



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM LINGUÍSTICA
MESTRADO EM LINGUÍSTICA

**EFEITO IMEDIATO DOS EXERCÍCIOS VOCAIS SOBRE AS MEDIDAS DE FONTE
E FILTRO**

KÉSSIA CECÍLIA FERNANDES CONSERVA

JOÃO PESSOA

2019

KÉSSIA CECÍLIA FERNANDES CONSERVA

**EFEITO IMEDIATO DOS EXERCÍCIOS VOCAIS SOBRE AS MEDIDAS DE FONTE
E FILTRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Linguística para a obtenção do título de Mestre em Linguística.

Área de concentração: Teoria e análise linguística

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Wanderley Lopes

JOÃO PESSOA

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C755e Conserva, Késsia Cecilia Fernandes.

Efeito imediato dos exercícios vocais sobre as medidas de fonte e filtro / Késsia Cecilia Fernandes Conserva.

- João Pessoa, 2019.

161 f. : il.

Orientação: Leonardo Wanderley Lopes.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHLA.

1. Voz. 2. Disfonia. 3. Treinamento da voz. 4. Exercício. 5. Acústica da fala. I. Lopes, Leonardo Wanderley. II. Título.

UFPB/BC

CDU 612.78(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM LINGUÍSTICA
MESTRADO EM LINGUÍSTICA

Defesa pública em:

João Pessoa, 21 de Agosto de 2019.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Leonardo Wanderley Lopes (orientador)



Profª. Drª. Anna Alice Figueiredo de Almeida

Profª. Drª. Zulina Souza de Lira

Profª. Drª. Priscila Oliveira Costa Silva (Suplente)

JOÃO PESSOA

2019

À minha mãe Roza, mulher que exala amor em suas atitudes cotidianas mais simples. Agradeço por todo amor e carinho dedicados a mim e a Elis, especialmente nesse momento.

AGRADECIMENTOS

A Deus, autor da minha fé.

Aos meus pais, Josias e Roza, por todo amor e carinho. Pelo incentivo e apoio incondicional, por sempre acreditarem em mim.

Ao meu amado esposo Emerson, companheiro e amigo, por todo amor, cujo o cuidado e paciência foram essenciais.

Kátia, irmã querida. Agradeço todo carinho, incentivo e aporte durante esse processo.

Aos colegas do LIEV, Estevão, Itacely, Allan, Maxsuel pela colaboração e disponibilidade em cooperar na fase inicial da realização da pesquisa.

Às colegas do PPGFON Karol e Vanessa pelas boas discussões no decorrer dessa trajetória.

Aos colegas do PROLING André, Fernanda, John pela cooperação na realização da pesquisa.

À Camila Ribeiro, pela elaboração estatística deste estudo, pela clareza na transmissão do conhecimento, pela atenção e esclarecimentos.

Ao meu orientador prof. Dr. Leonardo, a quem tenho tanto apreço, que me acompanhou em toda trajetória acadêmica. Agradeço os ensinamentos, as orientações e o incentivo contínuo à busca do saber.

Às professoras Dr^a. Zulina e Dr^a. Priscila que aceitaram o convite para comporem a banca qualificadora deste trabalho, bem como Dr^a. Anna Alice que se somou a banca final. Suas sugestões foram essenciais para conclusão dessa pesquisa.

RESUMO

Introdução: A produção vocal traz consigo particularidades que englobam aspectos fisiológicos, emocionais e comportamentais. Alterações nessa produção podem afetar a qualidade vocal, prejudicando a comunicação e gerando impacto na vida do indivíduo. Sabe-se que a produção vocal envolve ajustes realizados a nível de fonte glótica e de trato vocal. O processo de reabilitação tem em vista uma produção vocal com mínimo esforço e máxima eficiência por meio de técnicas vocais. **Objetivo:** Verificar o efeito imediato dos exercícios vocais sobre as medidas perceptivas e acústicas relacionadas à fonte e filtro em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea. **Metodologia:** Foram selecionadas 144 amostras vocais de 24 mulheres com idade entre 18 e 65 anos, sendo 12 delas com nódulos vocais, alocadas em um grupo experimental (GE) e 12 sem alteração vocal, alocadas em um grupo controle (GC). Tais amostras foram retiradas de um banco de dados desenvolvido no Laboratório Integrado de Estudos da Voz (LIEV) do Departamento de Fonoaudiologia (UFPB) e corresponderam à emissão sustentada da vogal /a/ em seis momentos de gravação: gravação pré exercício (M0), gravação após um minuto de execução de exercício (M1), gravação após dois minutos de execução de exercício (M2), gravação após três minutos de execução de exercício (M3), gravação após quatro minutos de execução de exercício (M4) e gravação após o quinto minuto de execução de exercício (M5). A realização das técnicas vocais foi executada da seguinte forma para os GE e GC: 8 mulheres executaram o exercício de vibração de língua; 10 mulheres realizaram exercício com canudo de alta resistência; e 6 realizaram exercício de sobrearticulação, sendo a metade correspondente a cada grupo. Para a análise acústica, foram utilizadas medidas que avaliam fonte glótica tais como: medidas de perturbação e ruído - média da frequência fundamental (f_0), desvio padrão de f_0 (DP f_0), *jitter*, *shimmer*, *GNE* e medida cepstral de *CPPS*; assim como medidas que investigam filtro: medidas espectrais das diferenças dos harmônicos H1-H2 (dB) e formânticas F1 e F2. Para análise perceptiva utilizou-se uma escala analógico-visual (EAV). **Resultados:** Mulheres com nódulos vocais apresentaram um ajuste de filtro (trato vocal) diferenciado do GC, com redução nos valores dos formantes F1 e F2, valores mais elevados para as medidas de perturbação de amplitude (*shimmer*) e para as medidas perceptuais nos parâmetros grau geral, rugosidade e soprosidade. No 4º minuto de execução de exercício com canudo de alta resistência apresentaram modificações na medida de ruído (*GNE*). No 5º minuto de exercício de vibração sonorizada de língua apresentaram redução de F2 e no 5º minuto de exercício de sobrearticulação apresentaram redução de *GNE*. Diferentemente, mulheres sem lesão laríngea apresentaram mudanças de filtro no 3º minuto de execução de exercício com canudo de alta resistência, com aumento nos valores de F1, bem como apresentaram aumento na média de f_0 no 5º minuto de realização de exercício de sobrearticulação. **Conclusão:** Tais achados sugerem que mulheres com nódulos vocais apresentam vozes mais desviadas com predominância de qualidade vocal soprosa e redução na abertura de boca. Apresentaram modificações de fonte com melhor efeito no 4º minuto e medidas de filtro no 5º minuto. Diferentemente, mulheres sem lesão laríngea apresentaram modificações de filtro com melhor efeito no 3º minuto e mudança na fonte no 5º minuto.

