonora é um pobre indicador de *loudness* vocal, que parece ser mais dependente do equilíbrio entre as amplitudes dos parciais graves e agudos.

A habilidade do ouvinte em determinar o *loudness* vocal não parece estar muito relacionado à distância. O nível de pressão sonora decresce 6 dB por duplicação da distância, por essa razão, não faz sentido falar sobre SPL, a menos que a distância seja especificada.

Outra questão com relação ao SPL pode ser demonstrada por comparação do nível máximo de SPL de cantores e não cantores. Comumente, cantores podem cantar mais forte que não cantores e intuitivamente, a superioridade do *loudness* aparece por ser uma das típicas características das vozes cantadas.

Sundberg (1994) diz que normalmente acredita-se que a F0 é o parcial mais forte dentro de um espectro de um som vocal, embora isso torne-se verdade em apenas dois casos: o primeiro é quando a fundamental está muito próxima do

primeiro formante, como no caso do canto de uma soprano; e o segundo é em uma fonação muito “macia”, em que os harmônicos da fonte glótica são tão fracos, que o parcial que excita o primeiro formante é mais fraco que a F0. Normalmente, entretanto, o parcial mais forte do espectro de uma vogal é o que está mais próximo do primeiro formante e o parcial mais forte determina a SPL quase que completamente. Esse parcial pode ser a frequência fundamental ou um parcial (harmônico), e as amplitudes desses parciais são modificadas pelos diferentes mecanismos fonatórios, tais como a adução glótica que influencia diretamente a pressão subglotal. Em outras palavras, a SPL é dependente de diferentes propriedades da fonte vocal e se a fundamental ou algum parcial é o mais forte dos componentes do espectro. Por esses fatores, acontece uma limitação da relevância perceptiva da medida de SPL.

Se perceptivamente for preciso estimar o *loudness* vocal, pode ser feito um procedimento diferente, a idéia básica é a soma do *loudness* de cada banda de escuta. Para o *loudness* vocal isso pode ser feito simplesmente pela avaliação quantitativa do equilíbrio entre as amplitudes dos parciais graves e agudos do espectro – quando um *loudness* vocal é aumentado, os parciais mais altos do espectro crescem mais rapidamente do que os mais baixos; em outras palavras, o equilíbrio entre os parciais altos e baixos é modificado. Concluindo, o *loudness* vocal não relaciona-se de uma maneira simples com SPL, este pode aumentar se o *loudness* permanece o mesmo e vice-versa.

Embora a medida de pressão sonora seja limitada pelos fatores discutidos acima, ela pode ser bastante útil em comparações de sons homogêneos, como é o caso da presente pesquisa.

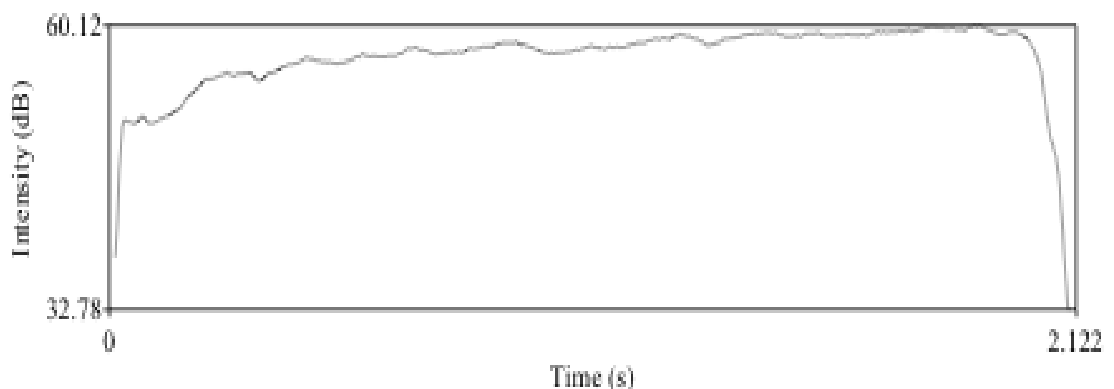
2.7.2.1 A curva de intensidade

Amplitude de uma onda é a medida da magnitude da máxima perturbação do meio durante um ciclo da onda. A unidade utilizada para a medida depende do tipo da onda. Por exemplo, a amplitude de ondas de som e sinais de áudio pode ser expressa em pressão sonora (pascal - Pa), como se dá na figura 12. É também comum

que se utilize uma escala de decibéis (dB), comparando-se o sinal em estudo a um valor de referência. A referência usual é o limiar inferior da audição humana (2×10^{-5} Pa), que, via de regra, traz valores positivos para as intensidades (como na figura 16). Para expressão da curva de intensidade, prefere-se utilizar o valor eficaz (valor RMS) no lugar do valor de pico do sinal.

O RMS - o valor quadrático médio ou RMS (do inglês *root mean square*) ou valor eficaz - é uma medida da magnitude de uma quantidade variável, é definido como a raiz quadrada da média dos quadrados dos valores em determinado intervalo de tempo. Pode-se calcular para uma série de valores discretos ou para uma função variável contínua. Para formas de onda complexas, especialmente sinais sem repetição tais como ruído, a amplitude RMS é normalmente usada porque tem mais significado físico do que um valor de pico que não se repete periodicamente.

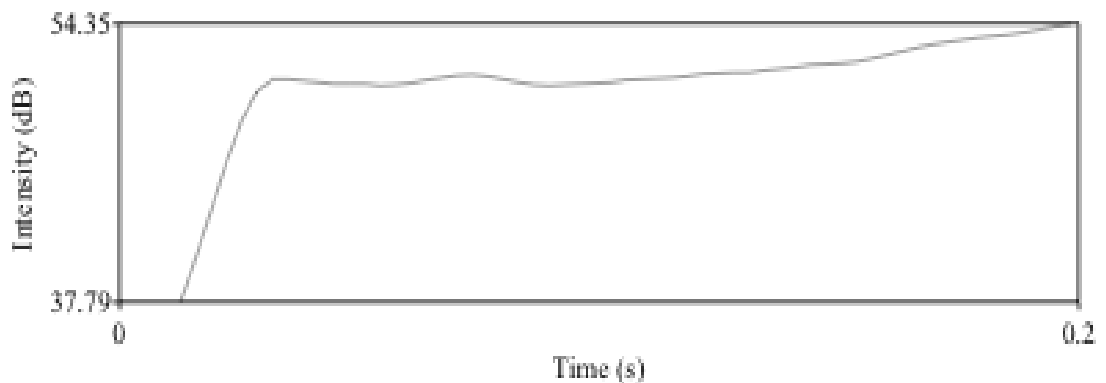
No *Praat*, uma das variáveis solicitadas para o cálculo da curva RMS do sinal é a frequência mínima presente no sinal. Assim a média é calculada em um intervalo de tempo proporcional (3,2 vezes) ao período dessa frequência mínima, de modo a evitar distorções nesse cálculo. O manual do *software* não menciona o valor de referência com o qual se calcula esses valores, embora se possa deduzir que seja um quase silêncio. A figura abaixo traz a curva RMS gerada utilizando-se a mesma amostra das figuras 11 e 12:



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Intensity*: Intensidade; (dB) - decibéis.

Figura 16 - Curva RMS para a gravação das figuras 11 e 12.

No caso de cantores com experiência profissional, também pode ser importante avaliar o início da emissão da nota: se é uma curva suave, se tem degraus ou se demora muito. A figura abaixo mostra a curva dinâmica dos primeiros 200 milissegundos (ms) da gravação.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Intensity*: Intensidade; (dB) - decibéis.

Figura 17 - Curva RMS dos primeiros 200 milissegundos da gravação das figuras 11 e 12.

2.7.3 JITTER E SHIMMER

As variações em altura (da F0) e em intensidade (da amplitude) de cada período são respectivamente denominadas *jitter* e *shimmer*. Os mesmos apresentam-se como medidas de estabilidade fonatória (BEHLAU, 1997; BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES 2001).

A perturbação da frequência a curto prazo é normalmente designada por *jitter*, representando a variação da frequência fundamental de um ciclo para outro (BAKEN, ORLIKOFF, 2000), e indica a variabilidade da frequência. É uma medida de curto termo (ciclo a ciclo) de variabilidade involuntária do F0, o que permite determinar o grau de estabilidade do sistema fonatório (BAKEN; ORLIKOFF, 2000; BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES 2001). Os resultados da perturbação podem ser apresentados em milissegundos ou microsegundos (BAKEN; ORLIKOFF, 2000). A partir do momento em que o *jitter* não é zero, a perturbação de frequência é um correlato acústico dos padrões vibratórios erráticos, ou seja, é uma medida que representa a aperiodicidade vocal (LAVER, 1981). Os valores de *jitter* em indivíduos

normais podem representar uma pequena variação na massa ou na tensão das pregas vocais, na distribuição do muco sobre as mesmas, na simetria das estruturas ou ainda na atividade muscular ou neural envolvida (BAKEN, 1987). Entretanto, os valores de *jitter* encontram-se aumentados na presença de lesões que afetam as pregas vocais, devido ao aumento da aperiodicidade nas vibrações (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES 2001) e tornam-se não confiáveis quando a aperiodicidade aumenta (LAVER, 1981).

O *software Praat* oferece cinco medidas de *jitter*, todas relacionadas ao mesmo fenômeno. O *jitter* local/absoluto é a média dos valores absolutos das diferenças entre períodos consecutivos do trecho analisado. É expresso em segundos, ou em suas subdivisões. O *jitter* local deriva-se do valor calculado acima dividido pelo período médio do trecho em questão, expresso em porcentagem (%). Os demais cálculos levam em conta mais períodos vizinhos, efetuando uma espécie de filtragem que desconsidera alterações muito rápidas. São eles: *jitter (rap)* - *relative average perturbation - jitter (ppq5)* - *five point period perturbation quocient* - e *jitter (ddp)*, cujo valor é três vezes o valor do *jitter (rap)*. Com exceção do *jitter* local/absoluto, os demais valores de *jitter* são relativos e sempre expressos em %.

Para a gravação utilizada nessa seção, temos os seguintes valores de período e de *jitter* (eles foram obtidos excluindo-se os 100 milissegundos iniciais e finais do sinal):

TABELA 1 – MEDIDAS DE *JITTER* OFERECIDAS PELO *PRAAT*

Medida	Valor
Período médio	3,83
Desvio padrão do período	0,02ms
<i>Jitter</i> local	0,147%
<i>Jitter</i> local/absoluto	5,6 microsegundos
<i>jitter (rap)</i>	0,078%
<i>jitter (ppq5)</i>	0,083%
<i>Jitter (ddp)</i>	0,235%

Legenda: ms – milissegundos

O valor limite de normalidade para o *jitter* local é de 0.5% (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES 2001); Boersma traz no manual do *Praat* o valor de 1.04% como esse limite, mas indica que esse valor deve ser provavelmente menor, já que as medições realizadas no cálculo foram influenciadas por ruídos. O valor de referência estabelecido por Vieira *et al.* (1997), para vozes não-disfônicas é o de 0,30%. Vê-se que não acontece uma padronização das medidas de *jitter* dentre os autores, portanto, esta medida deve ser usada com cautela.

Com relação às sugestões na obtenção das medidas de *jitter*, vale ressaltar que deve ser medido por análise de vogais sustentadas, numa única frequência, sem variação musical ou de intensidade, em emissão habitual, eliminado-se o início e o fim da produção, por suas características irregulares (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES 2001).

Outro parâmetro que deve ser levado em consideração refere-se à medida da variação da amplitude da vibração. Esta medida recebe o nome de *shimmer* e o seu conceito pode ser explicado por analogia ao seu "companheiro de perturbação", o *jitter*. *Shimmer* representa a variação da amplitude de ciclo para ciclo, e permite quantificar as alterações mínimas da amplitude do sinal, com base em cada ciclo fonatório (COLTON; CASPER, 1996). Se, em termos de fonação, a voz humana fosse absolutamente estável, tal medida seria zero. No entanto, assim como o *jitter*, havendo uma patologia em termos de funcionamento da laringe, por exemplo, tais valores serão sempre elevados.

O *Praat* oferece seis valores de *shimmer*. O *shimmer* local é calculado de forma análoga ao *jitter* local, sendo resultado da divisão da média dos valores absolutos das diferenças de amplitude entre períodos vizinhos pela amplitude média o trecho analisado. É também expresso em %. O *shimmer* (local, dB), expresso em decibéis, é resultado da multiplicação por 20 do logaritmo de base 10 da média dos valores absolutos das diferenças de amplitude. As outras medidas são *shimmer* (apq3), *shimmer* (apq5), *shimmer* (apq11), *shimmer* (dpp), cujos métodos de cálculo estão detalhados no manual do *software*.

A tabela seguinte traz os valores de *shimmer* para a gravação utilizada nessa seção do texto:

TABELA 2 – MEDIDAS DE SHIMMER OFERECIDAS PELO PRAAT

Medida	Valor
<i>Shimmer</i> local	1,26%
<i>Shimmer</i> (local - dB)	0,114 dB
<i>Shimmer</i> (apq3)	0,679%
<i>Shimmer</i> (apq5)	0,752%
<i>Shimmer</i> (apq11)	0,981%
<i>Shimmer</i> (ddp)	2,036%

Legenda: dB – decibéis

Todas as medidas relativas de *shimmer* são oferecidas em porcentagem e o valor limite de *shimmer* local é de 3%, valor sugerido por BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES (2001). Boersma e Weenink (2010) estabelecem 3,81% como um limite para a patologia.

Sabendo que os programas computadorizados para análise acústica da fala e da voz utilizam diferentes maneiras para calcular os parâmetros acústicos, ocorre certa dificuldade para a normatização de dados específicos. Portanto, os valores de referência adotados para *jitter* e *shimmer*, bem como para os outros descritores acústicos, são os propostos por Boersma e Weenink (2010), no manual do *Praat*, *software* adotado para realizar tal análise.

2.7.4 HARMONICIDADE

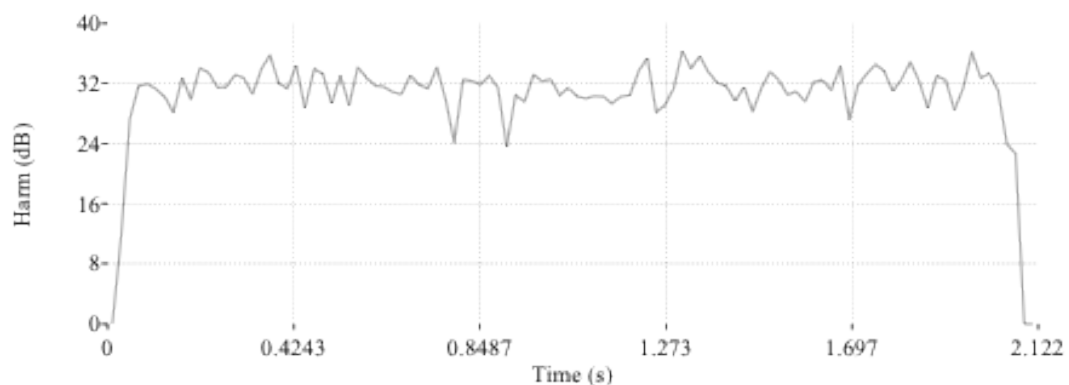
A harmonicidade ou *Harmonic to Noise Ratio*, HNR, é uma medida que relaciona a componente harmônica com a componente de ruído da onda, ou seja, contrasta o sinal regular das pregas vocais com o sinal irregular das pregas e do trato vocal (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES, 2001; FERRAND, 2002).

De modo geral, em indivíduos com vozes não treinadas, as mulheres apresentam valores de HNR maiores que os homens (RODRIGUES, 1993) e essa medida sofre a influência da idade, sendo significativamente menor para o grupo de idosas (a partir de 70 anos), quando comparadas ao grupo de mulheres de meia idade

(40 a 63 anos) e jovens (21 a 34 anos) (FERRAND, 2002). Por sua vez, Grinblat (1994), obteve valores médios de HNR para um grupo de mulheres de 13,9 dB e 11,8 dB para homens, no registro modal; e no registro de falsete, 15,6 dB para mulheres e 15 dB para homens; no registro basal, não houve valores consistentes. Em ambos estudos, Rodrigues (1993) e Grinblat (1994), não foram encontrados valores abaixo de 7 dB para vozes consideradas normais. Portanto, há sugestões de que valores abaixo de 7 dB de HNR são considerados patológicos.

A harmonicidade é um dos parâmetros acústicos que representa a medida de ruído presente no sinal de voz. Representa o grau da periodicidade acústica (BOERSMA; WEENINK, 2003); esta medida é expressa em dB: se 99% da energia do sinal for periódica e 1% representar ruído, o HNR é $10 * \log_{10}(99/1) = 20\text{dB}$. Um falante saudável pode produzir uma vogal sustentada [a] ou [i] com um harmonicidade de cerca de 20 dB, e um [u] em torno de 40 dB, a diferença vem das altas frequências em [a] e [i] versus as baixas frequências em [u], resultando em uma maior sensibilidade de HNR de *jitter* em [a] e [i] do que em [u]. Falantes roucos terão um [a] com um harmonicidade muito menor do que 20 dB (BOERSMA, WEENINK, 2003).

No *Praat*, o cálculo da harmonicidade é feito com base nos mesmos cálculos realizados para a extração de F0 e, adicionalmente, comparando-se o valor de autocorrelação máximo ($t = 0$) com os demais picos de autocorrelação gerados pelo sinal analisado (BOERSMA, 1993). Para a gravação em uso nesta seção, temos a seguinte curva de harmonicidade:



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; Harm – Harmonicidade; (dB) - decibéis.

Figura 18 - Curva de harmonicidade da gravação das figuras 11 e 12.

A harmonicidade média do trecho medido é de 31,2 dB, mais uma vez eliminando-se os 100 milissegundos iniciais e finais do sinal gravado nos cálculos efetuados.

2.7.5 HARMÔNICOS E FORMANTES DOS SONS VOCÁLICOS

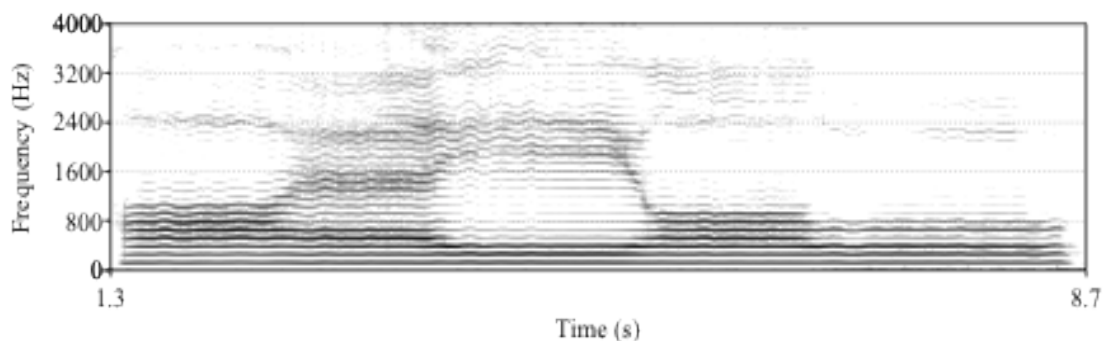
É bastante comum a abordagem do aparelho fonador a partir de um modelo caracterizado como fonte-filtro (*source-filter*), já detalhado na seção 2.3 (Teoria Fonte-Filtro da Produção das Vogais) deste capítulo. Didaticamente, e reforçando o que foi dito, de um lado, atuam como fonte sonora principalmente as vibrações das pregas vocais, que no caso das vogais, geram um som com uma frequência fundamental F_0 e certo conteúdo harmônico. O trato vocal atua como um filtro, apresentando diferentes seções ressonantes capazes de se acoplar de diversas maneiras. As variadas formas de combinação entre fonte e filtro geram a riqueza acústica que caracteriza a expressão vocal humana. Se o espectro sonoro laríngeo do som produzido pelas pregas vocais pode ser considerado o mesmo para as diferentes vogais de uma mesma frequência, são as características articulatórias e de ressonância do trato vocal que geram as diferenças de timbre claramente perceptíveis (SHADLE, 1999).

Visto de outro modo: os harmônicos são gerados pelas vibrações das pregas vocais, ou seja, são essencialmente dependentes da fonte. De outro modo, os formantes representam o filtro, sendo o seu mecanismo de produção estritamente articulatório (FANT, 1970).

Os harmônicos aparecem no espectrograma como estrias dispostas horizontalmente com espaço regular entre si e múltiplos inteiros da frequência fundamental (figura 19), tendo maior importância em análise acústica os harmônicos até 5.000 Hz. A distribuição dos harmônicos no espectro oferece uma indicação sobre a ressonância e projeção vocal, fatores esses de grande importância para a voz do cantor. (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES 2001; PINHO, 2001; SUNDBERG, 1991).

Quanto maior a série de harmônicos, mais individualizados e com traçado linear, maior é a estabilidade da emissão e mais rica é a qualidade vocal (SATALLOF *et al.*, 1990). Tal representação é tanto pior quanto maior o comprometimento vibratório das pregas vocais, como nos casos de rouquidão ou aspereza (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES 2001). Nesses casos, o espectrograma será caracterizado pelo espaçamento irregular entre os harmônicos, perturbação na forma da onda, traçado gráfico irregular e ainda amplitude da frequência fundamental baixa; o que caracteriza a falta de intensidade vocal do indivíduo, devido à insuficiência glótica (BEHLAU; RUSSO, 1993).

A figura abaixo traz o sonograma de uma gravação de uma voz masculina, não treinada, cantando a nota dó² (130,8 Hz), na sequência das vogais [a], [e], [i], [o], [u]. Pode-se observar que não há variação da frequência fundamental nem da energia média dos primeiros harmônicos.



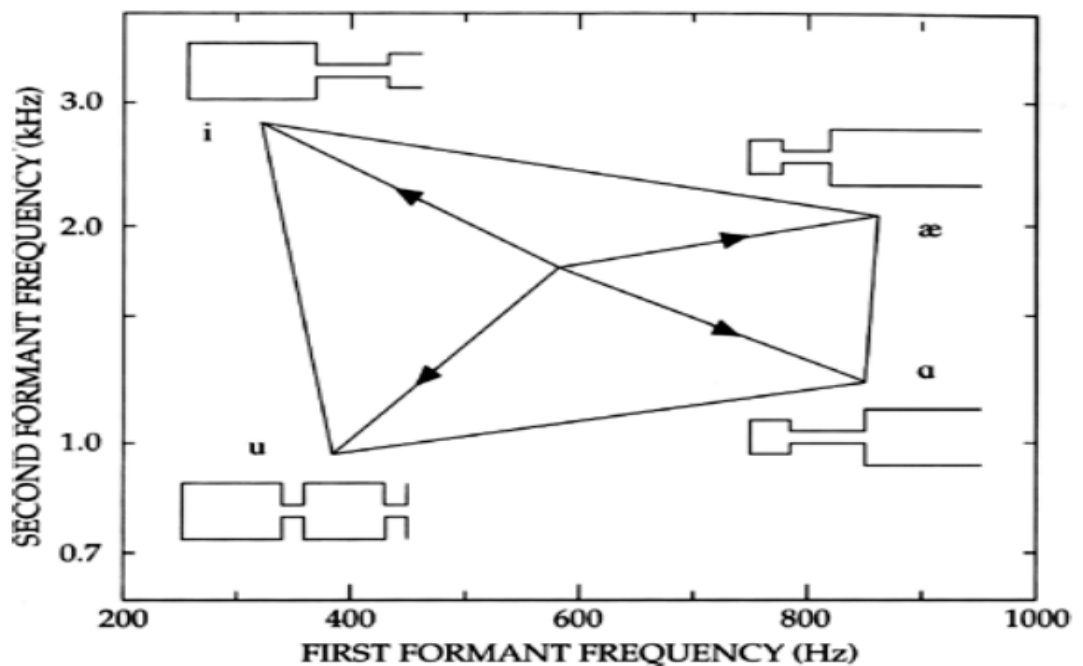
Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency*: Frequência; (Hz) – hertz.

Figura 19 - Sonograma de uma gravação de voz masculina não treinada, emitindo a nota Dó² (130,8 Hz), sustentando sucessivamente as vogais [a], [e], [i], [o], [u].