Palavras-chave: Voz , Disfonia, Treinamento da Voz, Exercício, Acústica da Fala.

ABSTRACT

Introduction: Vocal production brings with it particularities that encompass physiological, emotional and behavioral aspects. Changes in this production may affect vocal quality, impairing communication and impacting the individual's life. It is known that vocal production involves adjustments made at the level of glottic source and vocal tract. The rehabilitation process aims at vocal production with minimum effort and maximum efficiency through vocal techniques. **Objective:** To verify the immediate effect of vocal exercises on perceptual and acoustic measurements related to the source and filter in women with vocal nodules and women who are vocally healthy. **Methodology:** 144 vocal samples from 24 women aged 18 to 65 years were selected, 12 of them with vocal nodules, allocated in an experimental group (EG) and 12 without vocal alteration, allocated in a control group (CG). These samples were taken from a database developed at the Integrated Speech Studies Laboratory (LIEV) of the Speech Therapy Department (UFPB) and corresponded to the sustained emission of the vowel / a / in six recording moments: pre-exercise recording (M0), recording after one minute of exercise (M1), recording after two minutes of exercise (M2), recording after three minutes of exercise (M3), recording after four minutes of exercise (M4) and recording after the fifth minute of exercise execution (M5). The vocal techniques were performed as follows for the EG and CG: 8 women performed the tongue vibration exercise; 10 women performed exercise with high resistance straw; and 6 performed over-articulation exercise, with half corresponding to each group. For the acoustic analysis, measurements were used to evaluate glottal source such as: perturbation and noise measures - mean fundamental frequency (f_0), standard deviation of f_0 (SD f_0), jitter, shimmer, GNE and cepstral CPPS measurement; as well as measures that investigate filter: spectral measurements of the differences of the harmonics H1-H2 (dB) and formants F1 and F2. For perceptual analysis, an analog-visual scale (VAS) was used. **Results:** Women with vocal nodules presented a differentiated filter adjustment (vocal tract) of the CG, with a reduction in the values of the formant F1 and F2, higher values for the measures of amplitude disturbance (shimmer) and for the perceptual measurements in the degree parameters. general roughness and breathiness. In the 4th minute of the exercise with high resistance straw they presented changes in noise measurement (GNE). In the 5th minute of the tongue sound vibration exercise they presented F2 reduction and in the 5th minute of the over-articulation exercise they showed GNE reduction. In contrast, vocally healthy women had filter changes in the 3rd minute of high-resistance straw exercise, with an increase in F1 values, as well as an increase in f_0 average in the 5th minute of over-articulation exercise. **Conclusion:** These findings suggest that women with vocal nodules present more deviated voices with predominance of breathy vocal quality and reduced mouth opening. They presented glottal source modifications with better effect at the 4th minute, and filter measurements at the 5th minute. In contrast, vocally healthy women had better filter changes at 3 minutes and source changes at 5 minutes.

Key words: Voice, Dysphonia, Voice training, Exercise, Speech Acoustics.

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	21
2. REVISÃO DA LITERATURA	30
2.1 Medidas de Perturbação e Ruído	32
2.2 Medidas de <i>CPPS</i>	35
2.3 Medidas Formânticas e Espectrais.....	37
2.4 Medidas de resultado	42
3. METODOLOGIA	455
3.1 Desenho do estudo	45
3.2 População de estudo.....	45
3.3 Materiais	46
3.4 Definição das variáveis.....	47
3.5 Procedimento de coleta das amostras	48
3.5.1 Recrutamento das participantes	49
3.5.2 Coleta de dados e gravação.....	51
3.5.3 Extração das medidas formânticas.....	55
3.5.4 Extração das medidas de f_0 , Perturbação e Ruído	57
3.5.5 Medidas cepstrais e espectrais	58
3.5.6 Julgamento perceptivo auditivo	64
3.6 Procedimento de análise dos dados	65
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1 Artigo 1	66
4.2 Artigo 2	85
4.3 Artigo 3.....	116
4.4 Limitações e perspectivas futuras.....	142
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	143
6.REFERÊNCIAS.....	145
7. ANEXOS	165

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Valores médios dos formantes para mulheres falantes do português brasileiro.....	39
Quadro 2: Texto foneticamente balanceado baseado na Brazilian Portuguese version of Vocal Profile Analysis Scheme – PB-VPAS(2007)	54
Quadro 3: Modificações ocorridas nas comparações M0 e M5 nos grupos GE e GC	78
Quadro 4: Modificações ocorridas nas comparações entre os momentos (M0, M1, M2, M3, M4,M5) no GE e GC.....	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Segmentação do oscilograma e espectrograma de banda larga da vogal /a/ em contexto CV de um falante do sexo feminino sem alteração laríngea.....	55
Figura 2: Oscilograma e espectrograma da vogal /a/ em contexto CV de um falante do sexo feminino sem alteração laríngea com aplicação do comando <i>Pitch>Show pitch</i>	56
Figura 3: Oscilograma e espectrograma da vogal /a/ em contexto CV de um falante do sexo feminino sem alteração laríngea, com aplicação do comando <i>Formant>Show formant</i>	57
Figura 4: Seleção da vogal /a/ sustentada para extração de CPPS. com aplicação do comando <i>Opent>Open long sound file</i>	59
Figura 5: Aplicação do comando <i>extract part</i>	59
Figura 6: Aplicação do comando <i>Analyse Periodicity> To PowerCepstrogram</i>	60
Figura 7: Parâmetros de “ <i>To PowerCepstrogram</i> ”	60
Figura 8: Aplicação do comando <i>Query> Get CPPS</i>	61
Figura 9: Etapa 6: Parâmetros de “ <i>Get CPPS</i> ”.....	61
Figura 10: Resultado de <i>CPPS</i>	62
Figura 11: Traçado do espectro de trecho selecionado da vogal /a/ sustentada para extração dos valores de frequência e intensidade dos dois primeiros harmônicos (H1 e H2), com aplicação do comando <i>sel> spectrum > view spectral slice</i>	63
Figura 12: Extração das medidas de frequência e intensidade de H1 (212 Hz e 46,7 dB).....	63
Figura 13: Extração das medidas de frequência e intensidade de H2 (422Hz e 48,3 dB).....	64

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A produção do sinal da fala apresenta peculiaridades distintas que vai de acordo com cada falante. Sabe-se que a análise desse sinal vem ganhando espaço em diversas áreas do conhecimento, como é o caso da Língua Portuguesa, Fonoaudiologia, Engenharia elétrica, Ciências da computação, entre outras, contribuindo de maneira significativa para o progresso do conhecimento no que tange ao aprimoramento de ferramentas que melhor avaliem esse sinal.

O comportamento vocal de um falante, envolve variações anatômicas do aparelho fonador e sua psicodinâmica vocal. Sabe-se que tal comportamento pode apresentar-se limitado em decorrência de um desvio vocal, seja por fatores comportamentais e/ou pela instalação de uma lesão. É possível investigar possíveis aspectos que contribuem para instalação de um problema de voz através de uma avaliação multidimensional da voz. Esta abrange aspectos distintos, que incluem avaliação perceptiva auditiva da qualidade vocal, exame visual laríngeo, assim como análise acústica, avaliação aerodinâmica e autoavaliação vocal (DEJONCKERE, 2001).

As bases físico-acústicas da fala abrangem todo o mecanismo de produção vocal, desde o processo de geração do som e os efeitos causados por esta produção, assim como aspectos da psicofísica da audição. A Teoria de produção da fala é fundamentada no modelo fonte-filtro descrita por Fant (1970), que fornece uma estimativa do comprimento e da forma do trato vocal durante a fonação, na qual a fonte está associada à vibração das pregas vocais, gerando assim um sinal periódico ou ruidoso. O filtro, molda o sinal gerado pela fonte resultando nas ressonâncias do trato vocal. É possível dizer que o estudo das representações linguísticas dos sons da fala (vogal e consoante) assim como os fenômenos de coarticulação e os efeitos da prosódia nos segmentos também estejam pautados nesse modelo (CAMARGO, 1999; CAMARGO, 2002; BALDI, 2017).

A qualidade vocal de um falante pode ser analisada através de avaliação perceptiva auditiva, reforçando o fato desta fornecer informações relevantes quanto a anatomofisiologia da laringe, presença, grau e tipo de desvio vocal do falante. Apesar de ser uma avaliação subjetiva, que depende da experiência e do nível de treinamento do avaliador, sendo apontada como padrão ouro na avaliação da voz e considerada uma das abordagens mais tradicionais aplicada internacionalmente, baseia-se na impressão que o avaliador tem ao ouvir uma emissão vocal normal ou desviada e assim comparar com os achados fisiológicos. (DE BODT *et al.*, 1997; SAENZ-LECHON, 2006; PATEL e SHRIVASTAV, 2007; EADIE *et al.*, 2011; QUEIROZ, 2012; NEMR *et al.*, 2012; SILVA, *et al.*, 2017).

A busca por uma avaliação vocal mais objetiva, propiciou o progresso no que diz respeito a extração e análise de medidas acústicas, bem como no confronto dessas medidas com dados laríngicos e perceptivo auditivo, facilitando assim a compreensão da relação entre fisiologia (input) e sinal sonoro acústico auditivo (output vocal) (GAMA e BEHLAU, 2009). A acústica apresenta um papel importante na avaliação da voz, pois ela descreve as principais características e mecanismos da produção de fala fornecendo dados objetivos e quantificados do sinal vocal em diferentes contextos e com diferentes populações. Apesar de ser considerada complementar, ela fornece subsídios visuais e dados normativos que muitas vezes não são conseguidos por outro tipo de avaliação, sendo utilizada frequentemente na prática clínica assim como em pesquisas (DEJONCKERE *et al.* 2001; KENT e KIM, 2008; ZHANG E JIANG, 2008; MARYN *et al.* 2009; GAMA e BEHLAU, 2009; ULOZA *et al.*, 2010; DEMIRHAN *et al.*, 2016; BEKERMANN, 2017).

A disseminação de estudos dos parâmetros de análise acústica resultou em diferentes modelos de captação do sinal de voz, dentre eles, mencionamos os modelos lineares, que representam de forma geral o sistema de produção vocal baseado na teoria fonte-filtro, no qual as pregas vocais são consideradas a fonte sonora e o trato vocal o filtro, apresentando mais consistência na avaliação de sinal de voz quase periódico (Fant, 1970; Tosi, 1979) e não-lineares (Titze, Baken e Herzel, 1993; Zhang *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2005; Dajer *et al.*, 2011; Galdino, 2012) que surgem como ferramentas para complementar o diagnóstico de lesões

laríngeas, principalmente aquelas que o grau do desvio vocal é mais intenso. Os modelos não lineares representam descritores úteis para irregularidade com maior aperiodicidade na voz, indicando estados de disfunção fisiológica, contribuindo para entendimento dos transtornos vocais e fornecendo maiores informações sobre a voz humana (TITZE, BAKEN e HERZEL, 1993; JIANG, ZHANG e MCGILLIGAN, 2006; LOPES, 2018).

O mecanismo acústico de produção da fala envolve particularidades tanto em nível de fonte glótica quanto em nível do filtro (ajustes realizados no trato vocal). Desse modo, buscou-se investigar tal mecanismo através do desenvolvimento de diversos tipos de medidas de análise, visto que as alterações da voz geralmente perturbam o sinal sonoro de diversas maneiras e com diferentes formas de perturbação (TITZE, RIEDE e POPOLO, 2008; COSTA, 2008; MARYN *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2014). Diante disso, as medidas acústicas apesar de complementares, são consideradas importantes para avaliação e diagnóstico das alterações vocais, a qual existe uma variedade de parâmetros acústicos desenvolvidos com o objetivo de mensurar diferentes perturbações ou irregularidades no sinal de voz. Vejamos a seguir.