Os formantes, na maioria das vezes, são expressos através de seu valor médio em hertz (Hz), ou ciclos por segundo, e designados por F1, F2, F3... Fn, de modo progressivo (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES, 2001). Os formantes correspondem aos picos no espectro de frequências, esses picos correspondem aos modos normais dos tubos acústicos (FANT, 1970). Os três primeiros formantes (F1, F2 e F3) estão relacionados à diferenciação das vogais, as frequências dos formantes que conferem a identidade fonética às vogais são especialmente as primeiras. Os formantes superiores (F4, F5, etc.), por outro lado, têm menor conteúdo lingüístico e maior variação com o locutor, e relacionam-se com o

timbre pessoal (SUNDBERG, 1974), ou seja, estão intimamente ligados à qualidade e ao brilho da voz. Sobre essa questão, MEDEIROS (2004) ressalta que há uma diferença entre o padrão formântico das vogais faladas em relação às vogais cantadas. O que se observa é que na vogal cantada há uma distorção do formante, tanto acusticamente quanto articulatoriamente em relação à vogal falada, ocorrendo uma sobreposição do primeiro formante das vogais [a], [e] e [o]. Dessa forma fica sendo responsabilidade do segundo formante a diferenciação acústica dessas vogais, já que não se observa a sobreposição do segundo formante.

O gráfico abaixo indica as regiões de variação dos dois primeiros formantes para quatro vogais distintas, e também associa as posições extremas da curva a modificações de uma representação cilíndrica do trato vocal.



Legenda: “FIRST FORMANT FREQUENCY” (Hz) – Frequência do primeiro formante (*hertz*); “SECOND FORMANT FREQUENCY” (kHz) – Frequência do segundo formante (*quiloherztz*) (*Handbook Fonetic Sciences*).

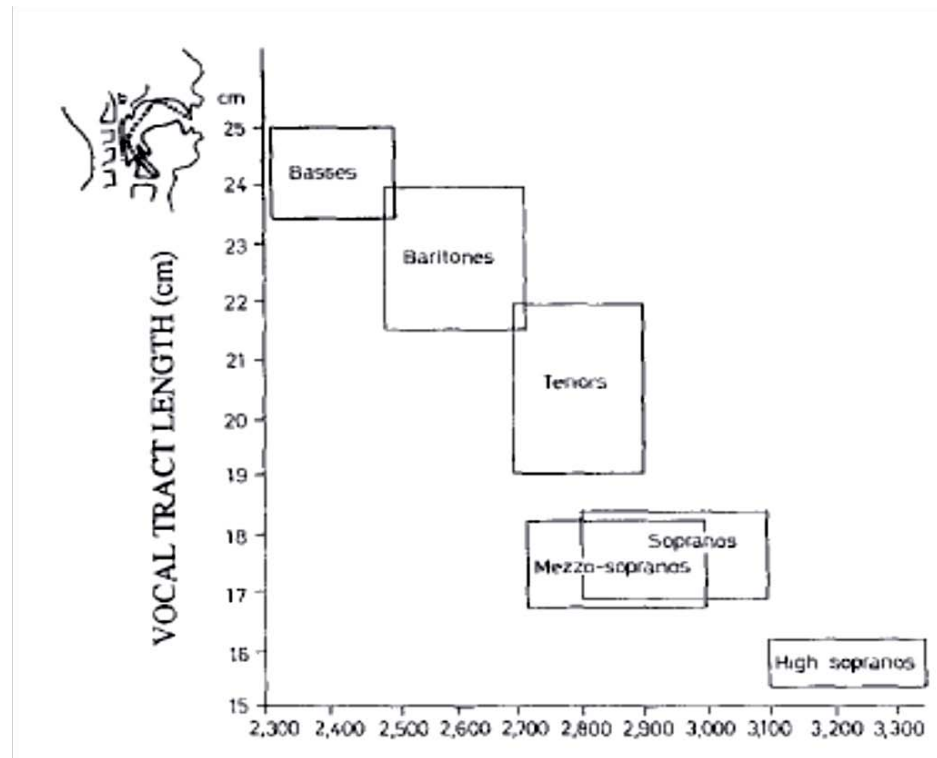
Figura 20 - Gráfico mostrando a variação das frequências dos formantes F1 e F2 ao se modificar a forma de um tubo cilíndrico conforme a ilustração.

2.7.5.1 Formante do cantor

O cantor treinado tem a capacidade de sobressair-se ao som de uma orquestra sem fazer uso de amplificação sonora com um microfone e sem prejudicar seu aparelho fonador. Na maioria das vezes, o responsável por esse fenômeno é o formante do cantor (SUNDBERG, 1974, 1987).

O formante do cantor é encontrado geralmente em vozes com treinamentos específicos do canto erudito e é definido pela amplificação sonora das frequências entre 2.000 e 4.000 Hz, sendo demonstradas no espectro acústico pela junção do terceiro, quarto e quinto formantes superiores (F3, F4 e F5). Isso se deve à sua localização na região aguda e ao elevado pico de amplitude, desta forma, não se tem sua ocorrência em outras vozes ou mesmo em instrumentos da orquestra (SUNDBERG, 1987). Segundo FANT (1970), o trato vocal, através do controle ativo no canto, pode incrementar de 3 a 5 dB na amplitude das frequências agudas, além do acréscimo natural de 10 a 15 dB já existente.

Segundo Sundberg (1987), a técnica lírica é utilizada pelos cantores de ópera e os mesmos apresentam mecanismos “inteligentes” para destacarem suas vozes da orquestra, por isso suas vozes apresentam um pico espectral intenso e largo em torno de 3.000 Hz. É este pico que proporciona aos harmônicos uma maior amplitude relativa e o agrupamento dos formantes, que conforme descrito por este autor, proporciona ao ouvinte a sensação de “brilho” e “projeção vocal”. Ratificando, o responsável pelo fenômeno descrito é o formante do cantor e a ocorrência desta manifestação está relacionada ao abaixamento da laringe e ao alargamento da cavidade faríngea, embora este não seja o único mecanismo existente. De acordo com Dimitriev; Kiselev (1979) *apud* Sundberg (1994), o centro da frequência dos formantes altos variam sistematicamente com a classificação vocal. Pelo resultado de seu estudo, os naipes dos baixos possuem o centro de frequência mais baixo e as sopranos, mais alto; essas correspondências de valores sugerem que os naipes de baixos possuem tratos vocais mais longos, assim como as sopranos, tratos vocais mais curtos.



Legenda: "Vocal Tract Length" – comprimento do trato vocal.
Cm – centímetro; kHz – quilohertz.

Figura 21: correspondência entre os centros de frequência (em kHz) do formante do cantor e seus respectivos comprimentos dos tratos vocais, de acordo com os naipes vocais (DIMITRIEV; KISELEV (1979) *apud* SUNDBERG (1994). Naipes vocais: *Bases* – Baixos; *Baritones* – Barítonos; *Tenors* – Tenores; *Sopranos* e *Mezzo-Sopranos* – Sopranos e *Mezzo-Sopranos*; *High Sopranos* – Sopranos "altas".

2.7.6 VARIAÇÃO (OU FLUXO) ESPECTRAL

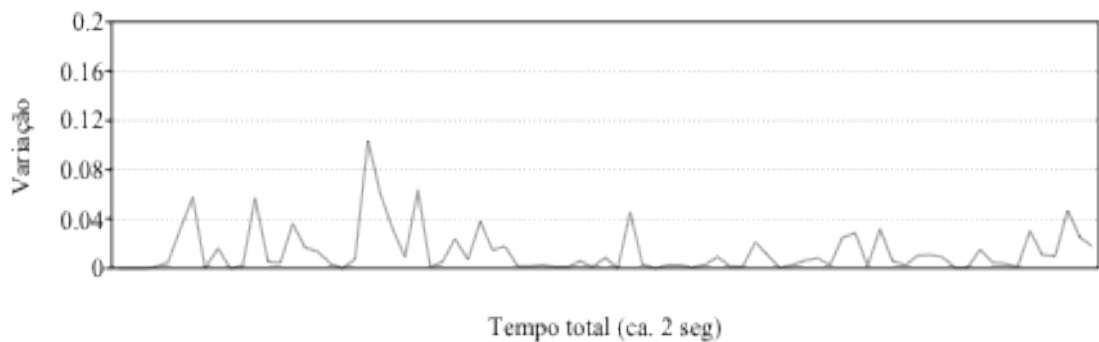
Lidar com sonogramas é bastante útil para se observar características gerais de um som: distribuição espectral, regularidade temporal, harmonicidade etc. No entanto, uma análise mais quantitativa necessita de outras ferramentas. Em nosso caso específico, que busca avaliar a qualidade vocal de vogais cantadas sustentadas, uma medida da regularidade espectral durante toda a emissão sonora pode ser útil. Usaremos, para isto, a medida de fluxo espectral, ou seja, a variação entre os espectros de momentos vizinhos de um mesmo som. Como resultados, teremos tanto uma curva (com a variação espectral no eixo vertical, e o tempo no eixo horizontal), quanto uma média dessa variação em todo o trecho.

Para esse cálculo, utilizamos a fórmula de variação espectral dada por Peeters (2003):

$$\text{variation} = 1 - \frac{\sum_k a(t-1, k) \cdot a(t, k)}{\sqrt{\sum_k a(t-1, k)^2} \sqrt{\sum_k a(t, k)^2}}$$

na qual $a(t)$ e $a(t-1)$ são espectros sucessivos do som a ser analisado, e k indica a ordem dos componentes espectrais. Quanto mais próxima a variação estiver de zero, mais os espectros são similares, e quanto mais próxima de 1, mais os espectros são dissimilares. Este valor não tem unidade de medida.

A figura abaixo mostra a variação espectral da gravação utilizada na figura 12. A média de variação no trecho é de 0,0136.



Legenda: seg: segundos.

Figura 22 - Variação espectral calculada para a gravação das figuras 11 e 12.

2.7.7 CENTRÓIDE ESPECTRAL

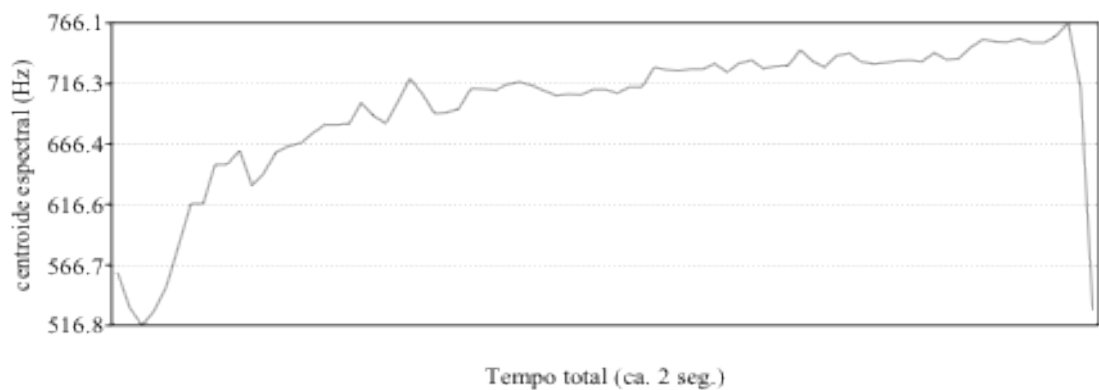
Outro descritor derivado da representação do sinal no domínio das frequências é o centróide espectral, comumente descrito como o centro de gravidade do espectro sonoro. Para cada quadro de análise espectral obtém-se um valor (em Hz), que pode ser correlacionado ao brilho (ou à maior presença de componentes agudos) do som em questão. Como em outros descritores já abordados, utilizaremos tanto a trajetória temporal do centróide quanto sua média em todo o trecho analisado.

O *Praat* utiliza a seguinte fórmula como seu padrão de cálculo do centro de gravidade espectral, na qual os cálculos são feitos sobre o quadrado das amplitudes de cada componente espectral.

$$centroide = \frac{\sum k|S(k)|^2}{\sum |S(k)|^2}$$

, onde K é a frequência de cada raia espectral de análise e S(K) a amplitude de cada raia.

A figura abaixo mostra a evolução temporal do centróide espectral extraído da gravação utilizada na figura 11. A média deste descritor no trecho analisado é 697,35 Hz.



Legenda: seg: segundos.

Figura 23 - Evolução temporal do centróide espectral calculado para a gravação das figuras 11 e 12.

3 METODOLOGIA

Trata-se de um projeto de pesquisa de caráter experimental, com delineamento quantitativo e qualitativo, o qual foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP/UFMG), sob o protocolo de número **CAAE - 0530.0.203.000-11**.

3.1 SUJEITOS

Foram convidados a participar do estudo alunos dos cursos de graduação e/ou pós-graduação em canto da Escola de Música da UFMG, e/ou integrantes do coral da referida escola, e/ou cantores de outras instituições. De acordo com o cálculo do tamanho amostral estatístico, em hipóteses em amostras pareadas, foi proposto o número de 29 cantores para compor o grupo de sujeitos da presente pesquisa. Como não foram identificados na literatura estudos anteriores sobre aquecimento vocal em cantores líricos, o cálculo foi baseado em uma pesquisa realizada com cantores coralistas (HULLEY, 1988). Após a coleta de dados, feita com dezesseis (16) vozes, verificou-se que um grupo menor foi suficiente para gerar resultados estatisticamente significativos em alguns dos parâmetros escolhidos, como se verá mais adiante na discussão dos resultados. É importante ressaltar que duas (2) vozes foram eliminadas das análises, pelo fato de terem apresentado algum dos itens listados nos critérios de exclusão (abaixo) estabelecidos para a pesquisa.

A população alvo recebeu os esclarecimentos necessários sobre o estudo e foi convidada a participar espontaneamente mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). (Anexo I)

Os critérios de inclusão dos sujeitos da pesquisa foram: cantores líricos; classificação vocal: incluem-se todos os naipes; ambos os gêneros; idades entre 18 e 40 anos, pois acredita-se que nessa faixa etária o aparelho fonador ainda não sofreu a influência das alterações hormonais e estruturais do envelhecimento (COSTA-PAIVA *et al.*, 2002), como também não sofre mais as alterações da muda vocal (AZEVEDO B.B. *et al.*, 2007).

Os critérios de exclusão foram: manifestação de queixas vocais como rouquidão, fadiga vocal, falhas na voz ou ardência na garganta nos 15 dias que antecederam a data da avaliação, visto que estes são sintomas sugestivos de algum tipo de alteração vocal orgânica ou comportamental (BEHLAU; AZEVEDO; PONTES, 2001; COLTON; CASPER, 1996; PINHO, 2003); história progressiva de doenças neurológicas e/ou endocrinológicas relevantes (PINHO, 2003), ou gástricas (BURATI *et al.*, 2003); alterações hormonais decorrentes de gravidez ou período menstrual e pré-menstrual (FIGUEIREDO *et al.*, 2004); gripe e/ou alergias respiratórias (PINHO, 2003; OLIVEIRA, 2004), porque ambos podem causar edema nas pregas vocais; hábitos de etilismo e tabagismo (BEHLAU, MADAZIO, PONTES, 2001; COLTON; CASPER, 1996; PINHO, 2003), já que esses agentes são agressivos à laringe e podem originar problemas vocais orgânicos.

3.2 COLETA DE DADOS

3.2.1 AMBIENTE DE GRAVAÇÃO

As gravações e análises foram realizadas no Laboratório de Síntese e Processamento de Sons da Escola de Música da UFMG, que conta com equipamentos adequados para a captação sonora prevista e a realização de testes auditivos. O ambiente para a coleta de dados manteve-se com uma média de 23,79 dB de ruído de fundo (medido com o *software Praat*), sendo que os cálculos foram baseados em medições realizadas em oito dias de gravações diferentes; o ruído ambiental recomendado por BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES (2001) deve ser inferior a 50 dB NPS, e em circunstâncias controladas e passíveis de reprodutibilidade.

3.2.2 AQUISIÇÃO DE DADOS

Para as avaliações perceptivo-auditiva e acústica, foram colhidas amostras de vogal sustentada e trecho de peça musical específica, conforme descrição abaixo. Para gravação do sinal acústico foi utilizado computador *Apple PowerMac G5 2.0 GHz* conectado à interface de áudio *MOTU 828 MKII*, com pré-amplificadores de microfones integrados, o programa utilizado para tanto foi o *Digital Performer* versão 7.01. O microfone empregado foi com fio, do tipo *condenser* de sensibilidade média, padrão de captação cardióide (*Samson C02*), instalado em um pedestal, frontalmente ao sujeito, situado acerca de 20 cm (para as vogais) da boca do participante e com ângulo de captação de 90° (BEHLAU; MADAZIO; FEIJÓ; PONTES, 2001). Ressalta-se que os cantores foram instruídos a posicionarem-se de pé, individualmente, com os braços estendidos ao longo do corpo, e utilizaram-se de fone de ouvido *AKG K-240* para ouvirem a nota musical e acompanhamento do piano, de forma que o próprio monitoramento na execução das referidas emissões vocais acontecesse adequadamente. Na emissão da vogal sustentada [a], o(a) cantor(a) foi solicitado(a) a inspirar e emitir a vogal [a] sustentada, na altura Sol 3

(392 Hz), para as mulheres e Sol 2 (196 Hz), para homens, em ambos os casos na intensidade *mezzo-forte* e pelo tempo de 10 segundos; as mesmas orientações foram feitas para o canto do trecho da peça musical, *a capella*: frase inicial da obra musical *Ave Maria*, de Charles Gounod/Bach (figura 24).

Ave Maria
Méditation über das 1. Präludium von Bach

Ch. Gounod, 1818-1893

Moderato

The musical score consists of four systems. The first system shows the piano accompaniment in G major, 3/4 time, with a tempo marking of 'Moderato'. The second system introduces the vocal line with the lyrics 'A - ve Ma - ri - a, Ma - ri - a,'. The third system continues the piano accompaniment with a dynamic marking of 'pp'. The fourth system concludes the vocal line with the lyrics 'gra - ti - a ple - na, Do - mi - nus te - cum, gna - den - er - fül - let, Gott - ge - be - ne - dei - te!'.

A - ve Ma - ri - a, Ma - ri - a,
Gruß dir, Ma - ri - a,

gra - ti - a ple - na, Do - mi - nus te - cum,
gna - den - er - fül - let, Gott - ge - be - ne - dei - te!

Figura 24 – Fragmento da partitura da obra musical *Ave Maria*, de Charles Gounod/Bach, cantada na vogal [a] em nosso experimento.

Para estudar a contribuição da fonte glótica para a qualidade da voz, foram eliminadas as consoantes surdas e sonoras do material de canto, uma vez que poderiam mascarar a informação da fonte de voz. A escolha da vogal [a] tanto para a emissão da vogal sustentada quanto para o trecho cantado justifica-se, especialmente, pelo fato de que o *jitter* de F0 é mais confiável nesta que nas vogais [i] e [u] (VIEIRA, 1997).

3.2.3 ARMAZENAMENTO DOS SINAIS

Os sons foram gravados em 16 *bits*, com frequência de amostragem de 48.000 Hz. Os arquivos sonoros foram armazenados em mídia digital, editados aos pares (pré- e pós-aquecimento) no programa *Sony Sound Forge*, versão 8.0, e a utilização dos arquivos por outros pesquisadores está condicionada à aprovação dos pesquisadores e dos sujeitos participantes.

3.3 DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS

Após assinatura do TCLE, que garantiu os aspectos bioéticos da pesquisa, de acordo com a resolução do CNS 196/96, foi aplicada uma anamnese específica (Anexo II) com o objetivo de descartar possíveis alterações que possam interferir no resultado do estudo, conforme os critérios de inclusão e exclusão, e ainda verificar o perfil vocal dos sujeitos, incluindo na anamnese perguntas como: tempo em que atua como cantor, frequência de treinamento vocal, existência de alguma dificuldade específica no canto; e cuidados com a voz, contemplando higiene vocal e/ou aquecimento e desaquecimento vocal.

As avaliações foram agendadas com orientações e informações prévias. Aqueles que concordaram em participar do estudo e se encaixaram nos critérios de inclusão, responderam à anamnese específica para cantores e tiveram suas vozes gravadas pré- e pós-aquecimento vocal.

3.3.1 AQUECIMENTO VOCAL

Inicialmente, o programa de aquecimento vocal estabelecido para o estudo foi proposto por Elliot *et al.* (1995): Tal programa se inicia com um padrão melódico descendente, passando de médio para graves e depois de médios para agudos, cantados suavemente na sílaba [mu:]. O procedimento prossegue com vários exercícios envolvendo mudanças de F0, diferentes vogais e diferentes níveis de *loudness*, evitando o canto extremamente forte. O programa completo de aquecimento vocal pelos autores tem duração de 25 minutos, aproximadamente. A escolha desse aquecimento justificou-se porque houve sugestões de que o programa de aquecimento vocal proposto pelos autores ocasionou a diminuição na viscosidade nas pregas vocais e no Limiar de Pressão Sonora⁵ em pesquisa realizada e relatada em *What happens during vocal warm-up?* (ELLIOT *et al.*, 1995). Entretanto, o referido programa de aquecimento não foi aplicado em cantores líricos, e o tamanho

⁵ O menor nível de pressão subglótica capaz de promover a oscilação das pregas vocais (ELLIOT *et al.*, 1995).

amostral foi insuficiente para que seus autores chegassem às conclusões relevantes acerca dos efeitos do aquecimento na viscosidade das pregas vocais e no limiar de pressão sonora.

Como não existe normatização de frequência, tempo e seleção de exercícios tanto para reabilitação quanto para aquecimento vocal de cantores, e pelo fato de a pesquisa de Elliot *et al.* (proposta inicial) não ter apresentado conclusões fidedignas às próprias suposições; a proposta do aquecimento vocal, desta pesquisa, foi modificada. O foco foi conferido nas nomeadas técnicas universais - aquelas que privilegiam a qualidade vocal (BEHLAU *et al.*, 2005), parâmetro este avaliado na análise perceptivo-auditiva, sendo importante ressaltar aqui também o enfoque dado aos descritores acústicos, na análise acústica. O critério de seleção da abordagem foi baseado no conhecimento, experiência dos pesquisadores e em resultados comprovados e descritos na literatura (BEHLAU, *et al.*, 2005; BEHLAU; PONTES, 1990; SOARES; PICCOLLOTO, 1980).

3.3.1.2 Descrição do aquecimento vocal

Após a gravação das primeiras amostras vocais (pré-aquecimento) foi dado início ao programa de aquecimento vocal organizado pela pesquisadora, baseado em técnicas já descritas na literatura, com contribuições determinantes da professora de canto da Escola de Música da UFMG, Luciana Monteiro de Castro Silva Dutra. Os exercícios selecionados têm sido frequentemente utilizados no treinamento vocal, apresentado por Behlau *et al.* (2005), e pelo mesmo entende-se por uma “série de exercícios com finalidades específicas, quer seja para contribuir na mudança do resultado vocal, quer seja para favorecer um novo ajuste muscular” e com extensas aplicações em voz profissional.

O procedimento proposto iniciou-se com:

- a) a técnica de movimentos cervicais (cabeça para frente e para trás, de um lado para o outro e de um ombro para o outro, duração de 20 segundos cada movimento); prosseguiu com movimentos de rotação de ombros de frente para trás (sentido horário, 2 séries de 10 segundos) associados à emissão prolongada de um som facilitador (som vibrante) em tonalidade confortável para o cantor e

- na sequência, rotação de ombros de trás para frente (anti-horário, 2 séries de 10 segundos);
- b) seguiu com a técnica de sons fricativos (emissão dos sons fricativos em passagem de sonoridade “sss...” – “...zzz”, 6 repetições de 10 segundos); na sequência, projeção de curtas emissões de “sss” com variação de intensidade: fraca, moderada e forte, 20 segundos cada emissão);
- c) prosseguiu com a técnica de rotação de língua no vestibulo bucal (2 repetições para a esquerda e depois direita, aumentando progressivamente, até completarem 4 repetições) e com a técnica de deslocamento lingual (anteriorização, 4 repetições);
- d) as técnicas dos sons vibrantes (3 minutos) e sons nasais (escala ascendente cantada em “mu” e descendente em boca *chiusa*) foram associadas à técnica de escalas musicais - estrato da escala maior, do primeiro ao quinto grau, executado em intervalo melódico de Quinta Justa (5ª justa), transposto cromaticamente de Dó3 a Lá3, ascendentemente, e em seguida, descendentemente, de Lá3 a Si2, para mulheres; já para os homens, estrato da escala maior, do primeiro ao quinto grau, executado em intervalo de Quinta Justa (5ª justa), transposto cromaticamente de Dó3 a Sol3, ascendentemente, e em seguida, descendentemente, de Sol3 a Si2;
- e) finalmente, os exercícios de trato vocal semi-ocluído (ETVSO) também foram associados à técnica de escalas musicais - estrato da escala maior, do primeiro ao terceiro grau, executado em intervalo melódico de Terça Maior (3ªM), transposto cromaticamente de Dó3 a Lá3, ascendentemente, e em seguida, descendentemente, Lá3 a Si2, para mulheres; já para os homens, estrato da escala maior, do primeiro ao terceiro grau, também executado em intervalo de Terça Maior (3ªM), transposto cromaticamente de Dó3 a Sol3, ascendentemente, e em seguida, descendentemente, de Sol3 a Si2. Embora tocados ao teclado nas alturas mencionadas, os homens cantam esses exercícios uma oitava abaixo, com exceção do registro contratenor.