As medidas tradicionalmente conhecidas por analisarem a fonte glótica são: análise da frequência fundamental (f_0), definida pelo número de vibrações produzidas pelas pregas vocais por segundo; medidas de perturbação da frequência, *jitter*, que indica a variação da frequência fundamental ciclo a ciclo na fonação; medidas da perturbação da amplitude, *shimmer*, que diz respeito a variabilidade da amplitude da onda do sinal de voz ciclo a ciclo (HOLMBERG *et al.*, 1995; MICHAELIS, GRAMSS e STRUBE, 1997; BEHLAU 1997; GAMA, 1997; FELIPPE, GRILLO e GRECHI, 1997; PONTES *et al.* 2002; GUIMARÃES, 2007; MARYN *et al.*, 2009; CAMARGO, 2002).

Quanto as medidas de ruído podemos citar a proporção harmônico ruído (*NHR*), que contrasta com o sinal regular das pregas vocais e do trato vocal, fornecendo um índice que relaciona o componente periódico (harmônico) versus o componente aperiódico (ruído) da onda acústica. Em outras palavras essa medida

analisa presença de ruído no sinal vocal (RODRIGUES *et al.* 1994; BEHLAU, 1997; SCAPEL e FONSECA, 2014). O *glottal-to-noise excitation* (GNE) é responsável por calcular o ruído em uma série de pulsos produzidos pela oscilação das pregas vocais, indicando assim se o sinal vocal está surgindo da vibração das pregas vocais ou da corrente de ar gerada no trato vocal. O GNE apresenta relação com sopro e seus valores abaixo de 0,5 são categorizados como alterados (GODINO-LLORENTE *et al.*, 2010; LOPES, 2014; LOPES, 2018).

Existem algumas medidas que não dependem da estimativa da frequência fundamental e vêm sendo utilizadas como parâmetros de classificação na discriminação de sinais de vozes desviadas secundárias a alteração laríngea (COSTA, 2008). A análise cepstral, vem sendo utilizada para avaliação de vozes mais alteradas, em razão da sua capacidade de trabalhar com o sinal da glote (excitação) separadamente das repercussões do trato vocal, ou seja, ela é capaz de determinar a f_0 e calcular aperiodicidade no sinal de voz sem que haja identificação de limites dos ciclos individuais. Desse modo, o cepstro indica em qual medida os harmônicos decorrentes da f_0 são individualizados e acentuados em relação ao nível de ruído do sinal de voz (DEJONCKERE e WIENEKE, 1996; WOLFE, MARTIN e PALMER, 2000; COSTA, 2014; AWAN *et al.*, 2015).

Dentre as medidas cepstrais utilizadas, podemos citar o *Cepstral peak prominence* (CPP) que avalia o grau de periodicidade do sinal com base na frequência. Outra medida que surge a partir da modificação no algoritmo do CPP é o *cepstral peak prominence Smoothed* (CPPS) o qual antes de extrair o pico cepstral há uma suavização do cepstro. O cálculo do cepstro é realizado a cada 2 ms ao invés de 10 ms, possibilitando maior precisão na identificação de presença de irregularidades no sinal (DEJONCKERE e WIENEKE, 1996; AWAN *et al.*, 2013). Vale ressaltar que quanto mais periódico for o sinal de voz, mais ele apresenta uma configuração harmônica bem definida com maior amplitude do pico cepstral dominante. Tais medidas correlacionam-se fortemente à sopro e em vogais sustentadas assim como fala encadeada (MARYN e WEENINK, 2015).

Desvios vocais apresentam menor proporção entre a energia dos harmônicos e os componentes de ruído e aperiodicidade, o que resulta em menores valores de *CPPS*. Desse modo, as medidas cepstrais vêm produzindo uma evidente melhora quanto a sua precisão no processo de avaliação da qualidade vocal, sendo consideradas capazes de diferenciar indivíduos com distúrbio e sem distúrbio de voz (HILLENBRAND e HOUDE, 1996; WATTS e AWAN, 2015; HASANVAND, SALEHI e EBRAHIMIPOUR, 2016; PHADKE *et al.*, 2018; PATEL, AWAN e BARKMEIER-KRAEMER, 2018).

Por último, abordamos as medidas de amplitude espectral do primeiro harmônico (H1) e do segundo harmônico (H2), obtendo-se medidas de frequência (Hz) e amplitude (dB). A amplitude de H1 tem relação com o grau de movimentação lateral das pregas vocais durante a produção vocal e os harmônicos mais altos à descontinuidade que ocorre com o impacto do contato das pregas vocais (HART *et al.*, 2003). Quanto mais elevado for o valor de H1, em relação a H2, menor é o coeficiente de contato e maior a velocidade de fechamento das pregas vocais (HAMMARBERG *et al.*, 1980; CORDEIRO *et al.*, 2010; QUEIROZ, 2012).

Um dos recursos utilizados na análise acústica para associar essas medidas à fisiologia da produção vocal, é a relação entre H1-H2. Tal medida parece ter relação direta à velocidade das forças aerodinâmicas das pregas vocais, sendo muito utilizada na descrição das características da emissão vocal (Klatt e Klatt, 1990; Hanson e Chuang, 1999; Cordeiro *et al.*, 2010). Valores muito elevados de H1-H2 podem indicar aumento de sopro e /ou astenia (Cannito, Buder e Chorna, 2005) e valores baixos podem sugerir tensão/ hiperfunção na voz (SALOMÃO e SUNDBERG, 2008).

No contexto clínico e de pesquisa na área de voz e fala, as medidas acústicas são utilizadas para definição de dados normativos em diferentes populações e contextos de fala, para descrição das características do sinal vocal, para identificação e caracterização da produção vocal desviante e como medida de resultado pré e pós intervenção nos casos de distúrbios de voz e fala (PAES e BEHLAU, 2017 MOREIRA e GAMA, 2016; PATEL, AWAN e BARKMEIER-

KRAEMER, 2018). Em um consenso sobre o papel de diferentes medidas utilizadas para avaliação vocal, a análise acústica é considerada como uma das principais medidas de resultado de intervenção, possibilitando a comparação do indivíduo com ele mesmo ao longo do tempo (ROY *et al.*, 2013).

Enquanto medidas de resultado, os dados acústicos permitem o monitoramento e acompanhamento da evolução de pacientes na terapia vocal, avalia a efetividade de um exercício ou abordagem utilizada com o falante durante a intervenção, identificando a redução de desvios vocais (FROHLICH *et al.*, 2000; MADAZIO, LEAO e BEHLAU, 2011). Dessa forma, a análise acústica fornece uma informação quantitativa e mais objetiva quanto às modificações na fonte glótica ou no posicionamento e mobilidade dos articuladores de um falante ao longo do tempo. (TELES e ROSINHA, 2008; COSTA *et al.* 2014; YAMASAKI *et al.*, 2016; BALDI, 2017).

Um dos desafios do fonoaudiólogo no atendimento de pacientes com distúrbios de voz é avaliar o efeito imediato dos exercícios realizados sobre a produção vocal do falante (CIELO *et al.*, 2013). Nesse sentido, as medidas acústicas possibilitariam o acesso a informações indiretas acerca das mudanças produzidas pelo exercício na fonte glótica e no posicionamento e mobilidade das estruturas do trato vocal (NIEBUDEK-BOGUSZ *et al.*, 2009; DAJER, 2006; SANTOS, 2015).

Um outro desafio é compreender o tempo de execução necessário para que o exercício produza tais mudanças na fonte glótica e no trato vocal em indivíduos com distúrbios de voz (PAES e BEHLAU, 2017). A relevância disso está no fato de que a sub ou sobredosagem do exercício pode dificultar a obtenção dos resultados esperados, gerar desconforto no falante ou intensificar o desvio vocal existente (MENEZES, DUPRAT e COSTA, 2005; SAXON e BERRY, 2009; MENEZES *et al.*, 2011).

Reconhecidamente, os exercícios vocais são capazes de modificar o mecanismo de fechamento e vibração glótica (Cordeiro *et al.*, 2012; Cielo e Christmann, 2014), assim como o posicionamento e movimentação das estruturas do trato vocal (ROY *et al.*, 2009; LAUKKANEN, 2012; YAMASAKI *et al.*, 2016). Dentre os exercícios existentes para terapia vocal de indivíduos com distúrbios de voz, há exercícios com foco na modificação de ajustes glóticos, exercícios com

objetivo de mudança no posicionamento e movimentação dos articuladores e exercícios para melhora da integração entre a fonte glótica e o filtro (TITZE, 2000; TITZE, 2006; SCHWARZ, 2006; LAUKKANEN *et al.*, 2008; GUZMÁN *et al.*, 2015). Obviamente, não se pode negar que toda e qualquer ação em nível da fonte e do filtro influencia o sistema de modo global, independentemente do seu foco de ação primária.

No entanto, embora haja uma descrição do efeito de inúmeros exercícios vocais na fonte glótica e no trato vocal, ainda há limitações acerca de como as modificações de fonte e filtro interagem no domínio do tempo, ao longo da execução de um exercício vocal. (PAES e BEHLAU, 2017).

Sabe-se que durante a produção vocal, as estruturas glóticas, supraglóticas e subglóticas trabalham em sincronia, de modo que a fonte glótica garanta os aspectos de sonoridade dos sons da fala e ajustes laríngeos de qualidade vocal, e o trato supraglótico (articuladores e cavidades ressoadoras) atue como fonte de ruído na produção e articulação dos sons, assim como na modificação nos ajustes supraglóticos da qualidade vocal (CAMARGO e MADUREIRA, 2008; CURY, 2014).

Titze e Palaparthi (2016) explicam que o trato vocal pode modificar os padrões vibratórios das pregas vocais através da impedância acústica. Por sua vez, o fechamento glótico incompleto, bem como irregularidade nos padrões vibratórios das pregas vocais podem ocasionar ajustes compensatórios no trato vocal, como elevação laríngea, constrição na região orofaríngea, elevação da base de língua, entre outros (CAMARGO, 2002; MAGRI, STAMADO e CAMARGO, 2009; CAMARGO *et al.* 2004; MUHAMMAD *et al.*, 2011). De modo geral, reconhece-se que há uma influência mútua entre fonte glótica e filtro, mas ainda é difícil determinar se os ajustes de trato vocal podem estar relacionados à causa, se estão em co-ocorrência ou são consequência dos distúrbios de voz. (MARTENS, VERSNEL e DEJONCKERE, 2007; CIELO e CHRISTMANN, 2014).

A compreensão da interação entre fonte filtro nos distúrbios de voz poderia ser elucidada, primordialmente, com o desenvolvimento de estudos longitudinais com populações de risco para o desenvolvimento desses distúrbios. No entanto, uma alternativa mediante às dificuldades para execução de estudos longitudinais

seria o monitoramento de medidas associadas as mudanças no nível glótico e supraglótico pré e pós intervenção ou a avaliação do efeito imediato dos exercícios vocais sobre as medidas acústicas relacionadas às modificações glóticas e supraglóticas.

De modo geral, as medidas de perturbação e ruído têm sido consideradas importantes parâmetros para caracterização do mecanismo de fechamento e vibração glótica, seja em indivíduos sem lesão laríngea ou nos casos de produção vocal desviada (LOPES, 2018; BEKERMAN, 2017; DIAS, 2014; ZIMMER, 2011; RAZERA, 2004; EADIE & BAYLOR, 2006; MA & YIU, 2006). Por outro lado, as medidas formânticas podem fornecer estimativas acerca da posição e amplitude de movimentação dos articuladores na produção vocal (LAUKKANEN *et al.*, 2012; CIELO e CHRISTMANN, 2014 YAMASAKI *et al.*, 2016; BALDI, 2017). Por sua vez, as medidas espectrais podem ser úteis para avaliar a interrelação entre a energia produzida na fonte e sua dissipação do trato vocal, contribuindo para a compreensão do mecanismo de interação fonte-filtro e sua influência no output vocal (CORDEIRO *et al.*, 2010; QUEIROZ, 2012).

Nesse contexto, considerando a necessidade de compreensão que a interação dos ajustes glóticos e supraglóticos (fonte e filtro) em mulheres disfônicas podem elucidar ao longo do tempo, foi delineado os seguintes problemas de pesquisa para o desenvolvimento deste estudo: será que o tipo de exercício e o tempo de execução influenciam na modificação e relação das medidas acústicas de fonte e filtro em mulheres com nódulos vocais e sem lesão laríngea?