O programa completo de aquecimento vocal teve a duração de 15 minutos.

3.4 DESCRIÇÃO DA AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA

As amostras vocais relativas ao trecho musical foram analisadas e comparadas pré- e pós-aquecimento por meio das análises perceptivo-auditiva. O teste foi implementado no *software PRAAT 5.1.32* (BOERSMA e WEENINK, 2010), descrito no próximo ítem que oferece, ao final, a possibilidade da extração dos resultados (erros e acertos) de cada avaliador.

A análise perceptivo-auditiva foi feita por dois fonoaudiólogos especialistas em voz e dois professores de canto, individualmente, por meio de fone de ouvido, marca *Philips* e modelo SHP 2000, com experiência mínima de cinco anos na área, e o parâmetro avaliado foi a Qualidade Vocal na voz cantada (ver figura 24). Os avaliadores puderam ouvir os trechos cantados por até duas vezes para cada análise. As amostras vocais coletadas antes e após a aplicação do aquecimento vocal foram editadas, de forma que a amostra 1 foi equivalente ao trecho musical cantado pré aquecimento e a amostra 2 foi equivalente ao trecho musical cantado pós aquecimento. As amostras 1 e 2, de todos os cantores participantes do estudo, foram apresentadas aos examinadores referidos acima, de forma aleatória. Portanto, os examinadores não souberam se a amostra apresentada, no primeiro momento, foi a 1 ou a 2. Assim sendo, coube aos mesmos escolher a amostra vocal de melhor qualidade, de cada cantor, independentemente da ordem em que as mesmas foram apresentadas pelo *software*.

A fim de verificar a consistência do julgamento (confiabilidade intra-avaliadores), três amostras foram duplicadas, sendo que a escolha das mesmas foi baseada em medidas de harmonicidade pré- e pós-aquecimento (maior, igual e menor); portanto, foram apresentadas para os fonoaudiólogos e professores de canto 17 trechos cantados do trecho musical vocalizado com a vogal [a] (14 gravadas + 3 duplicadas = 17 amostras para julgamento). Após feita a escolha da melhor qualidade vocal, os avaliadores foram solicitados a julgar a similaridade das amostras apresentadas, tendo como opções: “1 – praticamente idênticas”, “2 – relativamente similares” e “3 – bastante contrastantes”. A justificativa pela escolha deste procedimento, julgamento por meio da “similaridade” das amostras vocais, consiste no fato de existir a necessidade de padronizar um teste subjetivo com um vocabulário e sua respectiva significação comum a todos os avaliadores, haja visto que existe

uma linguagem técnica e específica a cada grupo de profissionais em questão.

Supondo-se que a qualidade vocal é afetada positivamente pelo aquecimento, defina, em sua opinião, qual das duas gravações foi realizada por uma voz aquecida.

primeira **segunda**

Na tomada dessa decisão, você considerou que as duas gravações apresentam qualidades vocais:

1 (praticamente idênticas)	2 (relativamente similares)	3 (bastante contrastantes)
----------------------------	-----------------------------	----------------------------

Figura 25 – Tela elaborada para a avaliação perceptivo-auditiva do estudo, apresentada no *software PRAAT 5.1.32* (BOERSMA e WEENINK, 2010).

3.5 DESCRIÇÃO DA AVALIAÇÃO ACÚSTICA

Para análise acústica foi utilizado o *software PRAAT 5.1.32* (BOERSMA e WEENINK, 2010), do *Institute of Phonetic Sciences*, pertencente à Universidade de Amsterdã. O referido *software* vem sendo utilizado em pesquisas científicas em todo o mundo, revelando-se confiável (CARRILO; ORTIS, 2007; DROMEY; SMITH, 2008; OGUZ *et al.*, 2007). As gravações foram analisadas qualitativa e quantitativamente, através da análise de gráficos e de cálculos de diferentes descritores acústicos. Nos espectrogramas, curvas de intensidade, curvas de frequência fundamental, curvas de centroide espectral e de variação espectral, podem ser observados: a definição dos harmônicos, a presença de regiões formânticas, ruído entre harmônicos, regularidade da emissão, curva de ataque. A análise quantitativa, além dos tradicionais parâmetros de frequência fundamental, *jitter* e *shimmer*, explorou também a evolução temporal (média) de diversos descritores acústicos: frequência fundamental, harmonicidade, centróide espectral, variação espectral.

Os cálculos dos espectrogramas (e seus derivados variação e centróide espectral) foram realizados com os seguintes parâmetros:

- tamanho da janela de análise (*window length*): 0,05 segundos;
- frequência máxima: 8000 Hz;
- passo temporal (*time step*): 0,025 segundos;
- passo de frequência (*frequency step*): 20 Hz;
- forma da janela (*window shape*): gaussiana.

A seguir, uma discussão global dos resultados obtidos.

4 RESULTADOS

Os resultados serão apresentados na seguinte ordem: primeiramente a avaliação perceptivo-auditiva, em seguida a análise acústica.

Na avaliação perceptivo-auditiva estão os resultados com os resultados das avaliadoras fonoaudiólogas (figura 26) e professoras de canto (figura 27). No quadro 1 indica-se a porcentagem de concordância entre as avaliadoras fonoaudiólogas; no quadro 2, entre as professoras de canto; e no quadro 3 a porcentagem global entre todos avaliadores.

Os resultados obtidos a partir da análise acústica das gravações realizadas com 14 cantores estão dispostos na Tabela 3, vale lembrar ao leitor que os cantores 5 e 12 foram eliminados das análises, conforme já justificado no capítulo 3 – Metodologia, mas os resultados obtidos dos mesmos, serão brevemente abordados no próximo capítulo – Discussão. Os resultados globais obtidos com os descritores *jitter*, *shimmer*, harmonicidade e variação espectral estão também representados graficamente. Por se tratar de uma análise objetiva, alguns descritores acústicos foram submetidos ao teste estatístico *T* de *Student*.

4.1 AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA

Os principais resultados da avaliação perceptivo-auditiva aplicada (ver capítulo 3) podem ser resumidos nas figuras abaixo, que comparam as avaliações feitas por duas fonoaudiólogas, por duas professoras de canto, e também o conjunto das quatro avaliações.

A figura 26 mostra as avaliações das fonoaudiólogas, e o quadro 1 traz as porcentagens de concordância entre elas. As proporções foram calculadas para todas as amostras apresentadas, incluindo-se as três repetições dos cantores 4, 8 e 10; as indicações 4(2) e similares referem-se à segunda apresentação da mesma gravação.

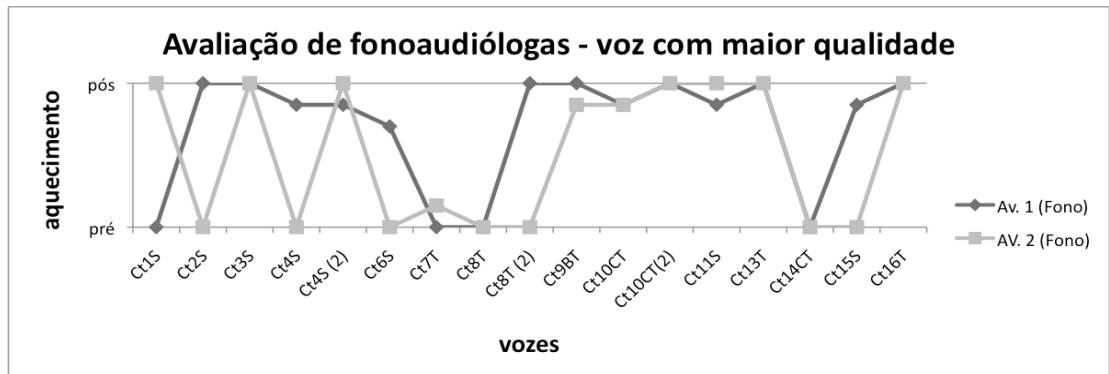


Figura 26: Indicação da voz (pré- ou pós-aquecimento) considerada com maior qualidade por duas fonoaudiólogas. As posições extremas indicam que a avaliação considerou as duas amostras do mesmo cantor "bastante contrastantes". Pontos mais centralizados indicam que a avaliação foi "relativamente similares". Pontos ainda mais centralizados indicam uma avaliação "praticamente idênticas".

QUADRO 1 – AS MELHORES VOZES SEGUNDO A CONCORDÂNCIA ENTRE AS AVALIADORAS FONOAUDIÓLOGAS NA AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA

Gravações	Melhor Voz	
	N	%
Pré-aquecimento vocal	7, 8, 14	17,65
Pós-aquecimento vocal	3, 4(2), 9, 10, 10(2), 11, 13, 16	47,06
Sem concordância	1, 2, 4, 6, 8(2), 15	35,29

Legenda: N – número da voz; % - porcentagem de concordância.

A figura 27 mostra as avaliações das professoras de canto, e o quadro 2 traz as porcentagens de concordância entre elas.

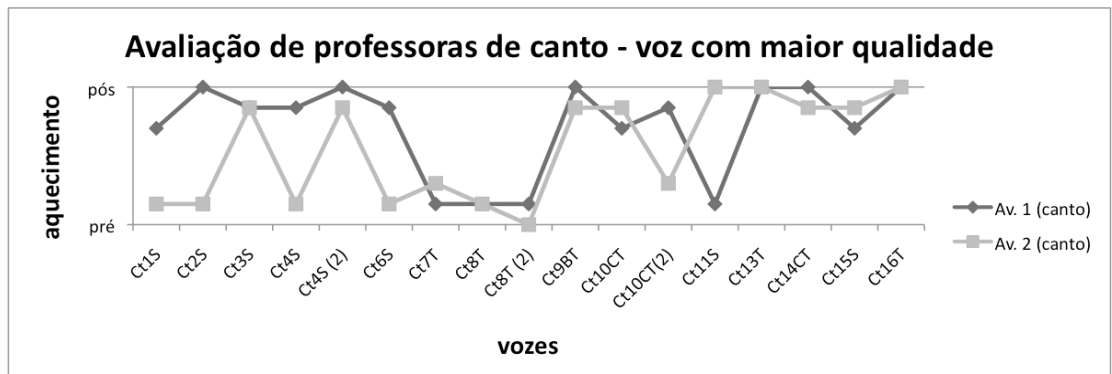


Figura 27: Indicação da voz (pré ou pós-aquecimento) considerada com maior qualidade por duas professoras de canto. As posições extremas indicam que a avaliação considerou as duas amostras do mesmo cantor "bastante contrastantes". Pontos mais centralizados indicam que a avaliação foi "relativamente similares". Pontos ainda mais centralizados indicam uma avaliação "praticamente idênticas".

QUADRO 2 – AS MELHORES VOZES SEGUNDO A CONCORDÂNCIA ENTRE AS AVALIADORAS PROFESSORAS DE CANTO NA AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA

Gravações	Melhor Voz	
	<i>N</i>	%
Pré-aquecimento vocal	7, 8, 8(2)	17,65
Pós-aquecimento vocal	3, 4(2), 9, 10, 13, 14, 15, 16	47,06
Sem concordância	1, 2, 4, 6, 10(2), 11	35,29

Legenda: N – número da voz; % - porcentagem de concordância.

A figura 28 mostra as avaliações conjuntas das fonoaudiólogas e das professoras de canto, e o quadro 3 traz as porcentagens de concordância entre elas.

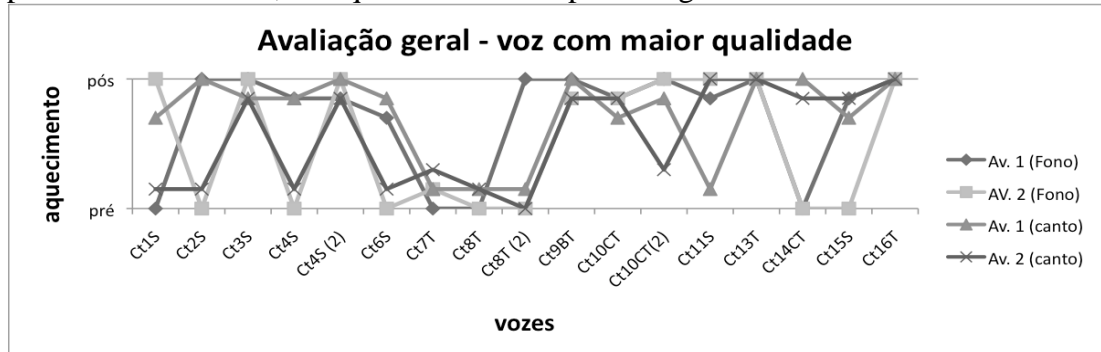


Figura 28: Indicação da voz (pré- ou pós-aquecimento) considerada com maior qualidade por todas as avaliadoras. As posições extremas indicam que a avaliação considerou as duas amostras do mesmo cantor "bastante contrastantes". Pontos mais centralizados indicam que a avaliação foi "relativamente similares". Pontos ainda mais centralizados indicam uma avaliação "praticamente idênticas".

QUADRO 3 – AS MELHORES VOZES SEGUNDO A CONCORDÂNCIA ENTRE TODAS AS AVALIADORAS NA AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA

Gravações	Melhor Voz	
	N	%
Pré-aquecimento vocal	7, 8	11,77
Pós-aquecimento vocal	3, 4(2), 9, 10, 13, 16	35,29
Sem concordância	1, 2, 4, 6, 8(2), 10(2), 11, 14, 15	52,94

Legenda: N – número da voz; % - porcentagem de concordância.

4.2 ANÁLISE ACÚSTICA

A tabela 3 consolida os resultados obtidos na análise acústica realizada com gravações de vogais sustentadas pré- e pós-aquecimento realizadas por 14 cantores. Nela podem ser vistos, ao lado do naipe vocal, os valores para os seguintes descritores acústicos:

- a) média geral da intensidade da gravação;
- b) média e desvio padrão da frequência fundamental;
- c) *jitter* e *shimmer*;
- d) harmonicidade;
- e) média da variação espectral na gravação;
- f) razão entre a variação espectral pós e pré-aquecimento;
- g) média do centróide espectral na gravação;
- h) razão entre as médias do centróide espectral e frequência fundamental.

Genericamente, no diz respeito aos descritores acústicos, das 14 vozes analisadas, observou-se que, após o aquecimento vocal, a frequência fundamental aumentou para 42,86% (7) cantores e diminuiu para os outros 57,14% (8); a intensidade aumentou para 71,42% (10) dos participantes e diminuiu para 28,57% (4) dos mesmos; o *jitter* aumentou para 21,42% (3) dos indivíduos e diminuiu para 78,57% (11) deles, enquanto que os dados obtidos de *shimmer* houve um aumento em 42,85% (6) da população estudada e uma diminuição nos 57,14% (8) restantes, conforme pode-se visualizar na primeira parte da tabela 3.

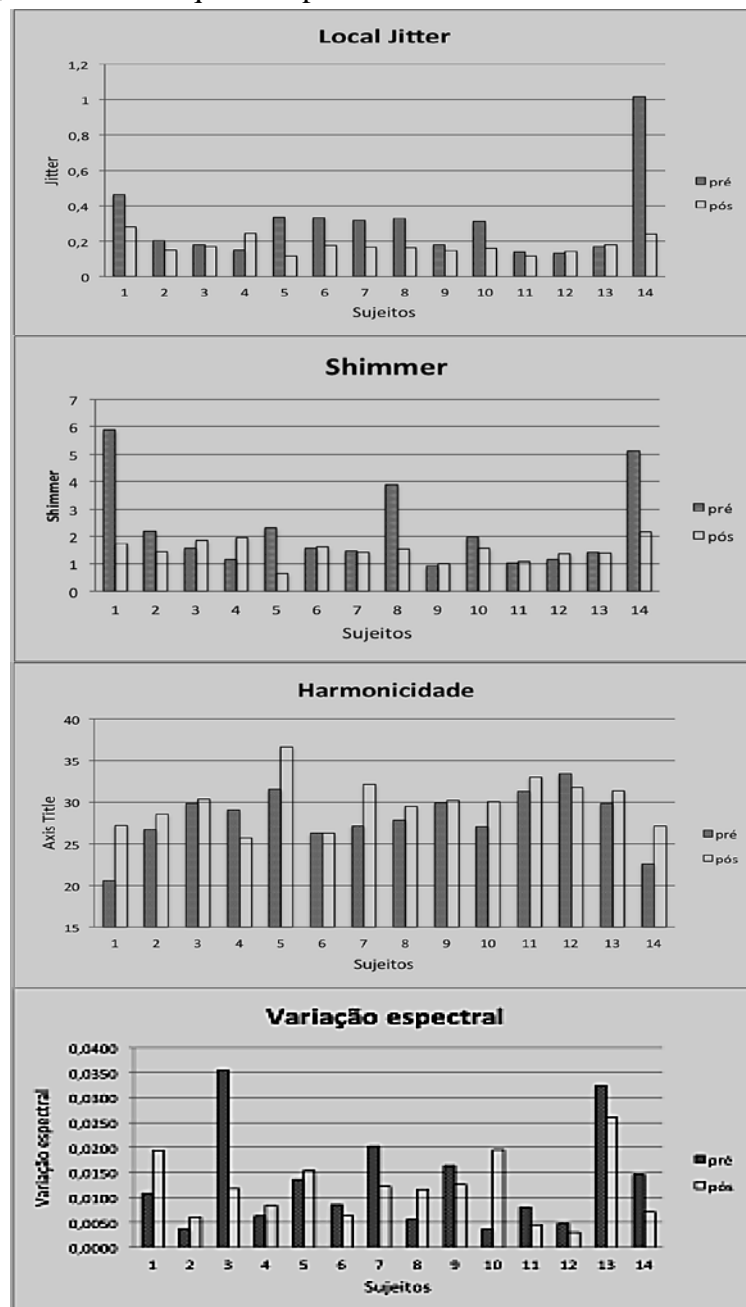
TABELA 3. DESCRITORES ACÚSTICOS DE VOGAL SUSTENTADA /A/ PRÉ E PÓS AQUECIMENTO VOCAL

Cantor	Naípe Vocal	Intensidade (dB)		F0 (Hz)		DP (Hz)		Jitter (%)		Shimmer (%)		Harmonicidade (dB)	
		Pré A.	Pós A.	Pré A.	Pós A.	Pré A.	Pós A.	Pré A.	Pós A.	Pré A.	Pós A.	Pré A.	Pós A.
Ct1S	Soprano	45,00	63,07	390,55	388,89	3,31	4,60	0,464	0,282	5,89	1,726	20,60	27,26
Ct2S	Soprano	54,00	57,19	263,88	263,38	2,45	3,14	0,204	0,15	2,183	1,441	26,69	28,55
Ct3S	Soprano	51,32	53,35	390,99	391,38	2,43	1,95	0,179	0,172	1,563	1,867	29,84	30,33
Ct4S	Soprano	52,16	53,36	261,19	262,82	1,37	1,43	0,15	0,244	1,163	1,964	29,09	25,70
Ct6S	Soprano	59,91	63,92	391,75	393,06	2,03	2,12	0,336	0,117	2,319	0,644	31,56	36,63
Ct7T	Tenor	60,21	55,38	196,28	196,84	1,55	1,61	0,333	0,177	1,568	1,613	26,25	26,23
Ct8T	Tenor	61,74	64,26	191,94	193,72	1,30	1,40	0,317	0,167	1,461	1,418	27,19	32,14
Ct9B	Baixo	53,73	57,32	195,87	195,43	1,74	2,31	0,331	0,165	3,897	1,553	27,90	29,45
Ct10CT	Contratenor	56,11	60,92	387,52	391,91	3,25	3,64	0,181	0,147	0,906	1,023	29,88	30,22
Ct11S	Soprano	61,44	65,90	395,14	393,71	2,90	2,64	0,311	0,161	1,968	1,577	27,09	30,01
Ct13T	Tenor	60,11	59,42	196,74	195,52	0,96	1,76	0,139	0,115	1,048	1,088	31,31	33,02
Ct14CT	Contratenor	64,69	63,54	394,98	395,42	2,81	2,64	0,132	0,143	1,161	1,374	33,41	31,78
Ct15S	Soprano	64,06	62,83	392,22	391,52	3,72	3,80	0,169	0,181	1,428	1,402	29,80	31,40
Ct16T	Tenor	54,31	62,28	195,35	192,04	2,93	1,27	1,018	0,24	5,114	2,163	22,56	27,16

Cantor	Naípe Vocal	Variação Espectral		Variação Espectral Pós/Pré	Centróide (média) (Hz)		Centróide/F0 (Hz)	
		Pré A.	Pós A.		Pré A.	Pós A.	Pré A.	Pós A.
Ct1S	Soprano	0,0108	0,0194	1,7989	597,45	947,42	1,53	2,44
Ct2S	Soprano	0,0037	0,0061	1,6335	430,20	559,17	1,63	2,12
Ct3S	Soprano	0,0354	0,0117	0,3295	921,81	921,95	2,36	2,36
Ct4S	Soprano	0,0063	0,0085	1,3513	625,09	720,12	2,39	2,74
Ct6S	Soprano	0,0136	0,0154	1,1309	957,89	1103,57	2,45	2,81
Ct7T	Tenor	0,0086	0,0063	0,7312	651,94	488,21	3,32	2,48
Ct8T	Tenor	0,0203	0,0122	2,0712	771,86	729,04	4,02	3,76
Ct9B	Baixo	0,0056	0,0116	0,6031	396,21	553,20	2,02	2,83
Ct10CT	Contratenor	0,0164	0,0126	2,0712	796,64	831,25	2,06	2,12
Ct11S	Soprano	0,0036	0,0196	0,7682	696,59	1053,63	1,76	2,68
Ct13T	Tenor	0,0080	0,0045	0,5611	849,77	596,75	4,32	3,05
Ct14CT	Contratenor	0,0048	0,0030	0,6213	510,85	517,35	1,29	1,31
Ct15S	Soprano	0,03239	0,02595	0,8012	911,34	895,80	2,32	2,29
Ct16T	Tenor	0,01462	0,00711	0,4863	605,40	790,17	3,10	4,11

Legenda: Ct = cantor (S = Soprano, T = Tenor, CT = Contratenor, B = Baixo); Pré A. = pré-aquecimento; Pós A. = pós-aquecimento; dB = decibéis; Hz = hertz; F0 = frequência fundamental; DP = desvio-padrão.

Os quatro descritores globais que consideramos relevantes para uma análise estatística comparativa são *jitter*, *shimmer*, harmonicidade e variação espectral. Muñoz *et al.* (2003) mencionaram em pesquisa que as medidas acústicas padrão de qualidade vocal incluem *jitter*, *shimmer*, e harmonicidade. Em relação aos três primeiros, têm-se uma expectativa clara da direção de sua possível mudança após o aquecimento: *jitter* e *shimmer* deveriam diminuir, e a harmonicidade aumentar. Já a variação espectral merece uma discussão posterior mais detalhada, pois embora relevante, não é claro o que se esperar dela.



Legenda: No gráfico “Harmonicidade”: *Axis Title* = título do eixo = harmonicidade.
 Figura 29: Gráficos com o resultado geral relativos aos descritores *jitter*, *shimmer*, harmonicidade e variação espectral para as vozes pré- e pós-aquecimento.

Aplicando o teste *t* de *Student* aos três primeiros parâmetros, considerando-se uma amostragem pareada e com variação esperada somente para um dos lados, obtém-se os seguintes valores *p*:

TABELA 4 - VALORES SIGNIFICATIVOS DO *T* DE *STUDENT* PARA TRÊS PARAMETROS ACÚSTICOS

Parâmetros Acústicos	Valores do <i>T</i> de <i>Student</i>
<i>Jitter</i>	0,019
<i>Shimmer</i>	0,13
Harmonicidade	0,011

Os resultados relativos ao *jitter* e harmonicidade apresentam uma clara separação entre os grupos (índice significativo $p < 0.05$), enquanto o *shimmer* não indica esta tendência. Vale destacar que para o cálculo do shimmer, os cantores 1 e 16, que apresentaram valores atípicos desse parâmetro, não foram considerados.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA

A primeira observação a ser feita é a falta de consistência na análise de cada avaliadora em relação às mesmas amostras. As amostras repetidas no teste (dos cantores 4, 8 e 10) obtiveram resultados bastante díspares. Apenas uma professora de canto manteve a mesma avaliação qualitativa para as três repetições. Certamente, a ordenação das amostras (feita de forma aleatória para cada uma das avaliadoras) contribuiu para este resultado.

Os resultados dessa avaliação não permitem qualquer afirmação conclusiva sobre o papel do aquecimento na melhoria da qualidade vocal de cantores líricos, já que tanto o índice de não concordância entre as avaliações é muito alto (ca. de 53%) e há também um índice não desprezível de escolha de gravações pré-aquecimento (ca. de 12%). No entanto, os dados permitem uma série de discussões qualitativas, que serão detalhadas a seguir.

Embora não se relacionem ao mesmo subconjunto de amostras, houve concordância dos percentuais de escolha das vozes com maior qualidade entre os dois grupos de avaliadoras: 47% pós-aquecimento, 18,5% pré-aquecimento, 34,5% discordantes.

Somente seis das quatorze gravações foram avaliadas de forma igual por todos os sujeitos do teste perceptivo: cantor 7 (preferência pela gravação pré-aquecimento) e cantores 3, 9, 10, 13 e 16 (preferência pela gravação pós-aquecimento). Exluímos dessa conta os cantores 4 e 8 que, embora tenham alcançado consenso entre os avaliadores, tiveram suas repetições avaliadas de modo diverso. Já com o cantor 14 aconteceu um fato curioso: enquanto as avaliadoras fonoaudiólogas indicaram a voz pré-aquecimento como a de maior qualidade vocal, as avaliadoras cantoras optaram pelo oposto.

Detalhando os dados obtidos das gravações que foram apresentadas em dois momentos (vozes 4, 8 e 10), observou-se que a avaliadora fonoaudióloga 1 foi coerente na correspondência auditiva das vozes 4 e 10 (opção pelo pós-aquecimento), considerando as gravações da voz 4 como “relativamente similares”,

nos dois momentos em que os arquivos sonoros foram apresentados, e a 10 como “relativamente similares” na primeira escuta e “bastante contrastantes” na repetição; quanto à voz 8, a avaliadora não demonstrou correspondência nas respostas, considerando, no primeiro momento, o arquivo pré-aquecimento como a melhor qualidade vocal e, no segundo momento, o arquivo pós-aquecimento como sendo o de melhor qualidade, embora a impressão de “bastante contrastantes” tenha sido mantida nos dois momentos. Já a avaliadora fonoaudióloga 2 demonstrou correspondência para as vozes 8 (pré-aquecimento) e 10 (pós-aquecimento), e discordância para a voz 4, sendo que para a voz 8, a impressão de “bastante contrastantes” foi mantida nos dois momentos de apresentação das amostras vocais, e para a voz 10, como “relativamente similares” na primeira audição e “bastante contrastantes” na segunda.

Quanto às avaliadoras professoras de canto, notou-se que nas duas audições dos mesmos arquivos, a avaliadora 1 demonstrou correspondência na avaliação de todas as vozes (4, 8 e 10); entretanto, o arquivo julgado como o de melhor qualidade, na voz 8, foi o pré-aquecimento. Os arquivos referentes à voz 4 foram considerados como “relativamente similares”, na primeira audição e “bastante contrastantes” na segunda, os referentes à voz 8 foram considerados como “relativamente similares” nas duas audições, e os referentes à voz 10 como “praticamente idênticas”, na primeira escuta e “relativamente similares”, no segundo momento. Finalmente, a segunda avaliadora de canto, não demonstrou correspondência entre as duas escutas das vozes 4 e 10, e correspondência entre os arquivos da voz 8 (pré-aquecimento); nesta, as impressões foram de “relativamente similares” e “bastante contrastantes”, nas primeira e segunda audições, respectivamente. Os arquivos da voz 4 foram considerados “relativamente similares” nas duas escutas e as amostras da voz 10 foram consideradas “relativamente similares” e “praticamente idênticas”, em suas duas apresentações.

Também não se pode fazer uma correlação entre a escolha da amostra classificada como a de melhor qualidade e os diferentes valores de harmonicidade pré- e pós-aquecimento vocal obtido por estes cantores na avaliação acústica: harmonicidade similar (Ct10), outra com harmonicidade maior após o aquecimento (Ct8), e a terceira com harmonicidade menor após o aquecimento (Ct4).

A literatura diz que aspectos como experiência, condições de gravação e as condições de apresentação das amostras para serem julgadas são importantes para

serem levados em conta quando se trata de uma avaliação perceptivo-auditiva (SELL *et al*, 2008). Os resultados obtidos na avaliação em questão, deste estudo, apontam para uma concordância não conclusiva intra e interavaliadores, sugerindo que algum dos aspectos supracitados podem ter influenciado nestes julgamentos. E, adicionalmente a isso, as avaliadoras fonoaudiólogas fizeram sugestões verbais para o teste perceptivo-auditivo que devem ser consideradas, a saber: antes do início do teste, inserir amostras vocais do mesmo trecho cantado na vogal [a], que não sejam dos cantores participantes, de forma que as avaliadoras possam se habituar com os “sons”; e possibilitar ao avaliador ouvir as amostras vocais apresentadas por três (3) vezes.

Sabe-se que uma meta possível para cantores na execução do aquecimento vocal é estabelecer conforto e melhorar a qualidade de voz. Embora o aquecimento seja considerado essencial para todo cantor, conforme dito anteriormente, algumas pesquisas demonstraram que os resultados sobre o efeito de um aquecimento não foram relevantes, no tocante às qualidades biomecânicas ou aerodinâmicas da voz (MILBRATH; SOLOMON, 2003; MOTEL *et al*, 2003). AMIR *et al*. (2005) dizem que mudanças nos valores acústicos nem sempre irão refletir a magnitude das modificações das capacidades vocais. Os mesmos dizem ainda que não está claro, na literatura, saber se os parâmetros acústicos relacionados à qualidade vocal (*jitter*, *shimmer* e *harmonicidade*), poderiam contribuir para ilustrar o efeito específico do aquecimento na qualidade de voz, devido à variabilidade dessas medidas obtidas em pesquisas diversas (LUNDY *et al.*, 2000; KOVAČIĆ; BUĐANOVAC, 2002) e com objetivos semelhantes.

No nosso estudo, não há uma correlação clara entre os resultados do teste perceptivo-auditivo e as análises acústicas. Conforme mencionado anteriormente, nem sempre os resultados acústicos obtidos relacionam-se de maneira proporcional às mudanças na qualidade de voz e, conseqüentemente, ao som ouvido. Certamente, a situação musical do experimento (interpretação de um trecho de obra musical, ao invés de uma simples vogal sustentada) aliada à experiência individual de cada cantor deve ter influenciado tanto em suas emissões vocais quanto na avaliação dos profissionais. Isso indica a necessidade futura de um experimento com menor variabilidade entre as duas frentes de análise. Embora seja também possível uma aplicação dos descritores da análise acústica às gravações do trecho musical cantado,

corre-se o risco de que outros parâmetros relevantes para essa comparação (afinação, intenção musical, articulação entre as notas, fraseado) não sejam levados em conta.

Da análise acústica, ainda merecem discussão os resultados obtidos em dois dos descritores utilizados: variação espectral e centróide espectral; e resumidamente os resultados de *jitter* e *shimmer*.

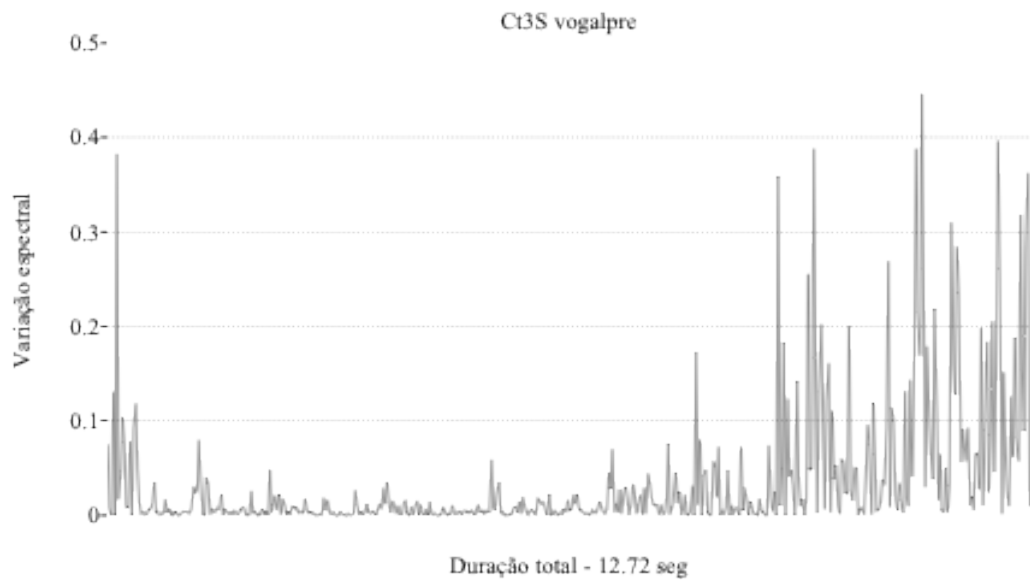
5.2 ANÁLISE ACÚSTICA

Análise acústica computadorizada é uma ferramenta que tem a capacidade revelar de forma confiável, medir e quantificar pequenas diferenças que seriam, de outra forma, difíceis de serem identificadas. Alterações estatisticamente significativas nos valores acústicos nem sempre estão comparativamente associadas às alterações clinicamente significativas nas capacidades vocais, conforme dito anteriormente (AMIR *et al.*, 2005).

Em pesquisa semelhante a esta, AMIR *et al.* (2005) constataram que os valores de *jitter* e *shimmer* abaixaram após a aplicação de um aquecimento vocal em 20 cantoras líricas, o que converge com os resultados deste estudo. Por serem medidas de perturbação, de frequência e amplitude, respectivamente, podemos inferir que um dos efeitos do aquecimento vocal é a melhorar a estabilidade vocal. A perturbação da frequência é influenciada predominantemente pela mudança na massa das pregas vocais, rigidez e tensão; enquanto que a amplitude de vibração está diretamente condicionada à interação entre a pressão de ar subglotal e a resistência glótica (BORDEN *et al.*, 1994).

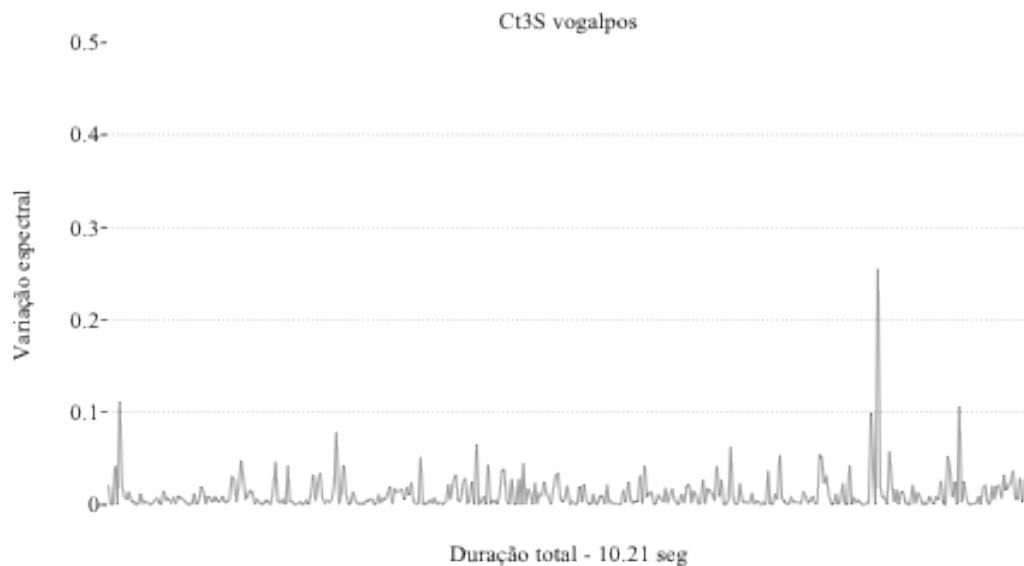
5.2.1 VARIAÇÃO ESPECTRAL

Embora a variação espectral também tenha sido calculada, é mais difícil inferir de antemão que uma maior qualidade vocal estaria ligada a uma maior ou menor variação dessa grandeza. Para uma abordagem qualitativa, escolhemos os dois sujeitos que apresentaram extremos de variação espectral em suas amostras pré- e pós-aquecimento: sujeito 3 (razão pós/pré = 0,3295) e sujeito 11 (razão pós-pré = 5,4309). As curvas de variação espectral do sujeito 3 estão mostradas abaixo:



Legenda: seg – segundos.

Figura 30 – Curva de variação espectral do cantor 3 pré-aquecimento.

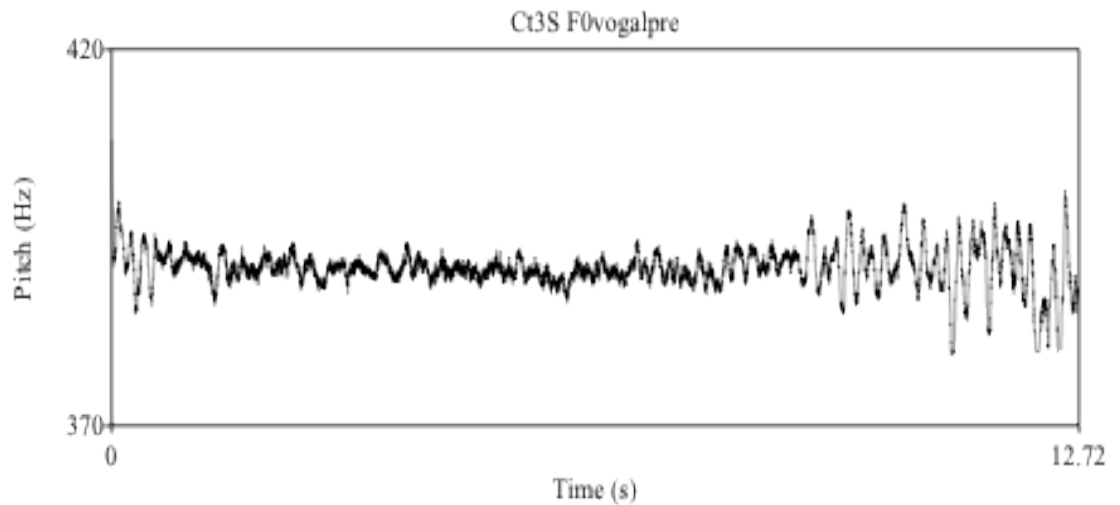


Legenda: seg – segundos.

Figura 31 – Curva de variação espectral do cantor 3 pós-aquecimento.

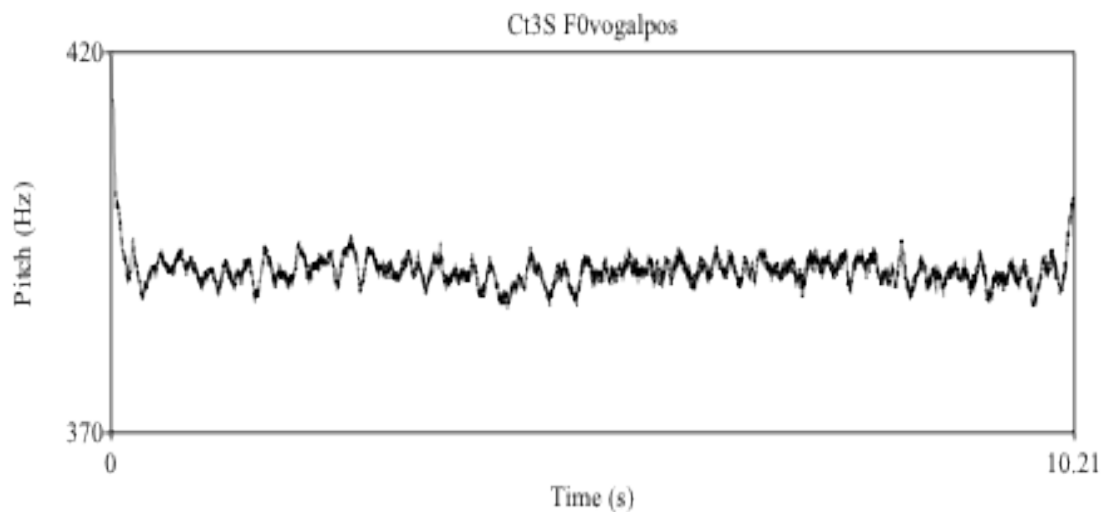
Observando-se as curvas de F_0 , nas gravações pré- e pós-aquecimento, pode-se concluir que neste caso a maior variação espectral da primeira gravação é devida ao aparecimento de um vibrato, não solicitado em sua emissão vocal. A gravação pós-aquecimento não apresenta tal vibrato. É importante salientar ao leitor que os gráficos de F_0 são nomeados pelo programa *Praat* por gráficos de *Pitch*, sendo que a

correspondência dos significados é a mesma, somente há uma divergência na nomenclatura.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Pitch* – *F0*; (Hz) – hertz.

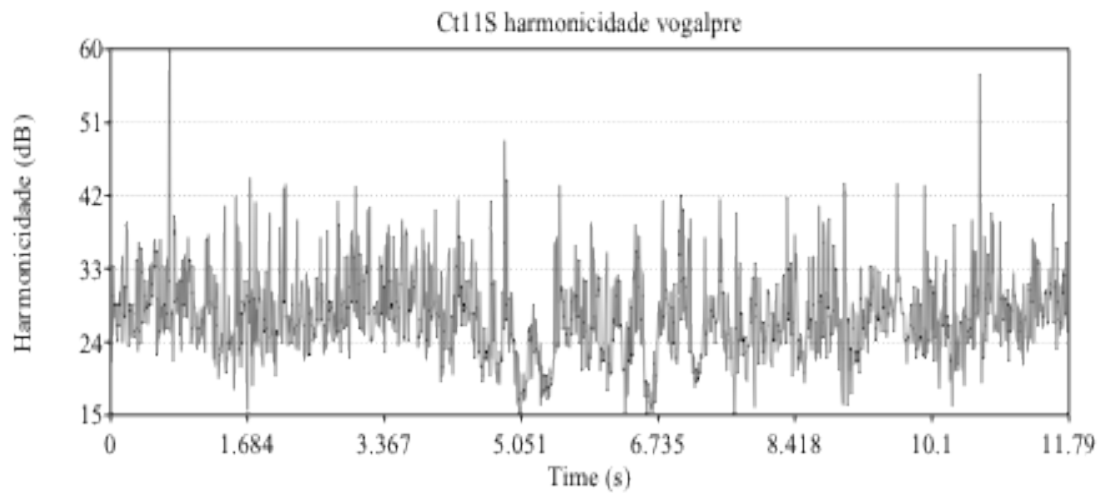
Figura 32 – Curva de F0 pré-aquecimento do cantor 3.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Pitch* – *F0*; (Hz) – hertz.

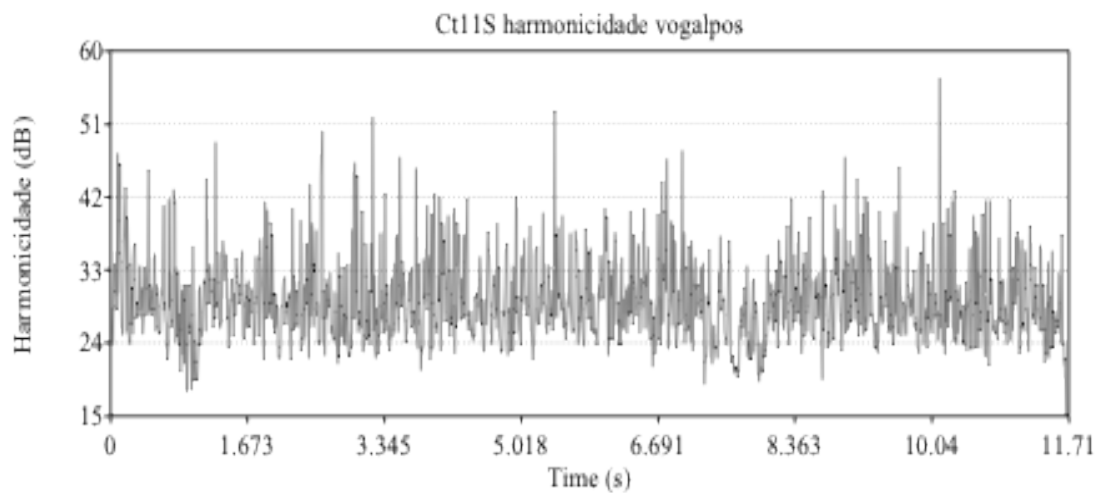
Figura 33 – Curva de F0 pós-aquecimento do cantor 3.

Já o sujeito 11 apresenta maior variação espectral na vogal pós-aquecimento. Neste caso, vale observar as curvas de harmonicidade e os sonogramas relativos às duas emissões. Seguem os gráficos abaixo:



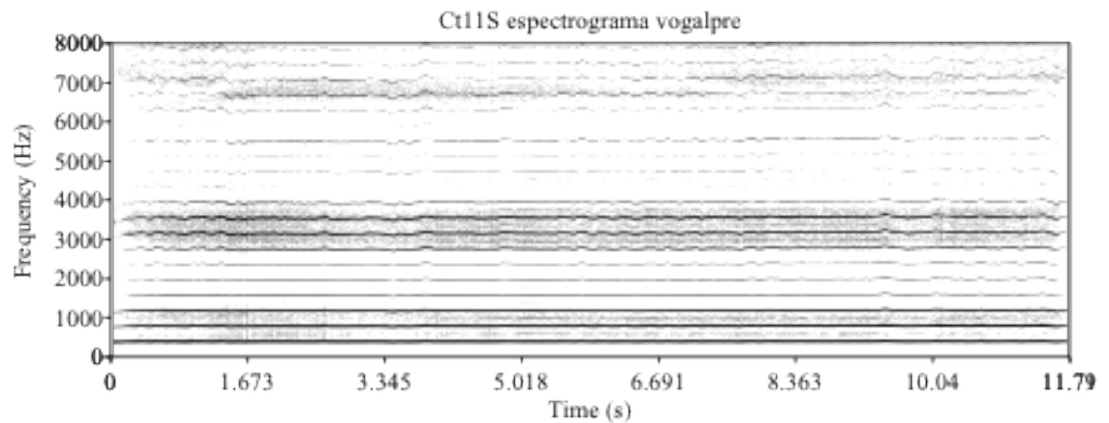
Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; (dB) – decibéis.

Figura 34 – Curva de harmonicidade pré-aquecimento do cantor 11.



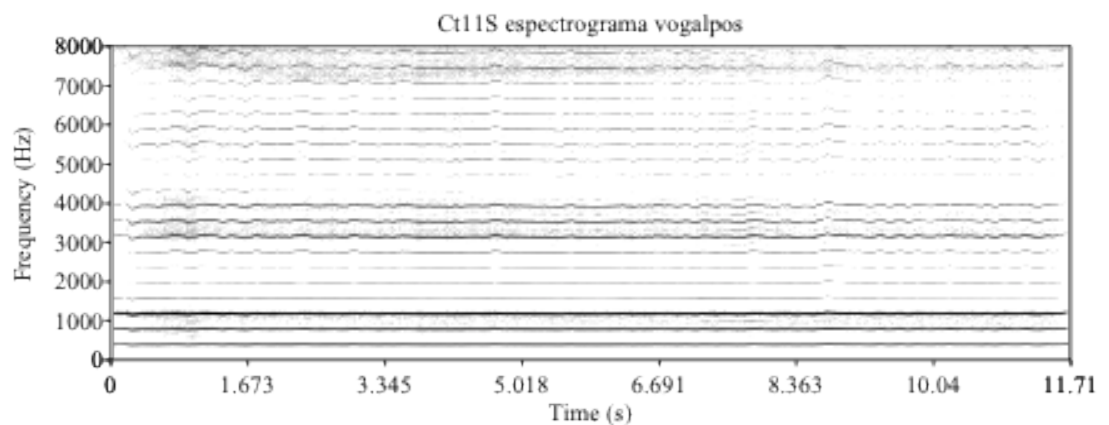
Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; (dB) – decibéis

Figura 35 – Curva de harmonicidade pós-aquecimento do cantor 11.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

Figura 36 – Sonograma frequência x tempo do cantor 11 pré-aquecimento vocal.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

Figura 37 – Sonograma frequência x tempo do cantor 11 pós-aquecimento vocal.