Diante disso, foram definidas as seguintes hipóteses: (a) o foco de ação primário do exercício vocal selecionado pode determinar a sequência de modificações nas medidas de fonte e filtro em função do tempo; (b) mulheres com nódulos vocais apresentam modificações as medidas de fonte glótica mais precocemente em relação às mulheres sem lesão laríngea durante a execução dos exercícios; (c) mulheres com nódulos vocais modificam as medidas relacionadas à supraglote mais tardiamente em relação às mulheres sem lesão laríngea durante à execução dos exercícios.

A hipótese (a) se baseia no fato de que exercícios com foco no trabalho muscular das pregas vocais, podem gerar impacto no movimento ondulatório da mucosa das pregas vocais, resultando em maior flexibilidade e equilíbrio das forças mioelásticas e aerodinâmicas da laringe, produzindo modificações na fonte glótica (BEHLAU e PONTES, 1990; STEMPLE *et al.*, 1994; GUBERFAIN, MULLER e SARVAT, 1999; AZEVEDO *et al.*, 2010; PIMENTA *et al.*, 2013; DARGIN e SEARL, 2015).

As hipóteses (b) e (c) se respaldam no fato do exercício vocal auxiliar na reabsorção das lesões benignas das pregas vocais, reestruturando o padrão alterado, resultando numa produção mais equilibrada e com possível redução do quadro hipercinético, apresentando resultados positivos ao nível de fonte. Consequentemente com a melhora do padrão vibratório das pregas vocais, a energia de ruído é transformada em energia de som e irradiada para o trato vocal, favorecendo o aumento da intensidade, da eficiência e da economia da voz, gerando assim efeito positivo ao nível de filtro (PINHO, 1998; TITZE 2006 ; BEHLAU *et al.*, 2005; SAMPAIO, OLIVEIRA e BEHLAU, 2008; ZIMMER, 2011; CIELO, *et al.*, 2012).

Sendo assim, como modo de analisar as considerações sobre as características acústicas de fonte e de filtro ao longo do tempo e do tipo de exercício, o presente estudo teve o objetivo de verificar o efeito imediato dos exercícios vocais sobre as medidas acústicas relacionadas à fonte e filtro em mulheres com nódulos vocais e sem lesão laríngea. Os objetivos específicos são:

- Investigar medidas perceptivas e acústicas relacionadas à fonte e filtro em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea;
- Analisar se existem diferenças nas medidas perceptivas e acústicas relacionadas à fonte e filtro pré e pós 5 minutos de exercício realizado em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea;
- Verificar o efeito imediato de 3 exercícios vocais com foco de ação diferentes, em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea;

- Verificar se existem diferenças entre as medidas perceptivas e acústicas de fonte e filtro em função do tempo de execução dos exercícios minuto a minuto em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea;
- Investigar a influência do tempo de execução dos exercícios e as modificações nas medidas acústicas de fonte e filtro minuto a minuto em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo versará sobre análise acústica de forma resumida enfatizando as principais medidas utilizadas no processo de avaliação do sinal de voz, bem como os aspectos mais significativos do suporte teórico que será utilizado na análise dos dados da presente pesquisa, sendo organizado em três subitens os quais abordaremos: as medidas de perturbação e ruído, cepstrais, formânticas e espectrais.

A fonética acústica é parte da fonética que dedica-se aos aspectos acústicos, trabalhando com as propriedades físicas dos sons da fala. Sabe-se da complexidade que é a fala e que o estudo aprofundado desta dialoga com a área acústica (fonética acústica), área fisiológica (fonética articulatória) e área perceptual (fonética perceptual) sendo capaz de reconhecer não apenas o conteúdo da elocução, mas ainda a identidade do locutor assim como, condições/ problemas de saúde ou estado emocional. Desse modo, os estudos acústicos de voz e fala podem ser aplicados tanto para síntese de voz (conversão de texto para fala), reconhecimento de voz (conversão de fala para texto), compreensão da fala (determinação do significado da elocução), reconhecimento/identificação de locutor, assim como para análise de disfonias associadas ou não a lesão da laringe (VIEIRA, 2004; AGUENA, 2006; KENT e READ, 2015). Com base na análise acústica é possível compreender o funcionamento da voz de maneira mais detalhada. Através do registro e análise de

parâmetros acústicos, é possível detectar possíveis alterações, sendo utilizada como ferramenta computacional para o monitoramento da qualidade vocal.

O processo de captação do sinal de voz tem seu avanço no século XX, sendo que a partir da década de 70 essa captação torna-se digital, proporcionando um rateio mais limpo, com mais rapidez e de maneira mais precisa na obtenção de suas medidas. A análise acústica é considerada de grande utilidade para o estudo da fonética acústica, pois proporciona geração do sinal sonoro de maneira detalhada, correspondendo a eventos dos segmentos glótico e supraglótico do aparelho fonador (BEHLAU, 2001; KENT e READ, 1992; KENT e READ, 2015).

As medidas acústicas vêm sendo cada vez mais empregadas na prática clínica como meio de avaliação objetiva, complementando assim a avaliação vocal e auxiliando no diagnóstico das alterações vocais. Uma variedade de pesquisas científicas têm apresentado interesse no estudo de medidas acústicas que investiguem as mudanças fisiológicas na produção vocal para sua utilização na prática clínica. Tais medidas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de aprimorar as gravações e mensurações dos sinais sonoros da voz (TITZE, 1995; GELFER e FENDEL, 1995; GODINO-LLORENTE *et al.*, 2006; LOPES *et al.*, 2017; LOPES *et al.*, 2018).

Uma variedade de medidas vêm sendo estudadas na análise acústica com o intuito de avaliar vozes desviadas seja em nível de Fonte (Godino-Llorente *et al.*, 2006; Dibazar, Berger e Narayanan; Vieira *et al.*, 2012; Andrade *et al.*, 2016), ou por uso de ajustes vocais inadequados a nível de filtro (Valença, *et al.*, 2016), sendo possível extrair características do sinal que possam revelar suas variações, irregularidades, contendo assim detalhes do sinal que os diferenciem ou classifiquem conforme os critérios constituídos para os objetivos da análise, seja para avaliação da qualidade vocal, redução de desvio, eficácia de utilização de determinado exercício, ou até mesmo para monitoramento do desempenho vocal (SANTOS, 2015).