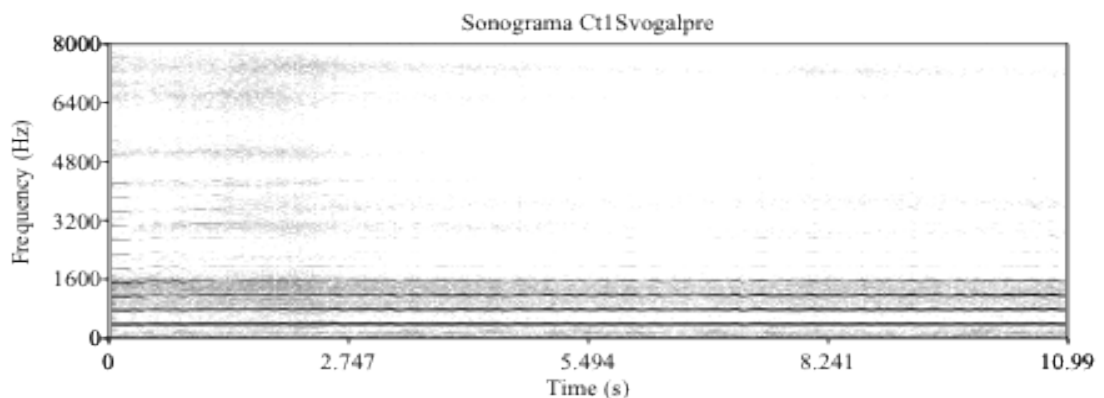
A presença de sopro na vogal pré-aquecimento, claramente visível no sonograma na faixa entre 3000 e 4000 Hz, contribui para uma menor harmonicidade geral, e certamente também para uma menor variação espectral, já que essa característica se mantém por todo o trecho. A vogal pós-aquecimento apresenta uma maior brilho, com maior presença espectral na faixa de 5000 a 8000 Hz, que varia bastante durante o trecho.

Os exemplos acima mostram que embora relevante para uma análise acústica de qualidade vocal, os resultados de variação espectral, por si só, não devem ser utilizados como uma medida absoluta, devendo-se analisar o contexto de sua produção.

5.2.2 CENTRÓIDE ESPECTRAL

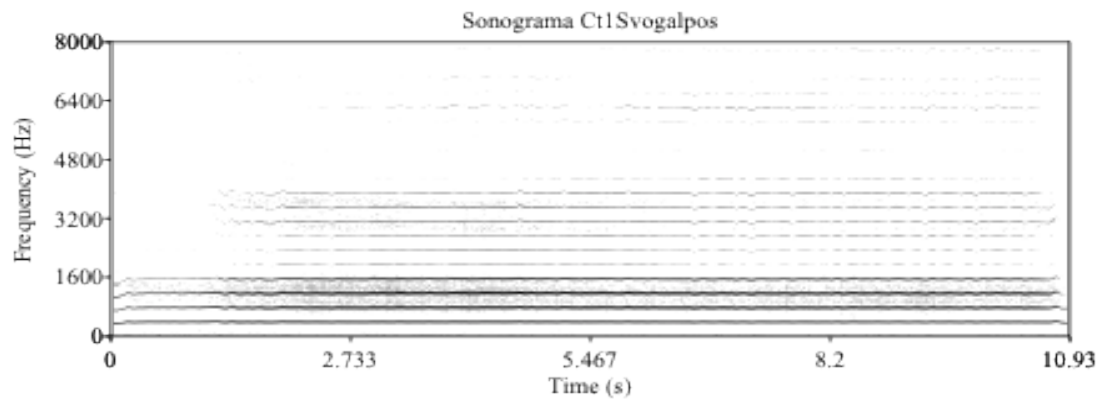
Embora a média da variação do centróide espectral também não tenha gerado resultados estatisticamente significativos, é importante observar que a maioria das vozes femininas do registro soprano apresentaram um aumento desse parâmetro, provavelmente ligado a um aumento do brilho da vogal cantada. Observando-se os espectrogramas pré e pós-aquecimento de cada uma delas, pode-se notar que:

a) a cantora soprano1 mostra grande diferença entre os espectros, sendo que sua voz pós-aquecimento tem menos sopro e maior brilho, tais características podem ser comprovadas acusticamente pela diminuição das áreas hachuradas (entre harmônicos e região aguda) e maior número de harmônicos na região médio-alta do espectrograma, respectivamente. O terceiro harmônico, em torno a 1.200 Hz, é bastante reforçado, sugerindo um alinhamento entre o harmônico e o segundo formante (F2) na voz pós-aquecimento. Os ajustes articulatórios empregados para a produção de formantes são diversos: para a produção do segundo formante, Behlau; Madazio; Feijó; Pontes (2001) sugerem modificação da forma do corpo da língua, com a configuração anteriorizada ou posteriormente abaixada, a consequência acústica para F2 é de aumento do mesmo. Como houve maior brilho pós-aquecimento, possivelmente, esse foi o ajuste utilizado para tanto. A cantora relatou em anamnese pouco tempo de treinamento vocal, 4 meses, levando em consideração a data de avaliação da mesma no estudo, fato que pode estar relacionado à grande diferença entre os espectros.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz

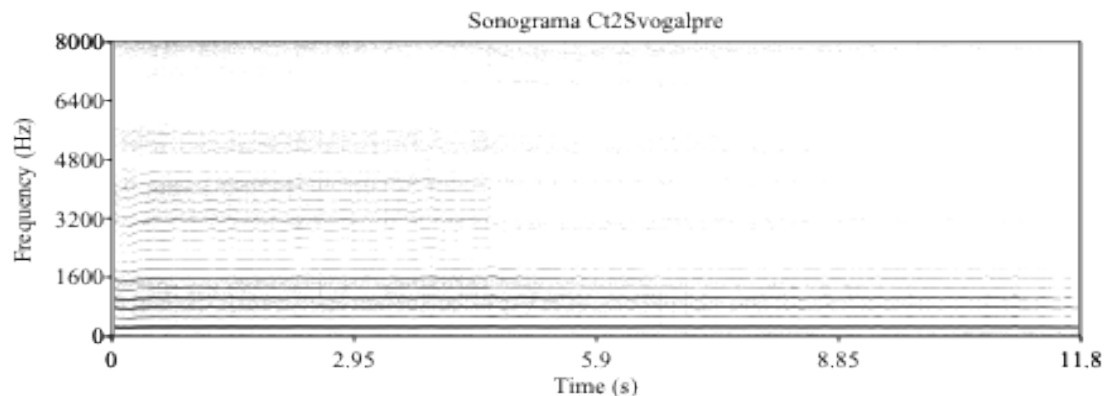
Figura 38 – Sonograma frequência x tempo do cantor 1 pré-aquecimento vocal.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

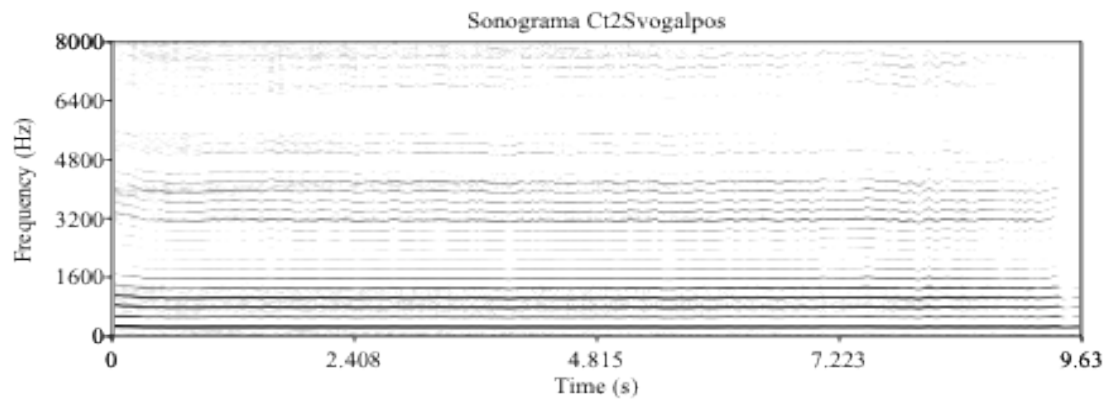
Figura 39 – Sonograma frequência x tempo do cantor 1 pós-aquecimento vocal.

b) a cantora soprano2, em sua vogal sustentada pré-aquecimento, mostra uma perda de energia nos harmônicos mais agudos, a partir de cerca de 5 segundos, que pode estar relacionada com alguma mudança fisiológico-anatômica. Behlau (1999) relaciona a interrupção do traçado com quadros de abuso vocal, o que não foi relatado em anamnese, e também à lesões de massa, como nódulos, o que também não condiz com os achados da anamnese e audição da qualidade vocal. Em nossa opinião, a interrupção do traçado pode estar relacionada a uma voz “fria”, não aquecida, já que há associações na literatura de que a série harmônica é tão mais rica quanto melhor for o fechamento glótico.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

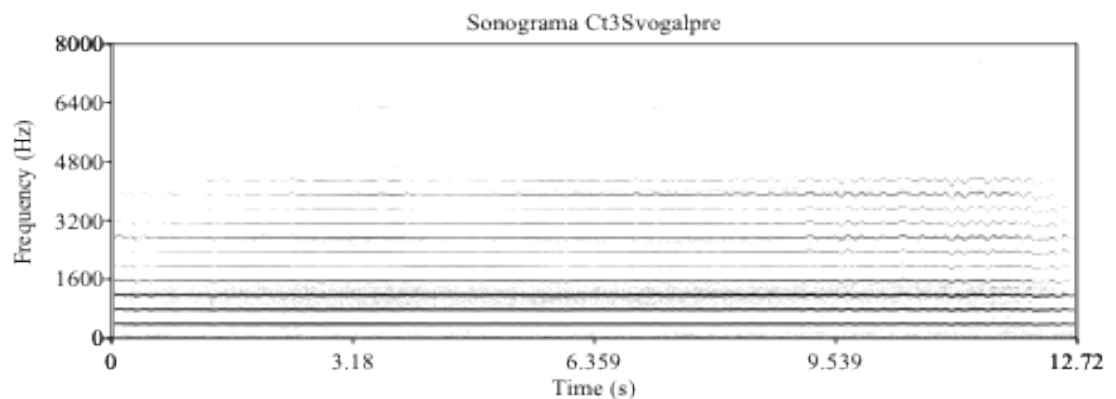
Figura 40 – Sonograma frequência x tempo do cantor 2 pré-aquecimento vocal.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

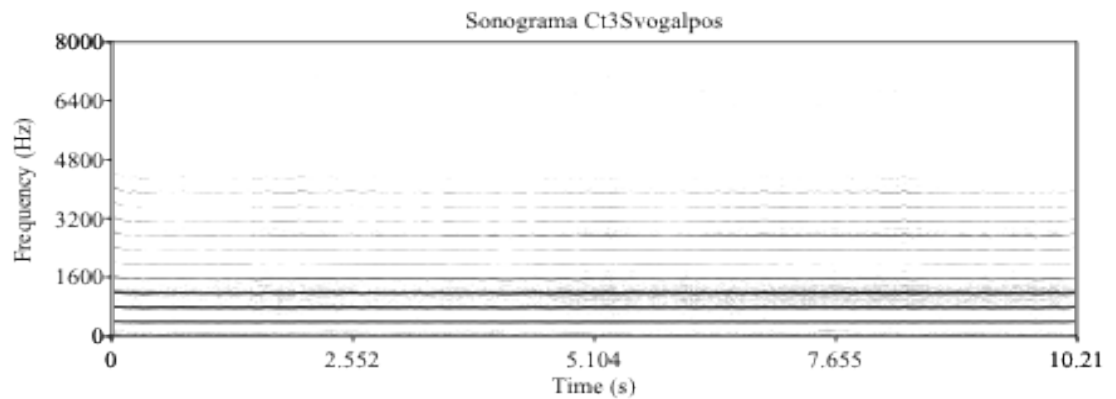
Figura 41 – Sonograma frequência x tempo do cantor 2 pós-aquecimento vocal.

c) a cantora soprano3 não apresenta diferenças significativas entre os valores médios de centróide pré (921,81 Hz) e pós-aquecimento (921,95 Hz). Uma maior energia pode ser observada nas duas instâncias, o que pode ser justificado por ser uma cantora mais experiente, experiência esta que pode ser determinante nos ajustes motores laríngeos. A mesma relatou em anamnese que iniciou seus estudos no canto há 8 anos e com uma frequência de treinamento vocal de 7 dias por semana. Há algumas associações na literatura de que cantores com maior tempo de treinamento possuem uma voz mais “pronta” para a performance, portanto, frente à experiência da cantora 3, pode ser que o aquecimento vocal tenha ocasionado um efeito menor, comparado aos efeitos na voz de uma cantora menos experiente, justificando as pequenas diferenças acústicas.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

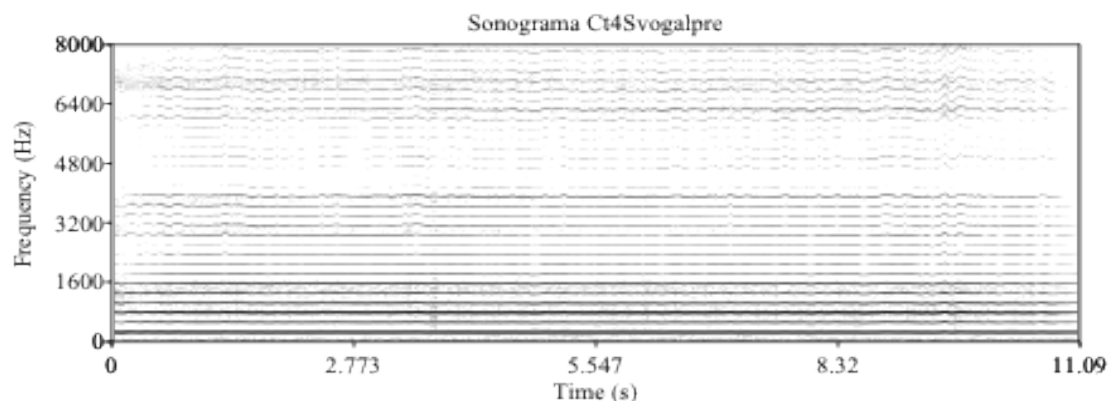
Figura 42 – Sonograma frequência x tempo do cantor 3 pré-aquecimento vocal.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

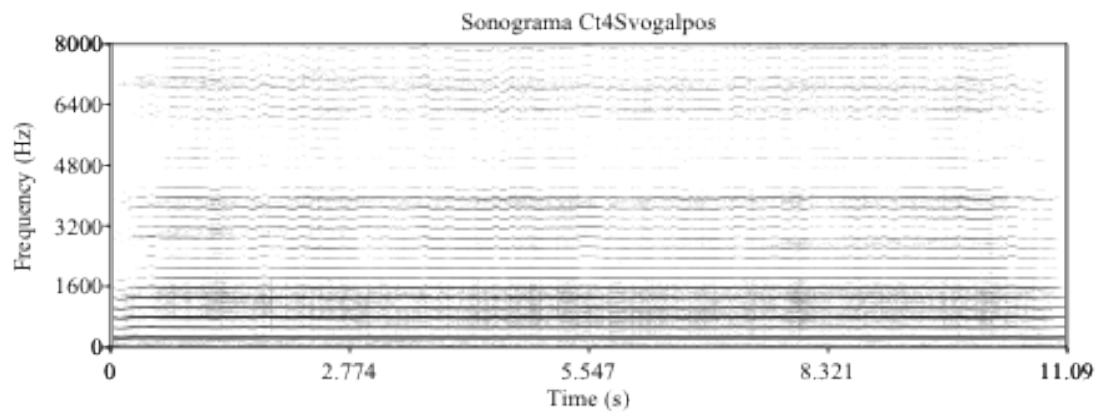
Figura 43 – Sonograma frequência x tempo do cantor 3 pós-aquecimento vocal.

d) a cantora soprano4 apresenta uma média do centróide espectral levemente superior na voz pós-aquecimento. Isto talvez se deva mais à menor harmonicidade encontrada nesta instância do que a uma diferença significativa na distribuição espectral. A qualidade vocal soprosa encontrada na vogal pós pode ser observada no segundo sonograma - acontece uma degradação da estrutura harmônica acima de 4.000 Hz (VIEIRA; ROSA, 2006). É uma cantora com ampla experiência, 11 anos de treinamento vocal, e não foram encontrados dados na anamnese que justificassem consistentemente tal soprosidade pós-aquecimento, a não ser alguma relação com um quadro de fadiga vocal (BEHLAU; AZEVEDO; PONTES; BRASIL, 2001) ou uma configuração glótica com a fenda triangular posterior comum às mulheres (BEHLAU; AZEVEDO; PONTES; BRASIL, 2001; MENDOZA *et al.*, 1996).



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

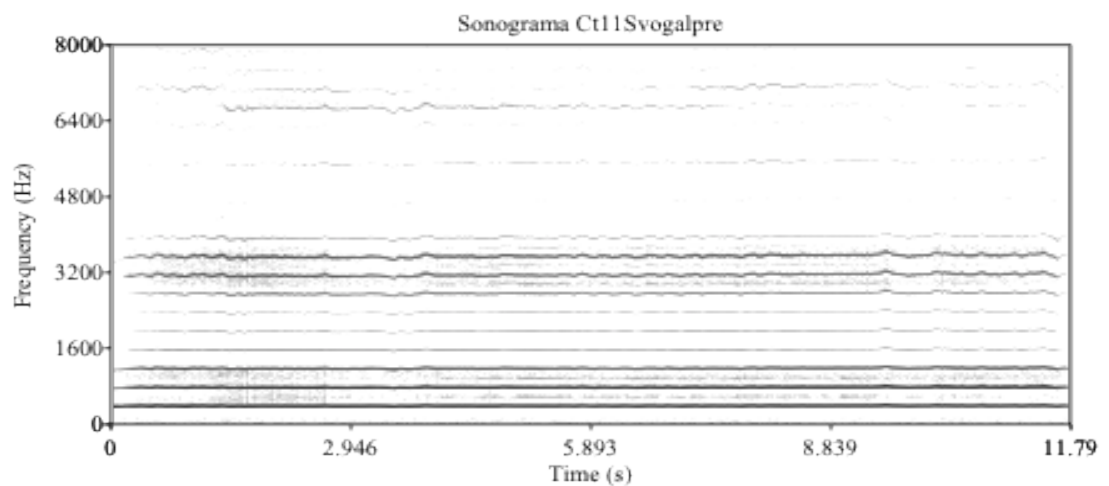
Figura 44 – Sonograma frequência x tempo do cantor 4 pré-aquecimento vocal.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

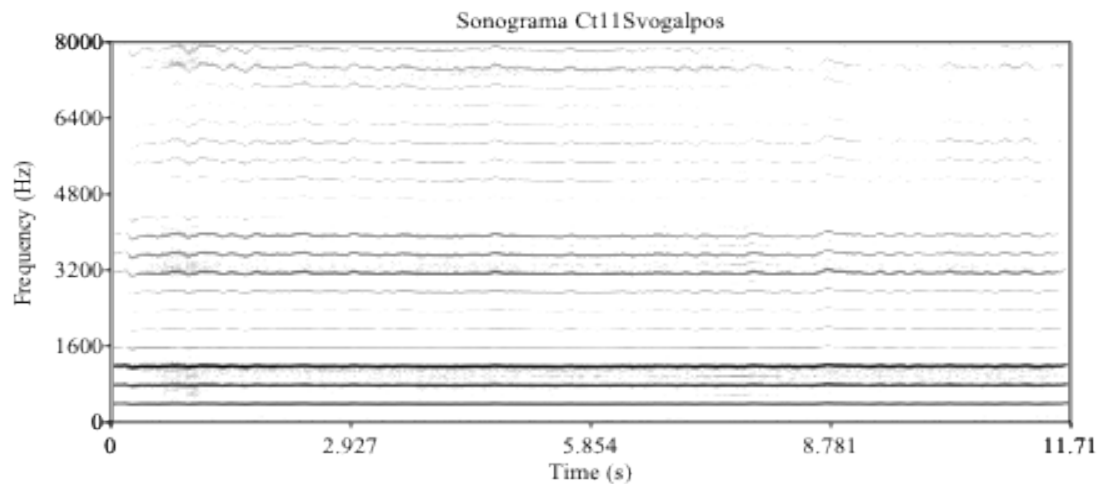
Figura 45 – Sonograma frequência x tempo do cantor 4 pós-aquecimento vocal.

e) a cantora soprano11 apresenta uma diferença significativa entre os valores médios do centróide espectral. O maior brilho da emissão pós-aquecimento se dá pelo menor grau de sopro, pela maior energia do terceiro harmônico (como na cantora soprano1) e pela maior estabilidade da energia dos harmônicos acima de 4500 Hz. Adicionalmente, Sundberg (1987) associa o brilho da emissão ao formante do cantor e seus espectros apresentam picos em 2.900 e 4.100 Hz para vozes femininas (NORDEMBERG E SUNDBERG, 2003), região visivelmente demarcada no sonograma pós-aquecimento.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

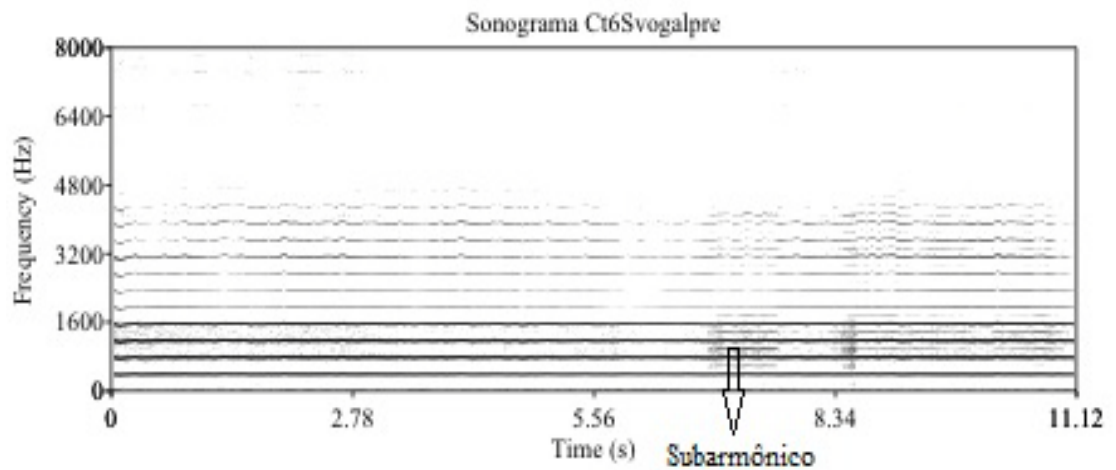
Figura 46 – Sonograma frequência x tempo do cantor 11 pré-aquecimento vocal.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

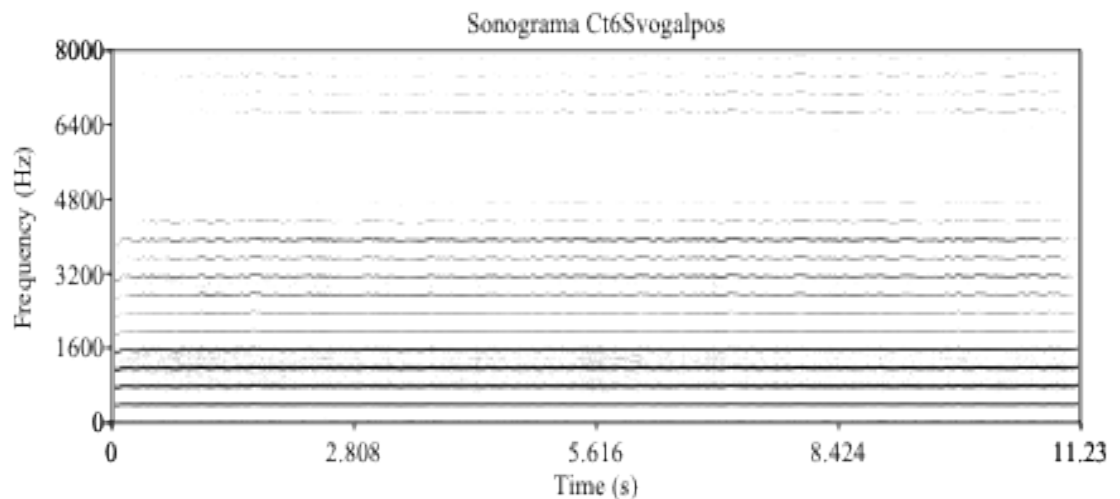
Figura 47 – Sonograma frequência x tempo do cantor 11 pós-aquecimento vocal.

f) embora não muito significativa, a diferença entre as médias do centróide espectral da cantora soprano6 indica um maior equilíbrio da voz pós-aquecimento, que consegue sustentar durante toda a emissão os harmônicos mais altos. Pode-se notar na voz pré-aquecimento, especialmente no trecho entre 6 e 8 segundos, o surgimento de subarmônicos, sendo que a qualidade vocal ouvida nesses instantes foi a rouca. Não há aspecto algum, relatado em anamnese, que possa estar relacionado ao surgimento de subarmônicos, a literatura associa tal correlato acústico a vozes com distúrbios nas vibrações das pregas vocais (BEHLAU, 1999), ocasionados, por exemplo, por lesão de massa, como nos casos de nódulos vocais; ou o correlato por estar associado à presença do registro *vocal fry*, mas em ambos os casos, não ocorre nenhuma das suposições. Levando-se em consideração que não há lesão vocal e também que o valor de *jitter* pré-aquecimento (0,336%) diminuiu consideravelmente após o mesmo (0,117%), podemos justificar a presença dos subarmônicos por alguma pequena variação de massa ou na tensão das pregas vocais, ou mesmo pela distribuição do muco nas mesmas (BAKEN, 1987); ou ainda, por algum ajuste motor laríngeo inadequado decorrente de uma voz “fria” ou desaquecida.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

Figura 48 – Sonograma frequência x tempo do cantor 6 pré-aquecimento vocal.