Para obter uma melhor classificação dos sinais vocais, Lopes *et al.* (2018) investigaram as medidas acústicas isoladas e combinadas referentes à fonte

(perturbação e ruído) e ao filtro (medidas formânticas). O estudo apontou que adicionar medidas relacionadas aos ajustes de trato vocal às medidas tradicionais de perturbação e ruído pode melhorar o desempenho da classificação da intensidade e do tipo de desvio vocal, além de fornecer insights acerca da interação fonte e filtro nos pacientes com desvio vocal. A seguir, abordaremos as principais medidas de fonte e de filtro utilizadas pela literatura.

2.1 Medidas de Perturbação e Ruído

Consideradas como medidas acústicas fundamentais na detecção de desvios vocais, a frequência fundamental (f_0) e seus índices de perturbação e ruído são tradicionalmente estudadas e mencionadas na literatura no estudo de vozes normais e alteradas (RAZERA, 2004; EADIE & BAYLOR, 2006; MA & YIU, 2006; LOPES, 2018). A f_0 é uma medida que corresponde ao número de ciclos glóticos de abertura e fechamento das pregas vocais realizados por segundo, medida em Hertz (Hz). Ela revela a biomecânica da laringe e sua interação com aerodinâmica, mostrando assim a eficiência do sistema fonatório. Tal medida pode variar de acordo com o sexo e a idade, sendo considerada de 80 a 150 Hz, para homens; 150 a 250Hz em mulheres e valores acima de 250Hz em crianças (BEHLAU, 2001). Geralmente quando um falante apresenta desvios na produção vocal a f_0 encontra-se significativamente afetada.

No que se refere as medidas de perturbação, destacam-se o *Jitter* (perturbação da f_0) e *shimmer* (perturbação da amplitude) que aferem o sinal sonoro a curto-prazo a cada ciclo de fonação. O *jitter* avalia as perturbações do período de cada ciclo entre os sucessivos ciclos glóticos, encontrando-se alterado caso haja falta de controle na vibração das pregas vocais. Quando uma lesão acomete as pregas vocais, há um aumento na aperiodicidade do sinal, resultando num aumento dos valores de *Jitter*. Alguns autores relacionam o *jitter* com aspereza (Behlau *et al.*,

2001) outros, relacionam à rouquidão (Barros e Angelis, 2002), ou a soprosidade (Dejonckere, 1995). É importante ressaltar que estudos mais recentes não fazem correspondência nem com rugosidade nem com soprosidade (BHUTA, PATRICK e GARNETT, 2004; MADAZIO, LEÃO e BEHLAU, 2011). As medidas referentes a *jitter* são expressas em porcentagem, sendo seu valor de normalidade até 0,5% (Behlau, *et al.*, 2001; Figueiredo *et al.*, 2003), contudo, para o software VoxMetria, o valor de referência é de 0,6% e valores maiores que o citado já são considerados alterados.

No tocante às perturbações de amplitude, o *shimmer* mensura as perturbações referentes à variabilidade da amplitude da onda do sinal de voz a curto-prazo, representando as alterações irregulares na amplitude ciclo a ciclo ou seja, se refere a uma medida de estabilidade fonatória, encontrando-se alterado caso exista diminuição da resistência glótica. Alguns autores relacionam o *shimmer* com a rugosidade e soprosidade (Behlau *et al.*, 2001; Lopes *et al.*, 2012) enquanto outros estudos não referem nenhum desses dos dois parâmetros citados acima (BHUTA, PATRICK e GARNETT, 2004; MADAZIO, LEÃO e BEHLAU, 2011).

As medidas relativas a *shimmer* também são expressas em porcentagem e o seu valor de normalidade é de até 0,3%, (Behlau *et al.*, 2011), no entanto para o software Voxmetria, o valor de referência é de 6,5%. O *shimmer* fornece uma percepção indireta do ruído na produção vocal e seus valores elevam quando há uma maior quantidade de ruído durante a emissão. Sabe-se que cada vogal apresenta uma variação própria influenciando assim nos valores de *jitter* e *Shimmer*. Pensando assim, alguns autores (Linville *et al.*, 1990; Vieira *et al.*, 1996) ressaltam que os valores extraídos da vogal /a/ são mais confiáveis quando comparado ao /i/ e /u/. Brockmann *et al.* (2011) sugerem que para gravação não sofrer influências é necessário utilizar a vogal /a/ e que esta seja emitida em intensidade mínima de 80 dB.

Estudos realizaram a combinação de parâmetros acústicos com dados de exame laríngeo e concluíram que o *jitter* e *shimmer* podem ser fortes indicadores de alteração vocal, detectando desvios vocais sutis, que poderiam não ser percebidos na análise perceptiva ou laríngea (GELZINI, VERIKAS e BACAUSKIENE, 2008; ZHANG e JIANG, 2008; BROCKMANN *et al.* 2011).

No tocante às medidas de ruído, estas analisam os componentes aperiódicos do sinal sonoro. A relevância da utilização de tais medidas se dá ao fato de que o ruído acústico parece ser um excelente correlato de que o ouvido humano considera como disfonia (BEHLAU *et al.*, 2001). Destacaremos a seguir algumas medidas referentes a ruído.

A proporção harmônico ruído (*NHR*) é uma medida que realiza contraste com o sinal regular das pregas vocais e do trato vocal, disponibilizando uma referência que faz correlação entre componente harmônico versus componente de ruído da onda acústica (BEHLAU *et al.*, 2001; SCAPEL e FONSECA, 2014). A análise entre os dois componentes explica a eficiência do processo de fonação, de modo que, quanto maior a competência no uso do fluxo de ar que sai dos pulmões em energia de vibração das pregas vocais, quanto mais íntegro for o ciclo vibratório das pregas, maior será a relação *HNR* e quanto menor for a competência nessa saída do ar ou quanto mais irregular for o ciclo vibratório, maior será o ruído glótico. Alguns autores correlacionam *HNR* e outras medidas de ruído com o parâmetro rugosidade (Kojima *et al.*, 1980; Eskenazi *et al.*, 1990; Feijoo & Hernández, 1990; Krom, 1993; Martin *et al.*, 1995) e soprosidade (Fukazawa, El-Assuooty e Honjo, 1988; Hillenbrand, 1988; Kojima, Gould, Lambinanse and Isshiki, 1980), como também com o grau geral de disfonia (DEJONCKERE *et al.*, 1993).