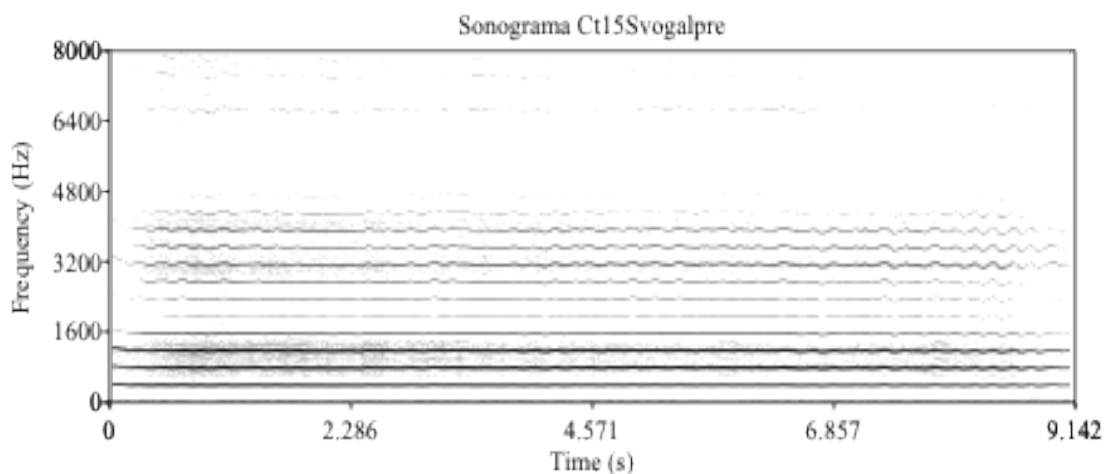


Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

Figura 49 – Sonograma frequência x tempo do cantor 6 pós-aquecimento vocal.

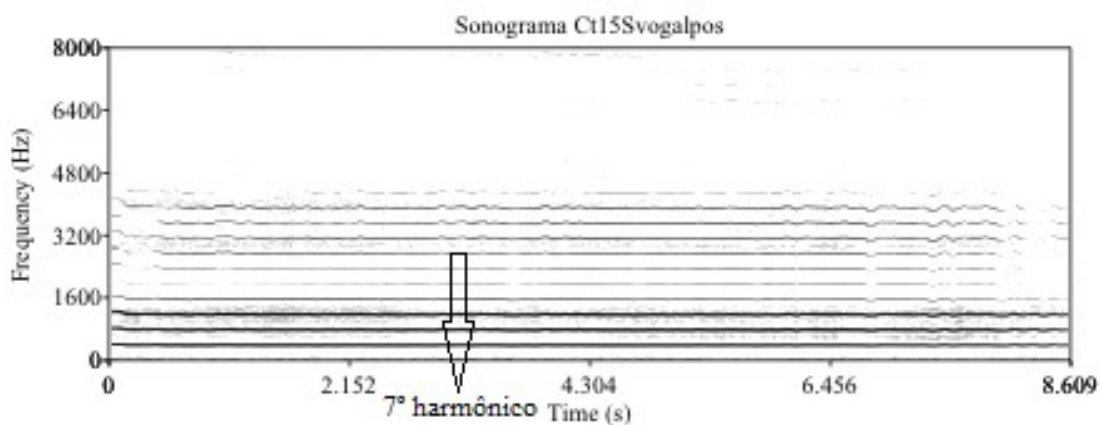
g) a cantora soprano¹⁵, embora apresente uma média do centróide espectral (pré-aquecimento: 911,34 Hz) um pouco menor na instância pós-aquecimento (895,80 Hz), o sonograma mostra uma emissão mais equilibrada após o aquecimento: menor soprosidade, representada pelo nível de energia reduzido acima de 5.000 Hz e diminuição das áreas hachuradas entre os harmônicos; menos vibrato, caracterizado pela diminuição das alterações rítmicas repetidas (podendo ser visualizadas a partir

do 7º harmônico); traçado mais estável e mais equilíbrio entre as amplitudes dos harmônicos mais agudos (entre 2500 e 4500 Hz).



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz

Figura 50 – Sonograma frequência x tempo do cantor 15 pré-aquecimento vocal.

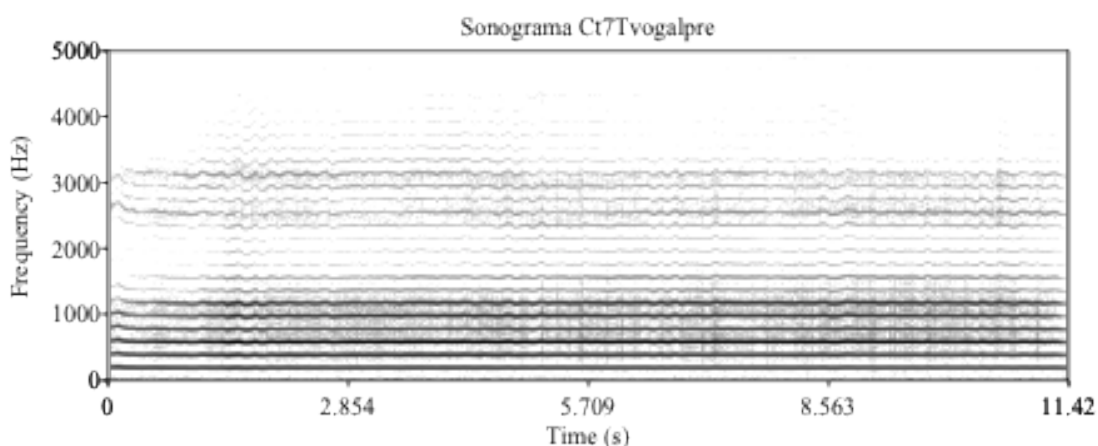


Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz

Figura 51 – Sonograma frequência x tempo do cantor 11 pós-aquecimento vocal.

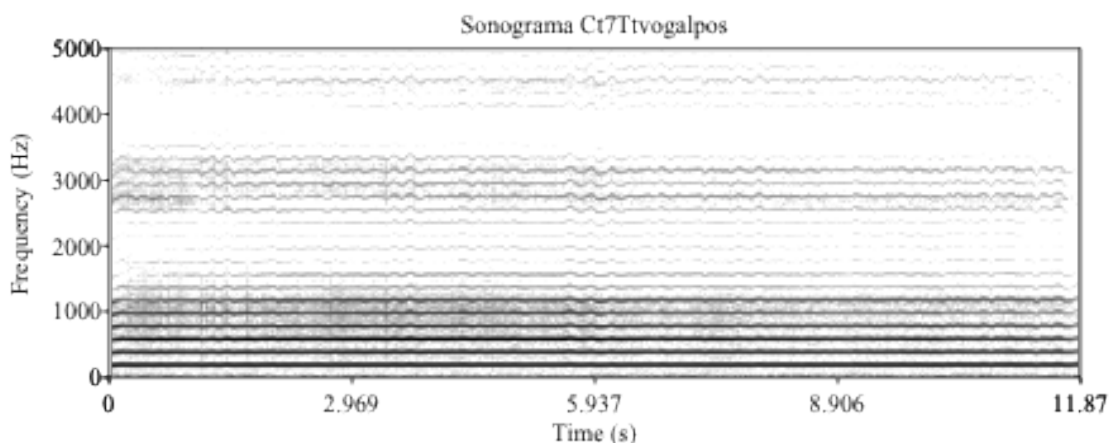
Já com os tenores se passou o contrário: apenas um deles apresentou uma média do centróide espectral maior na vogal pós-aquecimento. Observando-se os espectrogramas, pode-se notar que:

a) a vogal sustentada após o aquecimento do cantor tenor7 apresenta uma média do centróide (488,21 Hz) espectral mais baixa do que a voz pré-aquecida (651,94 Hz). Embora a presença de harmônicos nas diferentes faixas do espectro não seja tão diferentes nas duas versões, a maior energia nos harmônicos graves da versão pós lhe confere um timbre mais escuro, e aparentemente mais controlado por parte do cantor.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

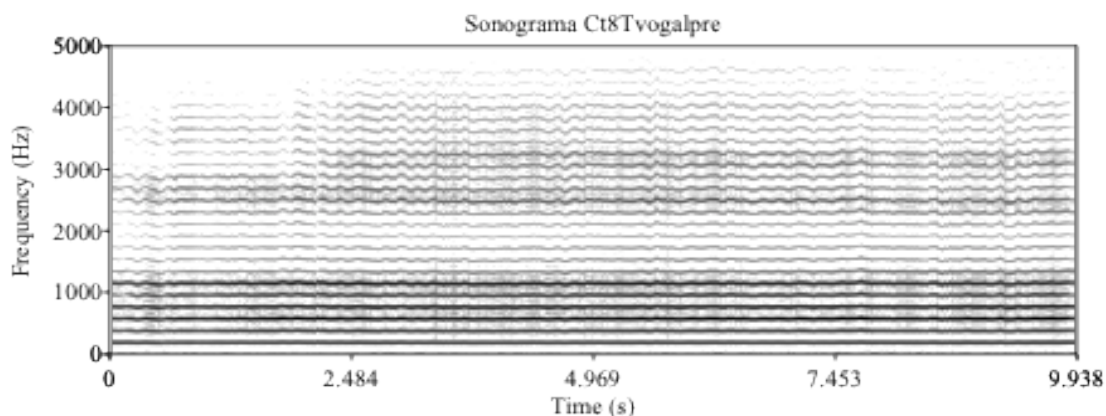
Figura 52 – Sonograma frequência x tempo do cantor 7 pré-aquecimento vocal.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – Hertz

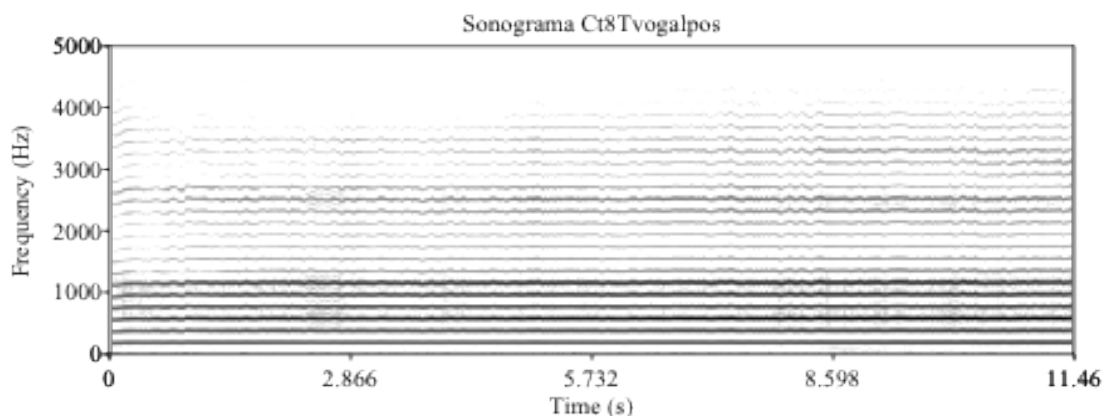
Figura 53 – Sonograma frequência x tempo do cantor 7 pós-aquecimento vocal.

b) embora as médias do centróide espectral variem pouco nas vogais sustentadas pré e pós-aquecimento (771,86 Hz e 729,04 Hz), o cantor tenor8 apresenta uma emissão menos soprosa e com menos vibrato após o aquecimento, o que pode estar relacionado fisiologicamente, à melhor coaptação das pregas vocais e ao melhor controle motor das estruturas laríngeas, respectivamente.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

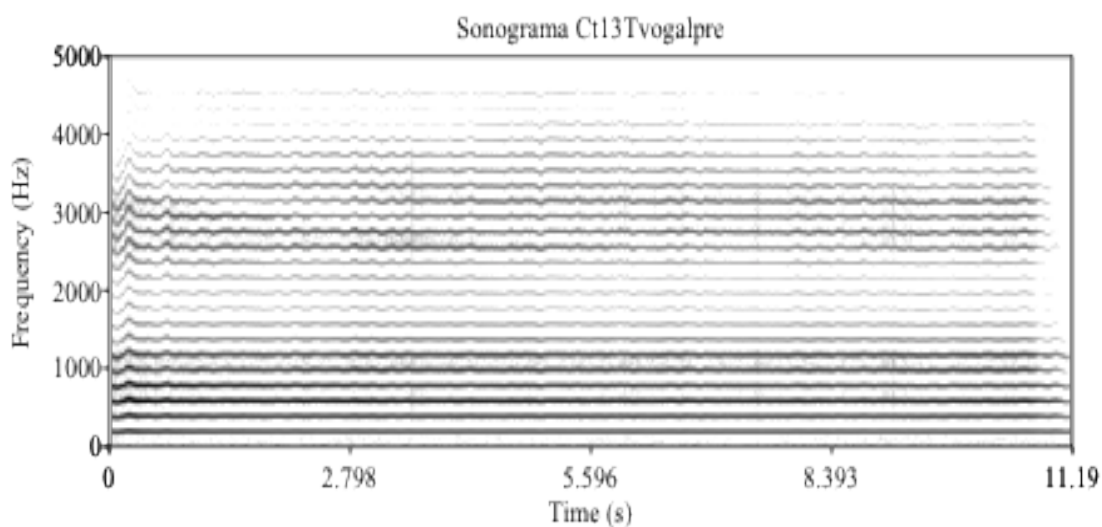
Figura 54 – Sonograma frequência x tempo do cantor 8 pré-aquecimento vocal.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

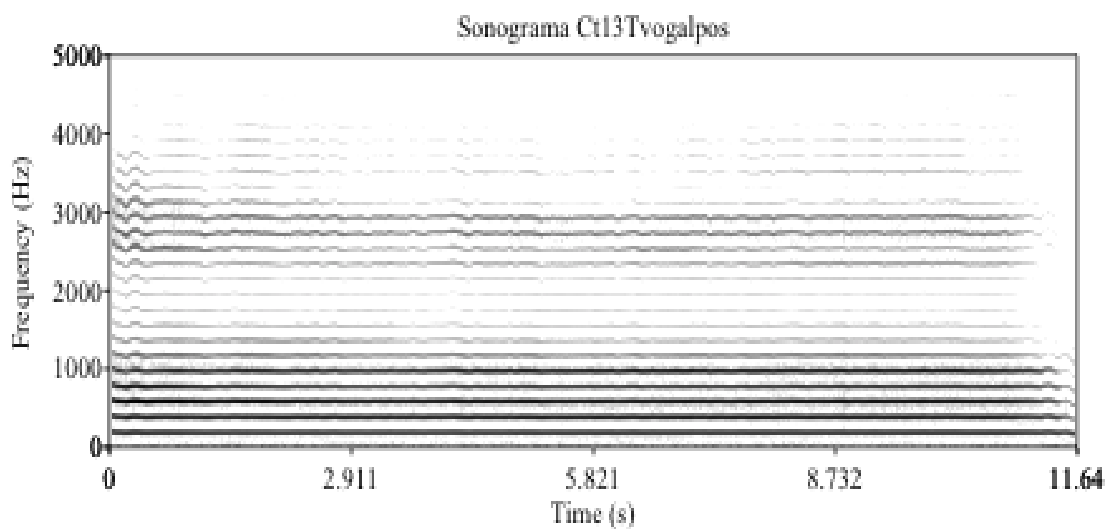
Figura 55 – Sonograma frequência x tempo do cantor 8 pós-aquecimento vocal. O principal correlato espectrográfico acústico associado à redução da soprosidade observada é a diminuição das áreas hachuradas inter-harmônicos. Já o maior controle motor e diminuição do vibrato, podem ser vistos pela maior estabilidade do registro, conforme dito anteriormente.

c) assim como o cantor tenor7, o cantor tenor13 também apresentam uma maior valorização da fundamental e dos harmônicos mais graves, produzindo uma emissão com timbre mais escuro.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

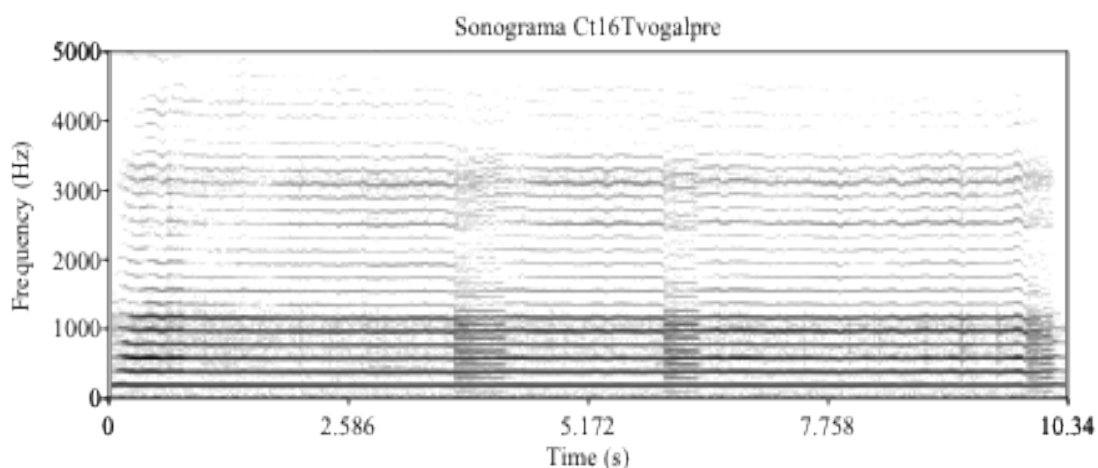
Figura 56 – Sonograma frequência x tempo do cantor 13 pré-aquecimento vocal.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

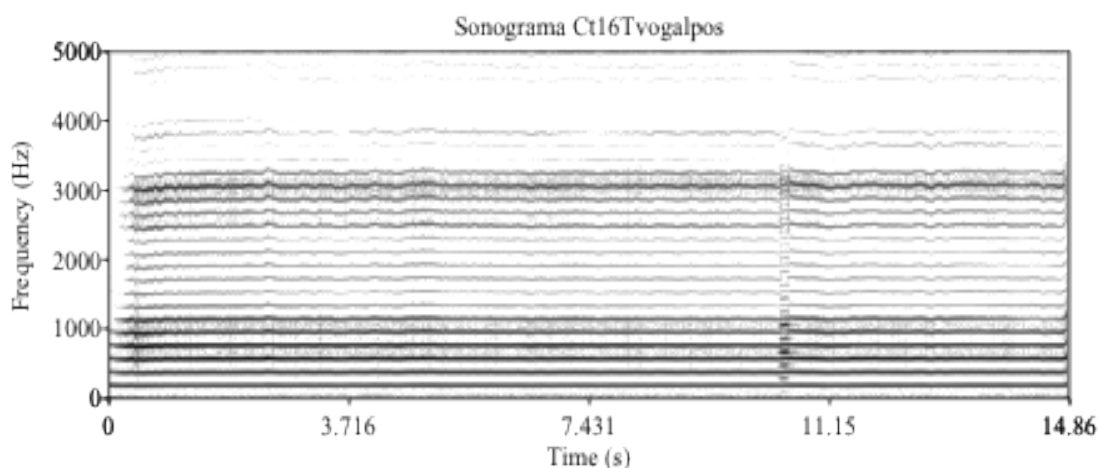
Figura 57 – Sonograma frequência x tempo do cantor 13 pós-aquecimento vocal.

d) o cantor tenor16 apresenta grande variação entre as emissões pré e pós-aquecimento, não apenas no aumento da média do centróide espectral (pré – 605,40 Hz e pós – 790,17), mas também em outros aspectos: manutenção da frequência fundamental, sustentação da emissão. A região espectral entre 2000 e 3000 Hz é bastante valorizada após o aquecimento, e confere à voz uma assinatura lírica, ausente antes do aquecimento, condizente com Sundberg (1987), que identificou um pico - o “formante do cantor” entre 2800 e 3400 Hz e que estaria relacionado com a percepção de “brilho” e de projeção vocal por parte do ouvinte.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

Figura 58 – Sonograma frequência x tempo do cantor 16 pré-aquecimento vocal. As áreas mais bem demarcadas do espectrograma referem-se a interferências bruscas na emissão da vogal sustentada, com o surgimento de subarmônicos.



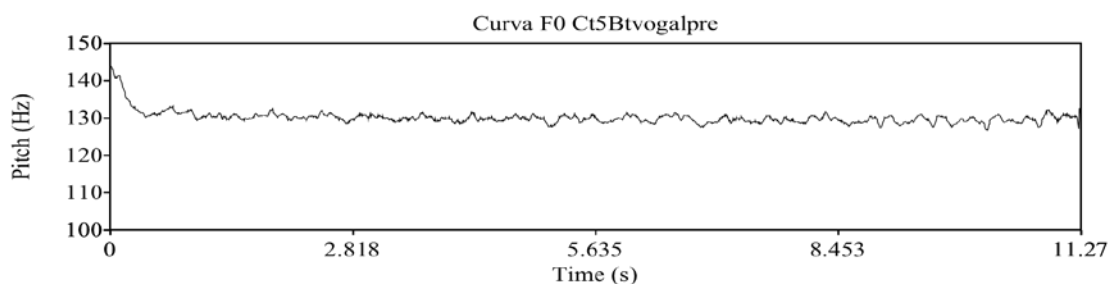
Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Frequency* – Frequência; (Hz) – hertz.

Figura 59 – Sonograma frequência x tempo do cantor 16 pós-aquecimento vocal.

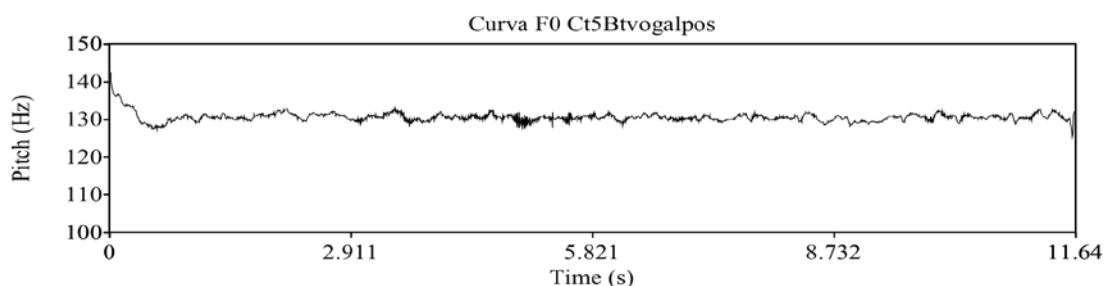
5.3 CANTORES EXCLUÍDOS

As vozes dos cantores excluídos da pesquisa foram submetidas aos mesmos protocolos metodológicos de todos os participantes, entretanto, não foram inseridas nas análises, pelo fato de apresentarem algum critério de exclusão que justificasse a não participação no estudo e, em análise posterior, detectou-se valores não esperados de alguns descritores acústicos.

O quinto sujeito relatou, em anamnese, hábito de etilismo e pigarros constantes. Manifestações clínicas como pigarro, podem ser decorrentes de refluxo gastroesofágico (RGE) (NASI *et al.*, 2006), o que pode estar associado a quadros de disfonia⁶. Observando-se os dados obtidos pela análise acústica, o mesmo apresentou um valor de *jitter* na vogal sustentada após o aquecimento (0,51%) em uma faixa "patológica". Observando-se a curva de F0 pré- e pós-aquecimento, pode-se notar irregularidades nessa última.



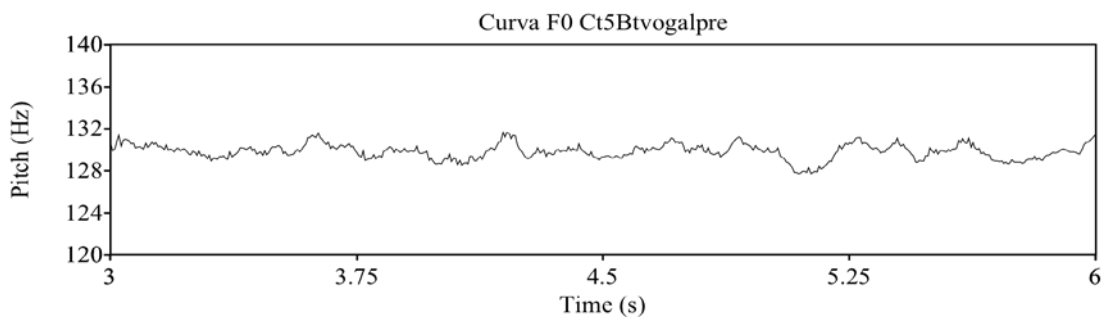
Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Pitch* – F0; (Hz) – hertz.
 Figura 60 - Curva de frequência fundamental do cantor 5 pré-aquecimento.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Pitch* – F0; (Hz) – hertz.
 Figura 61 - Curva de variação da frequência fundamental do cantor 5 pós-aquecimento.

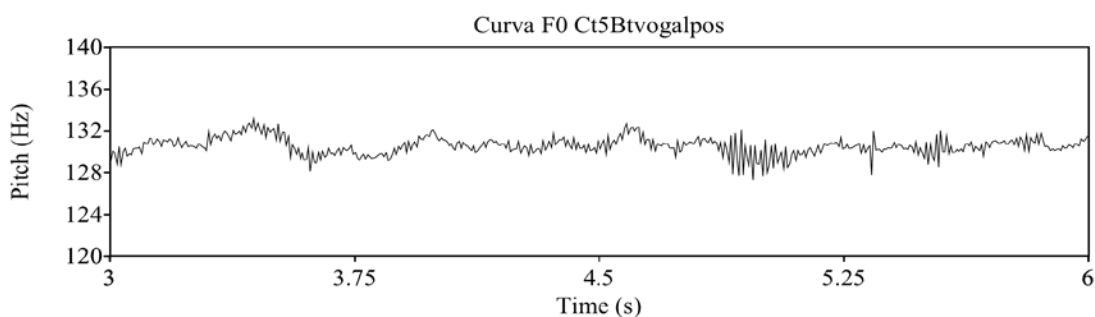
⁶ Disfonia representa toda e qualquer dificuldade ou alteração na emissão vocal que impede a produção natural da voz” (BEHLAU; PONTES, 1995).

Uma ampliação da região mais irregular do gráfico indica uma modulação em frequência (com uma taxa de variação rápida e amplitude variável) da frequência fundamental da vogal pós-aquecimento. Essas rápidas variações são responsáveis pelo alto valor de *jitter* encontrado.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Pitch* – *F0*; (Hz) – hertz.

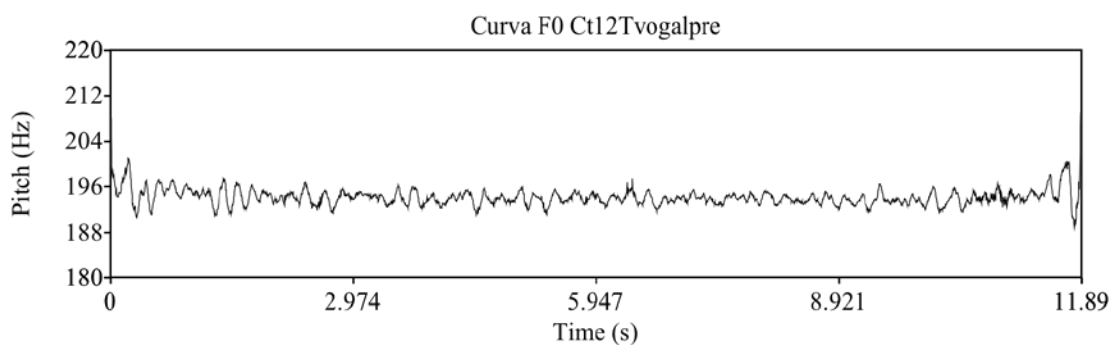
Figura 62- Curva de variação da frequência fundamental do cantor 5 pré-aquecimento.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Pitch* – *F0*; (Hz) – hertz.

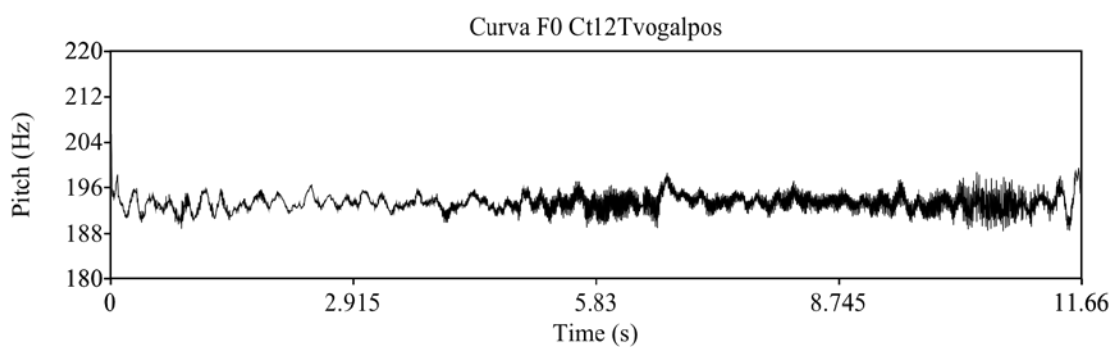
Figura 63- Curva de variação da frequência fundamental do cantor 5 pós-aquecimento.

Em anamnese, o sujeito 12 relatou gripe e ardência na garganta nos 15 dias que antecederam a data da avaliação, esses são sintomas sugestivos de algum tipo de alteração vocal orgânica ou comportamental (CASPER; COLTON, 1996; PINHO, 2003). Quanto à análise acústica, valores que se afastam ainda mais de uma expectativa de normalidade são encontrados na vogal sustentada pós-aquecimento deste sujeito. Seu *jitter* é muito alto (1,39%) e sua harmonicidade bem abaixo da média encontrada (apenas 17,74 dB). Os gráficos de F0 da vogal sustentada pós-aquecimento desse sujeito, relativos a todo o trecho cantado e também a um segmento mais curto, são mostrados abaixo:



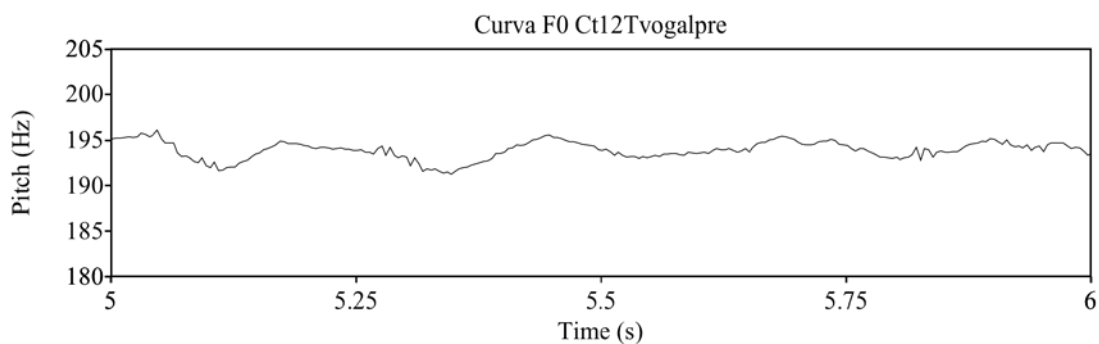
Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Pitch – F0*; (Hz) – hertz.

Figura 64- Curva de variação da frequência fundamental do cantor 12 pré-aquecimento.



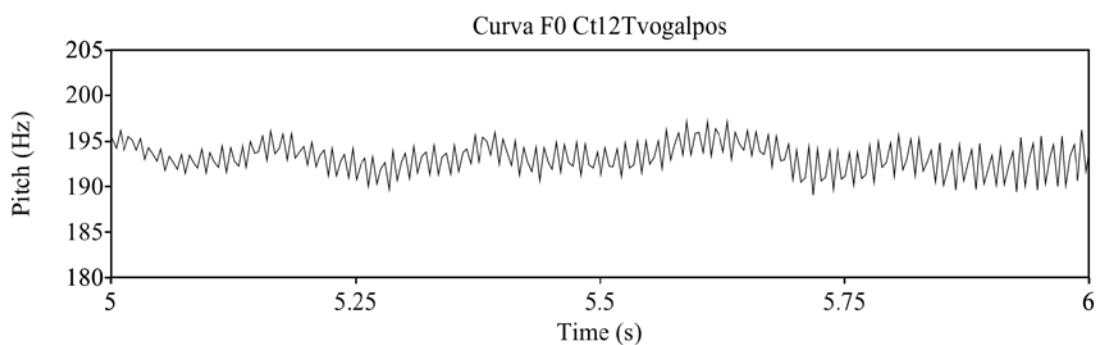
Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Pitch – F0*; (Hz) – hertz.

Figura 65- Curva de variação da frequência fundamental do cantor 12 pós-aquecimento.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Pitch – F0*; (Hz) – hertz.

Figura 66- Curva de variação da frequência fundamental do cantor 12 pré-aquecimento.



Legenda: *Time* – Tempo; (s) – segundos; *Pitch – F0*; (Hz) – hertz.

Figura 67- Curva de variação da frequência fundamental do cantor 12 pós-aquecimento.

Aqui, no último sonograma, pode ser claramente notada a rápida modulação em frequência da F0 na vogal pós-aquecimento (disfonia), que dentre outras consequências acaba gerando alterações importantes na composição espectral e harmonicidade do trecho.

6 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada obteve resultados relevantes sobre a importância do aquecimento vocal na definição da qualidade vocal de cantores líricos. Resultados estatisticamente significativos foram obtidos com os descritores acústicos *jitter* e harmonicidade em um grupo de quatorze cantores. Também foram discutidos alguns dados inconsistentes obtidos, e lhes dada uma explicação, seja de ordem fisiológica ou técnico-musical.

A discussão qualitativa sobre os descritores acústicos variação espectral e centróide espectral trouxe à tona algumas questões importantes sobre efeitos do aquecimento em cantores de diferentes níveis técnicos e diferentes naipes vocais, que merecem uma abordagem mais específica. Nesses casos, estima-se que uma metodologia de abordagem longitudinal, com um número reduzido de sujeitos, possa ser mais eficaz.

O teste perceptivo-auditivo não mostrou forte correlação com os resultados da análise acústica, certamente por se tratar de gravações distintas, realizadas em contextos musicais também distintos (vogal sustentada x trecho de obra musical). Como já dito anteriormente, também não pode ser estabelecida uma correlação entre a avaliação da qualidade vocal das vozes duplicadas e o julgamento da similaridade entre as instâncias pré- e pós-aquecimento.

É difícil validar o efeito do aquecimento em diferentes naipes vocais porque em nenhum destes estudos anteriores (ELLIOT *et al.*, 1995; MILBRATH; SOLOMON, 2003; STEMPLE *et al.*, 1994), os quais examinaram o aquecimento vocal, foi possível uma comparação sobre a efetividade do mesmo em diferentes categorias de voz. Sendo assim, seria interessante que pesquisas futuras explorem o efeito do aquecimento vocal em diferentes naipes, em ambos os gêneros, mas em categorias segmentadas, de maneira que os resultados obtidos possam servir de base para outros estudos similares. Essa seria uma alternativa viável para uma possível normatização de dados quantitativos.

Estes resultados, mesmo que não conclusivos, são importantes para uma melhor definição e foco de futuras pesquisas envolvendo cantores e aquecimento vocal. Servirá também como incentivo para a realização de novos estudos sobre o tema para o enriquecimento científico dos profissionais que atuam na área de voz.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMIR, O; AMIR, N.; MICHAELI, O. Evaluating the influence of warm-up on singing voice quality using acoustic measures. *Journal of Voice*. 2005; 19(2):252-60.

AYDOS, B.; HANAYAMA, E.M. Técnicas de aquecimento vocal utilizadas por professores de teatro. *Revista CEFAC*, São Paulo. Jan.-mar.; 6(1):83-8, 2004.

AZEVEDO, R. *et al.* Anatomia da Laringe e Fisiologia da Produção Vocal. In: BEHLAU, M. (Org.). *Voz: O livro do especialista*. 1. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2001. v. I.

AZEVEDO, B.B. *et al.* A interferência da muda vocal nas lesões estruturais das pregas vocais. *Rev. Bras. Otorrinolaringologia*, São Paulo, v. 73, n. 2, p. 226-30, 2007.

BAKEN, R.J. *Clinical measurements of speech and voice*. 1ª ed. Boston: College-Hill, 1987, pp. 542-7.

BAKEN, R.J.; ORLIKOFF, R.F. *Clinical measurement of speech and voice*. 2ª ed. San Diego: Singular Publishing Group, 2000. p. 162-164, 226-227.

BARRICHELO, V. Voz ressoante em alunos de teatro: correlatos perceptivo-auditivo e acústicos da emissão treinada Y-Buzz de Lessac. Tese de mestrado apresentada a Universidade Federal de São Paulo. Escola Paulista de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Distúrbios da comunicação humana. 112f. São Paulo, 2007.

BARROS, A.P.B.; CARRARA-DE ANGELIS, E. Análise acústica da voz. In: DEDIVITIS R.A., BARROS A.P.B.. *Métodos de avaliação e diagnóstico de laringe e voz*. São Paulo: Lovise, 2002.

BEHLAU *et al.*, Determinação da frequência fundamental e suas variações em altura ("jitter") e intensidade ("shimmer"), para falantes do português brasileiro. *Acta AWHO*; 4(1):5-10, 1985.

BEHLAU, M.; PONTES, P. *Princípios de reabilitação vocal nas disfonias*. São Paulo: EPPM, 1990.

BEHLAU, M.; RUSSO, I. *Percepção da fala: análise acústica do português brasileiro*. São Paulo: Lovise, 1993. p. 57.

BEHLAU, M. *Técnicas de reabilitação vocal*. São Paulo: CEV, 1994.

BEHLAU, M.; PONTES, P. A Avaliação da Voz. In: BEHLAU, M.; PONTES, P. *Avaliação e Tratamento das disfonias*. São Paulo: Lovise, 1995. cap.3, p.68-135.

BEHLAU, M. Considerações sobre análise acústica em laboratórios computadorizados de voz. In: ARAUJO, R; PRACOWNIK, A.; SOARES, L.S.D.: *Fonoaudiologia Atual*. Rio de Janeiro: Revinter, 1997. p. 93-115.

BEHLAU *et al.* Programa de aquecimento e desaquecimento vocal. In: MARCHESAN, I.; ZORZI, J.L.; GOMES, I.C.D. *Tópicos em fonoaudiologia*. São Paulo: Lovise, 1996. v.3, p.713-719.

BEHLAU, M. Considerações sobre análise acústica em laboratórios computadorizados de voz. In: ARAÚJO, R. *et al. Fonoaudiologia atual*. Rio de Janeiro: Revinter, 1997. p. 93-115.

BEHLAU, M.; REHDER, M.I. *Higiene vocal para o canto coral*. v. 1, 1ª ed. Rio de Janeiro: Revinter, 1997.

BEHLAU, M. Alteraciones de la voz. In: GIL-CARCEDO Y GARCIA, L.M. *Tratado de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*. Madrid: Proyetos Médicos, 1999.

BEHLAU, M.; AZEVEDO, R.; MADAZIO, G. Anatomia da laringe e fisiologia da produção vocal. In: BEHLAU, M. (Org.). *Voz: O livro do especialista*. Volume I. Rio de Janeiro: Revinter; 2001. p. 01-51.

BEHLAU, M.; AZEVEDO, R.; PONTES, P. Conceito de voz normal e classificação das Disfonias. In: BEHLAU, M. (Org.). *Voz: O livro do especialista*. Volume I. Rio de Janeiro: Revinter; 2001. p. 53-79.

BEHLAU, M.; MADAZIO, G.; FEIJÓ, D.; PONTES, P. Avaliação da Voz. In: _____. *Voz o livro do especialista*. Volume I. Rio de Janeiro: Revinter, 2001, pp. 86-180.

BEHLAU, M.; AZEVEDO, R.; PONTES, P.; BRASIL, O. Disfonias funcionais. In: _____. *Voz o livro do especialista*. Volume I. Rio de Janeiro: Revinter, 2001, pp. 247-293.

BEHLAU, M.; MADAZIO, G.; PONTES, P. Disfonias Organofuncionais. In: _____. *Voz o livro do especialista*. Volume I. Rio de Janeiro: Revinter, 2001, pp. 295-329.

BEHLAU, M. *et al.* Voz Profissional: Aspectos Gerais e Atuação Fonoaudiológica. In: Behlau, M. (Org.) *Voz: O livro do especialista*. 2. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2005. vol. II, cap. 12.

BIANCHINI, E.M.G. Avaliação fonoaudiológica da motricidade oral: anamnese, exame clínico, o quê e por que avaliar. In: Bianchini E.M.G. (Org). *Articulação temporomandibular: implicações, limitações e possibilidades fonoaudiológicas*. Carapicuíba: *Pró-Fono*; 2000. p. 191-253.

BOERSMA, P. Accurate short-term analysis of the fundamental frequency and the harmonics-to-noise ratio of a sampled sound. *Proceedings of the Institute of Phonetic Sciences of the University of Amsterdam*. 17: 97-110, 1993. Disponível em: <http://xeds.eu/other/P_Boersma_Accurate_short-term_analysis_of_the_fundametnal_freq.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2012.

BOERSMA, P.; WEENINK, D. (2003). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]: *software* livre. *Manual page*. Disponível em: <<http://www.fon.hum.uva.nl/praat/manual/Harmonicity.html>>. Acesso em: 30 de mar. 2012.

BOERSMA, P.; WEENINK, D. (2010). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]: *software* livre. Version 5.1.32, retrieved 30 April 2010 from <http://www.praat.org/>. Disponível em: <www.praat.org>. Acesso em: 20 mai. 2010.

BORDEN, G.J.; HARRIS, K.S.; RAPHAEL, L.J. *Speech Science Primer: Physiology, Acoustic and Perception of Speech*. 3rd ed. Baltimore, MD: Williams & Wilkins; 1994.

BURATI, D.O.; DUPRAT, A.C.; ECKLEY, C.A.; COSTA, H.O. Doença do refluxo gastroesofágico: análise de 157 pacientes. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2003; 69(4):458-62.

CAMARGO, Z.A. Da fonação à articulação: princípios fisiológicos e acústicos. *Fonoaudiol Bras.* 1999; 2(2):14-9.

CAMARGO, Z.A. *et al.* Analysis of dysphonic voices based on the interpretation of acoustic, physiological and perceptual data. In: *16th International Seminar on Speech Production Proceedings*. Sidney; 2003.

CAMARGO, Z. A. *et al.* Voz metálica – estudo das características fisiológicas. In: PINHO, S.M.R. *Temas em voz profissional*. São Paulo: Lovise, 2007. Cap. 1, p. 1-22.

CAMARGO, Z.A.; MADUREIRA, S. Voice quality analysis from a phonetic perspective: voice profile analysis scheme profile for Brazilian Portuguese (BP-VPAS). In: *Proceedings of the 4th Conference on Speech Prosody*; 6 a 9 maio 2008 [acesso em: 12 mar 2013]; Campinas, SP. 2008. Disponível em: <<http://sprosig.isle.illinois.edu/sp2008/papers/id179.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2015.

CAMPOS, P.H. *et al.* O formante do cantor e os ajustes laríngeos utilizados para realizá-lo: uma revisão descritiva. *Per Musi*, Belo Horizonte, n.21, 2010.

CARRILLO, L.; ORTIZ, K.Z. Análise vocal (auditiva e acústica) nas disartrias. *Prófono*, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 381-386, Out.-Dez. 2007.

CHAN, R.; GRAY, S.; TITZE, I. The importance of hyaluronic acid in vocal fold biomechanics. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2001;124(6):607-14.

COLTON, R. Physiology of Phonation. In: BENNINGER, M.S.; JACOBSON, B.H.; JOHNSON, A.F. (Eds.): *Vocal Arts Medicine*. New York: Thieme, 1994.

COLTON, R.H.; CASPER, J.K. Mau uso e abuso vocal: efeitos sobre a fisiologia laríngea. In: COLTON, R.H.; CASPER, J.K. *Compreendendo os problemas de voz: uma perspectiva fisiológica ao diagnóstico e tratamento*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. p.81-118.

CORDEIRO, G.F. *et al.* Formante do cantor – um enfoque fisiológico. In: PINHO, S. *Temas em voz profissional*. São Paulo: Lovise, 2007. p. 23-30.

COSTA, E. *Voz e arte lírica: técnica vocal ao alcance de todos*. São Paulo: Lovise, 2001.

COSTA, H. O.; ANDRADA e SILVA, M.A. *Voz cantada - evolução, avaliação e terapia fonoaudiológica*. São Paulo, Lovise 1998. 167 p.

COSTA-PAIVA, L. *et al.* Procura de serviço médico por mulheres climatéricas brasileiras. *Rev. Saúde Pública (J. Public Health)*. São Paulo, v. 36, n. 4, p. 484-490, 2002.

CUKIER, S., CAMARGO, Z.A. Abordagem da qualidade vocal em um falante com deficiência auditiva: aspectos acústicos relevantes do sinal de fala. *Rev CEFAC*. 2005; 7(1):93-101.

DE BODT, M.S. *et al.* The perceptual evaluation of voice disorders. *Acta Otolaryngol Belg*, v. 50, p. 283-91, 1996.

DINVILLE, C. *A técnica da voz cantada*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Enelivros, 1993.

DROMEY, C.; SMITH, M. Vocal Tremor and vibrato in the same person: acoustic and electromyographic differences. *Journal of Voice*, Philadelphia, v. 22, n. 5, p. 541-545, Sep. 2008.

EKHOLM, E. *et al.* Relating objective measurements to expert evaluation of voice quality in western classical singing: critical perceptual parameters. *Journal of Voice*. 1998, 12(2):182-196.

ELLIOT, N. *et al.* What happens during vocal warm-up? *Journal of Voice*, Philadelphia, v. 9, p. 37-44, 1995.

ERICKSON, MOLLY L. Dissimilarity and the Classification of Male Singing Voices. *Journal of Voice*, Philadelphia, v. 22, ed. 3, p. 290 – 299, 2008.

FANT, G. *Acoustic Theory of Speech Production*. 2nd ed. Paris: Mouton: 1970.

FAWCUS, M. *Disfonias: diagnóstico e tratamento*. Tradução de Mara Behlau. 2 ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2001. Original inglês.

FEX, S. Perceptual evaluation. *Journal of Voice*, Philadelphia, v. 6, n. 2, p. 55-8, 1992.
 FERRAND, C.T. Harmonics-to-noise ratio: an index of vocal aging. *Journal of Voice*. Philadelphia, 16(4):480-7, 2002.

FIGUEIREDO, L.C. *et al.* Estudo do comportamento vocal no ciclo menstrual: avaliação perceptivo-auditiva, acústica e auto-perceptiva. *Rev. Bras. Otorrinolaringologia*. v. 70, n. 3, p. 331-9, 2004.

GISH, A.K. *et al.* *Vocal warm-up practices and perceptions in vocalists: a pilot survey*. 2010. 74f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Louisiana, Baton Rouge, Louisiana, USA, Programa de Pós-Graduação em Artes (Departamento de Distúrbios da Comunicação), 2010. Disponível em: <http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-04122010-104444/unrestricted/GishAK_Thesis.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2012.

GONZAGA, P.M.S. Auto-avaliação da mudança da qualidade vocal após exercícios de voz em indivíduos disfônicos. Monografia de Especialização. Centro de Estudos da Voz. São Paulo, 2003.

GOULART *et al.* Intervenção fonoaudiológica em grupo a cantores populares: estudo prospectivo controlado. *J Soc Bras Fonoaudiol*. 2012; 24(1):7-18.

GRAY, S.; THIBEAULT, S.; TRESCO, P. *Witnessing a revolution in voice research: Genomics, tissue engineering, biochips and what's next!* *Logoped Phoniatr Vocol*, 2003; 28(1): 7-13.

GRAY, S.; HAMMOND, E.; HANSON, D. Benign pathologic responses of the larynx. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1995;104:13-8.

GRINBLAT, J.M. Análise da proporção harmônico-ruído nos diferentes registros vocais. São Paulo, 1994. Monografia de Especialização – Escola Paulista de Medicina.

HARDCASTLE, WILLIAM J.; LAVER, JOHN (eds). *The Handbook of Phonetic Sciences*. Blackwell Publishing, 1999.

HANAYAMA, E.M. Voz metálica: estudo das características fisiológicas e acústicas. 2003. 62f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, Programa de Pós Graduação em Ciências (Fisiopatologia Experimental). Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5160/tde-19102005-145626/pt-br.php>>. Acesso em: 16 jan. 2012.

HIRANO, M. *Clinical examinations of voice*. Viena: Springer-Verlag, 1981. 100p.

HIRANO, M. *Histological color atlas of the human larynx*. San Diego: Singular, 1993.

HIRANO, M. Laryngeal histopathology. In: COLTON, R. CASPER, J. *Understanding Voice Problems: A physiological perspective for diagnosis and treatment*. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1996.

HOLMES, G. *The science of voice production and voice preservation for the use of speakers and singers*. Nova Iorque, 1880. Arquivo digitalizado em 2010 pela Universidade de Columbia. Disponível em: <<https://archive.org/stream/scienceofvoicepr00holm#page/n5/mode/2up>>. Acesso em: 28 aug. 2015.

HUCHE, F.L; ALLALI, A. A anatomia e fisiologia da laringe. In: Huche FL, Allali A. *A voz. Anatomia e fisiologia dos órgãos da voz e da fala*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed; 1999. p. 131-5.

HULLEY, S.B. *Designing clinical research: epidemiologic approach*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1988. 247 p.

INAMURA, R. *et al*. Fisiologia da Laringe. In: PINHO, S.M.R. *Fundamentos em Laringologia e Voz*. Rio de Janeiro: Revinter, 2006. Cap. 1. P. 1-20.

JACKSON, M.C.A. El canto coral em los niños y em los adultos. In: SEGRE, S. *Principios da foniatria*. Buenos Aires: Panamericana, 1987.

KENT, RAY D.; READ, CHARLES. *The acoustic analysis of speech*. San Diego: Singular, 1992.

KOVAČIĆ, C.; BUDANOVAC, A. Acoustic characteristics of adolescent actors' and non-actors' voices. *Folia Phoniatr Logop.* 2002;54:125–132.

LAUKKANEN, A.; TITZE, I.; HOFFMAN, H. Finnegan E. Effects of a semiocluded oral tract on laryngeal muscle activity and glottal adduction in a single female subject. *Folia Phoniatr Logop.* 2008;60(6):298-311.

LAVÉ, J. *The phonetic description of voice quality*. Cambridge: University Press, 1981.

LAVÉ, J. *Principles of phonetics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

LAVÉ, J. Phonetic evaluation of voice quality. In: KENT, R.D.; BALL, M.J. *Voice quality measurement*. San Diego (CA): Singular; 2000. p. 37-48.

LIMA, Maria Fabiana Bonfim de *et al* . Qualidade vocal e formantes das vogais de falantes adultos da cidade de João Pessoa. *Rev. CEFAC*, São Paulo, v. 9, n. 1, Mar. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462007000100013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 Sept. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462007000100013>.

LOVETRI, J; LESH, S; WOO, P. Preliminary study on the ability of trained singers to control the intrinsic and extrinsic laryngeal musculature. *Journal of Voice* 1999; 13:219-26.

LUNDY, D.S.; ROY, S.; CASIANO, R.R.; XUE, J.W.; EVANS, J. Acoustic analysis of the singing and speaking voice in singing students. *Journal of Voice*. 2000;14:490–493.

MAGRI, A.; CUKIER-BLAJ, S.; KARMAN, Delmira de Fraga e; CAMARGO, Zuleica Antônia de. Correlatos perceptivos e acústicos dos ajustes supraglóticos na disfonia. *Revista CEFAC*. São Paulo. v. 9 n.4. Oct/Dec, 2007.

MARTINS, R.D. *Ouvir falar: introdução à fonética do português*. 3. ed. Lisboa: Caminho; 1988.

MEDEIROS, B. O português brasileiro e a pronúncia do canto erudito: reflexões preliminares. *ARTEunesp*. v. 16, p.47-55, 2004.

MELO, E.; TSUJI, D. Histologia e Ultra Estrutura da Prega Vocal Humana. In: Pinho SMR, Tsuji DH, Bohadana SC. *Fundamentos em Laringe e Voz*. Rio de Janeiro: Revinter, 2006. p. 21-32.

MENDOZA, E.; VALENCIA, N.; MUÑOZ, J.; TRUJILLO, H. Differences in voice quality between men and women: use of the long-term average spectrum. *J. Voice*, v. 10, n.1, p. 59-66, 1996.

MILBRATH, R.L., SOLOMON, N.P. Do vocal warm-up exercises alleviate vocal fatigue? *J Speech Lang Hear Res*. 2003;46:422–436.

MOREIRA, P. L. *A ciência do canto*. Rio de Janeiro, 1940.

MOTEL, T.; FISHER, K.V.; LEYDON, C. Vocal warm-up increases phonation threshold pressure in soprano singers at high pitch. *Journal of Voice*. 2003;17: 160–167.

MULLER, R. (1990). Warming up the voice. *The NATS Journal*, 46(5), 22-23.

MUÑOZ, J.; MENDOZA, E.; FRESNEDA, M.D.; CARBALLO, G; LOPEZ, P. Acoustic and perceptual indicators of normal and pathological voice. *Folia Phoniatr Logop*. 2003;55:102–114.

NASI, A. *et al. Doença do refluxo gastroesofágico: revisão ampliada*. Scielo, vol.43 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2006.

NETTER, FRANK H. *Atlas de anatomia humana*. Trad. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

NORDEMBERG, M.; SUNDBERG, J. *Effect on LTAS of vocal loudness variation*. *TMH-QPSR, KTH*, v. 45, p. 87-91, 2003.

OGUZ, H. *et al. Acoustic Analysis Findings in Objective Laryngopharyngeal Reflux Patients*. *Journal of Voice*, Philadelphia, v. 21, n.2, p. 203-10, Mar. 2007.

OLIVEIRA, I.B. Avaliação fonoaudiológica da voz: reflexões sobre condutas, com enfoques à voz profissional. In: FERREIRA, L.P.; BEFI -LOPES D.M., LIMONGI SCO. *Tratado de fonoaudiologia*. São Paulo: Roca; 2004. p.11-24.

PETER, G; PINHO, S.M.R; ASSENCIO-FERREIRA, VJ. Musculatura extrínseca da laringe e sua participação na produção vocal. *Rev CEFAC*, São Paulo, 3:165-173, 2001.

PETERS, G. A. *Large Set of Audio Features for Sound Description*. Ircam, Analysis/Synthesis Team, 1 pl. Igor Stravinsky, 75004. Paris, France, 2003. Disponível em: <http://recherche.ircam.fr/anasyn/peeters/ARTICLES/Peeters_2003_cuidadoaudiofeatures.pdf>.

PIMENTA, Regina Aparecida *et al* . Parâmetros acústicos e quimografia de alta velocidade identificam efeitos imediatos dos exercícios de vibração sonorizada e som basal. *CoDAS*, São Paulo , v. 25, n. 6, p. 577-583, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-17822013000600577&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 22 de Agosto de 2015. Epub Dec 2013. <<http://dx.doi.org/10.1590/S2317-17822014000100010>>.

PINHO, S.M.R.; PONTES, P. Disfonias funcionais: avaliação ORL dirigida à fonoterapia. *Acta Awho*, 1991; 1:34-7.

PINHO, S.M.R. *et al*. Configurações do trato vocal nas vogais orais do português. *Acta AWHO*. 1988; 12:124-36.

PINHO, S.M.R.; CAMARGO, Z.A. Introdução à análise acústica da voz e da fala. In: PINHO, S.M.R. *Tópicos em Voz*. Rio de Janeiro: Guanabara, 2001.

PINHO, S.M.R.; PONTES, P. Escala de avaliação perceptiva da fonte glótica: RASAT. *Vox Brasilis*, 2002. Disponível em: <<http://www.sblv.com.br/voxbrasilis/detalhevox.asp?Id=34>>.

PINHO, S.M.R. Avaliação e tratamento de voz. In: PINHO, S.M.R. *Fundamentos em fonoaudiologia: tratando os distúrbios da voz*. 2ª.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. p. 3-40.

PINHO, S.M.R.; PONTES, P. Músculos Intrínsecos da Laringe e Dinâmica Vocal. Série: *Desvendando os segredos da voz*. Vol. I. Rio de Janeiro: Revinter, 2008. 83p.

RAMOS, H. *et al.* Imunohistoquímica como método de estudo das fibras elásticas em prega vocal humana. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2005; 71(4): 486-91.

RODRIGUES, S. Proposição harmônico-ruído: valores para indivíduos adultos brasileiros. São Paulo, 1993. Monografia – Especialização – Escola Paulista de Medicina.

SAMPAIO, M. *et al.* Investigação de efeitos imediatos de dois exercícios de trato vocal semi-ocluído. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, São Paulo. Outubro;20(4):261-6, 2008.

SATALOFF, R.T. *et al.* The clinical voice laboratory: practical design and clinical application. *Journal of Voice*, v. 4, p. 264-279, 1990.

SATALOFF, R.T. *et al.* *Professional voice: the science and art of clinical care*. 2. ed. New York: Raven Press, 1991.

SATALOFF, R. T.; GOULD, W.J.; SPIEGEL, R.J. *Manual Prático de Fonocirurgia*. Rio de Janeiro: Revinter, 2002.

SELL, D.; JOHN, A., HARDING-BELL A, Sweeney T.; HEGARTY, F., FREEMAN, J. Cleft audit protocol for speech (CAPS-A): a comprehensive training package for speech analysis. *Int J Lang Comm Dis.* 2008;1-20.

SCARPEL, R.; PINHO, S. Aquecimento e desaquecimento vocal. In: Pinho, S., editor. *Tópicos em Voz*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2001.

SHADLE, C. The aerodynamics of speech. In: HARDCASTLE, WILLIAM J.; LAVER, JOHN (eds). *The Handbook of Phonetic Sciences*. Blackwell Publishing, 1999.

SILVA, L.; SCANDAROLLI, D. O Bel Canto e seus espaços. *Anais do VI EHA - ENCONTRO DE HISTÓRIA DA ARTE*. Campinas-SP: UNICAMP, 2010, p. 255-260.

SOARES, RM. F.; PICCOLLOTTO, L. *Técnicas de imitação e comunicação oral*. Rio de Janeiro: Loyola; 1980.

STEMPLE, J.C.; LEE, L.; D'AMICO, B.; PICKUP, B. Efficacy of vocal function exercises as a method of improving voice function. *Journal of Voice*. 1994;8:271-278.

SUNDBERG, J. Articulatory interpretations of singing formant. *Journal of Acoustical Society of Americana*, 1974. 55:838-844.

SUNDBERG, J. *The science of the singing voice*. Illinois: Northern Illinois University Press, 1987.

SUNDBERG, J. Vocal tract resonance. In: SATALOFF, R. T. (Ed.). *Professional voice: The science and art of clinical care*. 2. ed. New York: Raven Press, 1991. p.49-68.

SUNDBERG, J. Perceptual aspects of singing. *Journal of Voice*, New York: Raven Press, vol. 8, n. 2, pp. 106-122, 1994.

TITZE, I. R. Comments on the myoelastic-aerodynamic theory of phonation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1980, 495-510.

TITZE, I R. *Principles of voice production*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1994.

TITZE, I.R. Voice training and therapy with a semi-occluded vocal tract: rational and scientific underpinnings. *J Speech Lang Hear Res*, v. 49, p. 448-59, 2006.

VIEIRA, M.N. *et al.* Comparative assessment of electroglottographic and acoustic measures of jitter in pathological voices. *J Speech Lang Hear Res*, v. 40, p. 170-182, 1997.

VIEIRA, M.N.; ROSA, L.L.C.; Avaliação acústica na prática fonoaudiológica. In: PINHO, S.M.R. *et al.* *Fundamentos em laringologia e voz*. Rio de Janeiro: Revinter, 2006. cap. 3. p. 33-52.

VILKMAN, E.; SONNINEN, A.; HURME, P.; KURKKU, P. External laryngeal frame function in voice production revisited: a review. *Journal of Voice*, 10:78-92, 1996.

WEINECK, J. *Biologia do esporte*. Traduzido por Anita Viviani. 1^a. ed. São Paulo: Manole, 1991. Original Alemão.

_____. *Treinamento Ideal*: instruções técnicas sobre o desempenho fisiológico, incluindo considerações específicas de treinamento infantil e juvenil. Tradução: Beatriz Carvalho. São Paulo: Manole, 1999.

ZEMLIM, W. R. *Princípios de anatomia e fisiologia em fonoaudiologia*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

ANEXO 1 - CARTA PARA OBTENÇÃO DO CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Caro(a) Senhor(a),

Nós, Carolina Ghelli Ferreira de Melo, fonoaudióloga, portadora do CPF 055.206.586-25, RG MG-10749329, estabelecida na Rua Professora Bartira Mourão, nº216/103, CEP 30455-750, na cidade de Belo Horizonte, cujo telefone de contato é (31) 9196-0454; e Sergio Freire Garcia, CPF: 059217018-74, RG M1287839 SSP MG, estabelecido na Rua David Campista, 207/601, CEP 30150-090, na cidade de Belo Horizonte/MG, cujos telefones são (31) 3214-2064 e Fax: (31) 3409-4720, vamos desenvolver uma pesquisa cujo título é “Análises Perceptivo-Auditiva e Acústica Vocais Pré- e Pós-Aquecimento”.

O objetivo deste estudo é de comparar parâmetros perceptivo-auditivo (Qualidade Vocal) e acústicos (Frequência Fundamental, *Jitter*, *Shimmer*, medidas de harmonicidade, Formantes do Som e Harmônicos, envelope dinâmico, curva de ataque, distribuição espectral, variação espectral e centróide) vocais de cantores líricos antes e após aplicação de um programa de aquecimento vocal.

Estamos convidando o Sr. (a) a participar desta pesquisa que é voluntária e constará de 25 perguntas que deverão ser respondidas sem minha interferência ou questionamento e da avaliação clínica. Necessito que o Sr.(a). forneça informações a respeito de manifestação de queixas vocais nos 15 dias anteriores à presente data (como rouquidão, fadiga vocal, falhas na voz ou ardência na garganta); história progressiva de doenças neurológicas, endocrinológicas e/ou gástricas; hábitos de etilismo e tabagismo; o tempo que atua como cantor, frequência de treinamento vocal, existência de alguma dificuldade específica no canto; e cuidados com a voz, contemplando Higiene Vocal e/ou aquecimento e desaquecimento vocal; cujas perguntas estão em anexo, devendo ocupá-lo(a) por 15 minutos para completar as respostas.

Além de responder a essas perguntas, os procedimentos a serem realizados serão: Os indivíduos que se encaixarem nos critérios de inclusão e responderem à anamnese específica para cantores, terão suas vozes gravadas antes e após o aquecimento vocal; as amostras vocais a serem colhidas são a emissão da vogal sustentada /a/, na altura

Sol3 (392 Hz), para as mulheres e Sol2 (196 Hz), para homens, em ambos os casos na intensidade *mezzo-forte* e pelo tempo de 10 segundos; e o canto, à capela, de um trecho de uma peça musical específica: frases iniciais da Ave Maria, de Charles Gounod/Bach.

O programa de aquecimento vocal proposto se iniciará com a técnica de movimentos cervicais (cabeça para frente e para trás, de um lado para o outro e de um ombro para o outro, duração de 20 segundos cada movimento); prosseguirá com movimentos de rotação de ombros de frente para trás (sentido horário, 2 séries de 10 segundos) associados à emissão prolongada de um som facilitador (som vibrante) em tonalidade confortável para o cantor e na sequência, rotação de ombros de trás para frente (anti-horário, 2 séries de 10 segundos); seguirá com a técnica de sons fricativos (emissão dos sons fricativos em passagem de sonoridade “sss..” – “zzz..”, 6 repetições de 10 segundos); na sequência, projeção de curtas emissões de “sss” com variação de intensidade: fraca, moderada e forte, 20 segundos cada emissão); prosseguirá com a técnica de rotação de língua no vestibulo bucal (2 repetições para a esquerda e depois direita, aumentando progressivamente, até completarem 4 repetições) e com a técnica de deslocamento lingual (anteriorização, 4 repetições); a técnica dos sons vibrantes (3 minutos) e sons nasais (escala ascendente cantada em “nu” e descendente em boca *chiusa*) serão associadas à técnica de escalas musicais - estrato da escala maior, do primeiro ao sexto grau, executado em intervalo de Quinta Justa (5ª justa), transposto cromaticamente de Dó3 a Lá3, ascendentemente, e em seguida, descendentemente, de Lá3 a Si2, para mulheres; já para os homens, estrato da escala maior, do primeiro ao quinto grau, executado em intervalo de Quinta Justa (5ª justa), transposto cromaticamente de Dó3 a Sol3, ascendentemente, e em seguida, descendentemente, de Sol3 a Si2, para homens. Finalmente, os exercícios de trato vocal semi-ocluído (ETVSO) também serão associados à técnica de escalas musicais - estrato da escala maior, do primeiro ao terceiro grau, executado em intervalo de Terça Maior (3ªM), transposto cromaticamente de Dó3 a Lá3, ascendentemente, e em seguida, descendentemente, Lá3 a Si2, para mulheres; já para os homens, estrato da escala maior, do primeiro ao terceiro grau, também executado em intervalo de Terça Maior (3ªM), transposto cromaticamente de Dó3 a Sol3, ascendentemente, e em seguida, descendentemente, de Sol3 a Si2. Embora tocados ao teclado nas alturas mencionadas,

os homens cantam esses exercícios uma oitava abaixo, com exceção do registro contratenor. O programa completo de aquecimento vocal terá a duração de 15 minutos.

Tal atividade será monitorada pela pesquisadora, com apoio de um teclado profissional. Após o aquecimento, serão coletadas novamente as mesmas amostras vocais dos participantes. Finalmente, as amostras vocais serão analisadas e comparadas pré e pós aquecimento por meio das análises perceptivo-auditiva e acústica.

Essa avaliação não oferece riscos.

Sua participação não trará qualquer benefício direto, mas proporcionará um melhor conhecimento a respeito dos efeitos aquecimento vocal para o canto, que em futuros tratamentos fonoaudiológicos e/ou aulas de canto poderão beneficiar outras pessoas ou, então, somente no final do estudo poderemos concluir a presença de algum benefício.

Não existe outra forma de obter dados com relação ao procedimento em questão e que possa ser mais vantajoso.

Informamos que o Sr (a) tem a garantia de acesso, em qualquer etapa do estudo, sobre qualquer esclarecimento de eventuais dúvidas. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Também é garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo.

Garantimos que as informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes/alunos, não sendo divulgado a identificação de nenhum dos participantes.

O Sr(a) tem o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas e caso seja solicitado, darei todas as informações que solicitar.

Não existirão despesas ou compensações pessoais para o participante em qualquer fase do estudo. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Eu me comprometo a utilizar os dados coletados somente para pesquisa e os resultados serão ser veiculados através de artigos científicos em revistas especializadas e/ou em encontros científicos e congressos, sem nunca tornar possível sua identificação.

Anexo está o consentimento livre e esclarecido para ser assinado caso não tenha ficado qualquer dúvida.

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Acredito ter sido suficiente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo Análises perceptivo-auditiva e acústica vocais pré e pós aquecimento.

Eu discuti com a fonoaudióloga Carolina Ghelli Ferreira de Melo e o Professor Sérgio Freire Garcia sobre a 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 e que tenho garantia do acesso aos resultados e de esclarecer minhas dúvidas a qualquer tempo. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidade ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido.

Assinatura do entrevistado: _____

Data: ____/____/_____

Nome:

Endereço e telefone:

RG:

Assinatura do entrevistado: _____

Data: ____/____/_____

Comitê de Ética em Pesquisa - UFMG (COEP – UFMG)

Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005

Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. 31270-901

Telefone: (31) 3409-4592

ANEXO 2 - ANAMNESE ESPECÍFICA PARA CANTORES

(Adaptação de Histórico do Paciente: Cantores.
Sataloff R (Ed.). Professional voice. The science and art of clinical care.
2 nd San Diego: Singular, 1997)

1. Nome: _____

2. Idade: _____

3. Sexo: _____

4. Data: _____

5. Categoria da voz:

- _____ Soprano
- _____ Tenor
- _____ Contratenor
- _____ Mezzo Soprano
- _____ Barítono
- _____ Contralto
- _____ Baixo

6. Você apresentou algum dos sintomas listados abaixo nos últimos 15 dias?

- _____ Rouquidão
- _____ Falhas na voz
- _____ Ardência na garganta
- _____ Gripe

7. Você tem o hábito de tabagismo? (Fumo)

Sim _____ Não _____

Se sim:

Frequentemente _____ Raramente _____

8. Você tem o hábito de etilismo? (Ingestão de bebida alcoólica)

Sim _____ Não _____

Se sim:

Frequentemente _____ Raramente _____

9. Você apresenta história progressiva de doenças neurológicas, endocrinológicas ou gástricas relevantes?

Sim _____ Não _____

10. Para mulheres:

Você está grávida?

Sim ____ Não ____

Se a resposta for sim, apresenta alterações hormonais decorrentes de gravidez?

Sim ____ Não ____

Está no seu período menstrual ou pré-menstrual?

Sim ____ Não ____

Apresenta alterações hormonais decorrentes do período menstrual ou pré-menstrual?

Sim ____ Não ____

11. Quais são seus objetivos, a longo prazo, em sua carreira como cantor?

() Lírico profissional

() Popular profissional

() Semiprofissional

() Popular

() Apresentação amadora (coral e ou solo)

() Amador para divertimento próprio

() Outra _____

12. Você teve treinamento vocal? Sim ____ Não ____

Com que idade começou? (Circular a idade)

2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22,
23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40

13. Há quanto tempo você estuda com o seu atual professor? _____

14. Qual a sua frequência de treinamento vocal semanal? (Circule a sua resposta)

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dias

15. Qual é o seu tempo de treinamento vocal diário?

Ensaio: (½, 1, 1 ½, 2, 2 ½, 3, 3 ½, 4, 4 ½, 5, 5 ½, 6, 6 ½, 7, 8, 9, 10)

16. Você aquece sua voz antes de cantar?

Sim ____ Não ____

Se a resposta for sim, por quanto tempo? (Circule a sua resposta)

(5min., 10 min., 15 min., 20 min., 25 min., 30 min., mais)

Se a resposta for sim, quais os exercícios que costuma fazer? (Marque todos que sejam aplicáveis)

(sons vibrantes em escalas, sons nasais em escala, sons vibrantes e nasais em escalas, vogais em escalas, exercícios respiratórios) Outros: _____

17. Você apresenta alguma dificuldade técnica específica no canto?
Sim ____ Não ____
Se a resposta for sim, circule a(s) aplicável(is):
(dificuldade ao cantar fraco, dificuldade ao cantar forte, controle deficiente da frequência, problemas de apoio, problemas nas zonas de passagem de registros)
Outro? Cite: _____
18. Que tipos de música você canta? (Marque todos que sejam aplicáveis)
____ Erudita
____ Espetáculos
____ Rock
____ MPB
____ Outro tipo (favor especificar)
19. Você regularmente canta sentado? (Por exemplo, atrás de um piano?)
Sim ____ Não ____
20. Você canta ao ar livre, em salões grandes, ou com orquestras?
Sim ____ Não ____
21. Se você canta com instrumentos elétricos ou ao ar livre, você usa retorno?
Sim ____ Não ____
Se a resposta for sim, você pode ouvi-los?
Sim ____ Não ____
22. Por favor, marque tudo que se aplica à você:
____ Voz pior de manhã
____ Voz pior no fim do dia e depois de usar muito tempo
____ Voz não se altera ao longo do dia
____ Pigarros constantes
23. Antes de cantar, você come ou bebe o que vem abaixo:
____ Chocolate
____ Álcool
____ Café
____ Leite ou derivados
____ Comidas picantes ou muito condimentadas
____ Outro (especifique)

24. Você tem o hábito de beber água?

Sim ____ Não ____

Se a resposta for sim, quantos copos, aproximadamente, você ingere por dia?

(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, mais)

25. Além de cantar, você tem outra atividade profissional? Sim ____ Não ____

Se a resposta for sim, envolve o uso extensivo da voz? Sim ____ Não ____

Se a resposta for sim, qual é? (Circule a sua resposta) (Ator, locutor – televisão/
rádio/ estúdio - instrutor de esportes, advogado, religioso, político, médico, vendedor,
operador de pregão/telemarketing, professor, telefonista ou recepcionista, garçom,
garçonete, secretária, outra ocupação).