Valores de *HNR* inferiores a 7dB são sugestivos de patologia. Vale dizer que mulheres apresentam valores de *NHR* mais elevados que homens, devido às vozes mais agudas e também por apresentarem maiores componentes harmônicos (BEHLAU, 2001).

Também considerada como medida de ruído, *GNE* verifica a ocorrência de ruído adicional no sinal sonoro, indicando assim a procedência desse sinal, seja de origem da vibração das pregas vocais ou de ruído turbulento gerado no trato vocal. Vale ressaltar que o *GNE* tem relação direta com presença de soprosidade e valores menores que 0,5 são categorizados como alterados. (BEHLAU *et al.*, 2001; LOPES, 2012; LOPES, 2014). Considera-se o *GNE* como uma medida mais robusta, diferente do *jitter* e *shimmer*, pois seu cálculo não exige uma avaliação anterior da

frequência fundamental. A aplicação das medidas de ruído é referida pela literatura para triagem da voz, visto o fato de apresentarem boa correlação com a avaliação perceptiva (GODINO-LLORENTE, *et al.*, 2010).

Estudos realizaram uma combinação de diferentes medidas acústicas para descrever vozes desviadas e concluíram que o *GNE* foi a medida mais relevante no que se refere à análise independente, permitindo a discriminação de vozes normais e desviadas (GODINO-LLORENTE *et al.*, 2010; MICHAELIS, FRÖHLICH e STRUBE, 1998). Lopes *et al.* (2018) analisaram as medidas acústicas tradicionais e formânticas, isoladas e combinadas e como resultado, o *GNE* foi a única medida acústica capaz de discriminar a intensidade do desvio vocal e a qualidade vocal predominante de forma isolada.

2.2 Medidas de CPPS

Em termos fisiológicos, um sinal quase periódico é conhecido por apresentar pouca variabilidade nos parâmetros de frequência e amplitude ciclo a ciclo, sendo considerado como um sinal de voz normal. Diferentemente, uma voz desviada apresenta como característica um sinal aperiódico, no qual o sinal acústico é produzido com alta variabilidade de amplitude e frequência. A mensuração do grau de periodicidade do sinal pode ser realizada através de métodos de análise baseada no tempo (Parsa e Jamieson, 2001; Rabinov *et al.*, 1995) ou métodos baseados em frequência (HILLENBRAND, CLEVELAND e ERICKSON, 1994; WATTS e AWAN, 2011).

A análise cepstral é um método de análise acústica baseado em frequência que possibilita trabalhar com o sinal da excitação da glote de modo separado das reverberações ressonantes do trato vocal (Fechine, 2000; Zwetsch *et al.*, 2006), ou seja, os coeficientes cepstrais descrevem as condições da fonte (pregas vocais) e do filtro (trato vocal), separadamente. Em outras palavras ela possibilita a definição da f_0 a partir da periodicidade do componente harmônico de um som, representado pelo pico cepstral da região superior do cepstrum. A amplitude do pico do cepstrum

fornece informações de grau de periodicidade do sinal de frequência mais baixa em relação a outros componentes periódicos ou ruidosos presentes (CECCONELLO, FARÍAS e GURLEKIAN, 2008).

Zwetsch *et al.* (2006) utilizaram a análise cepstral para avaliar distúrbios da voz relacionados a lesões benignas da laringe, sendo elaborado um conjunto de parâmetros de análise que possibilitou um diagnóstico coerente das alterações laríngeas baseados nos achados cepstrais. Os resultados mostraram que as alterações vocais foram identificadas com sucesso através da análise cepstral. Pensando assim, Couras *et al.* (2017) sugerem que para investigação das alterações laríngeas, a análise cepstral de sinais vocais é uma medida favorável na classificação dos desvios vocais com a vantagem de não depender da f_0 , sendo de fácil extração, podendo ser utilizada como ferramenta adicional para o diagnóstico de alterações vocais, mesmo nas vozes mais disfônicas (MOERS, *et al.*, 2012).

Considerada como uma das medidas do *cepstrum* mais utilizada na avaliação objetiva da voz, o *CPPs* é uma medida de periodicidade harmônica espectral, que corresponde a diferença entre o pico *cepstral* mais acentuado (primeiro harmônico) e o mesmo ponto da mesma *cuefrecia* (*quefrecy*) na linha de regressão através da suavização do *cepstrum* (FERRER *et al.*, 2007; DELGADO-HERNÁNDEZ *et al.*, 2018).

Tal medida vem ganhando espaço na avaliação acústica da qualidade vocal, complementando assim as medidas tradicionalmente utilizadas e demonstrando em muitos estudos elevada correlação com avaliação perceptiva, mais precisamente com o grau geral da disfonia (HILLENBRAND e HOUDE, 1996; LOWELL *et al.*, 2011; SAUDER *et al.*, 2017; DELGADO-HERNÁNDEZ *et al.*, 2018; NÚÑEZ-BATALLA, 2018).

Brinca *et al.* (2014) analisaram as medidas de *CPP* e *CPPs* para diferenciar vozes disfônicas de não-disfônicas em mulheres falantes do português europeu. As vozes gravadas foram analisadas acusticamente mensurando o *CPP*, *CPPs* e posteriormente correlacionando as medias acústicas com os valores da avaliação perceptiva auditiva. Os resultados deste estudo apontaram que a análise de *CPP* e

CPPs são consideradas como medidas promissoras na prática clínica com falantes de português europeu.

Com o objetivo de conhecer a utilidade da medida do *CPPs* na avaliação objetiva das alterações vocais em espanhóis, Delgado-Hernández *et al.* 2018, selecionaram 40 sujeitos, sendo 20 vocalmente saudáveis e 20 com disfonia. Foram selecionadas amostras de fala da vocal /a/ sustentada e fala encadeada. Para avaliação perceptiva auditiva, três especialistas julgaram as amostras de voz utilizando a escala GRABS. Os resultados mostraram valores significativamente mais baixos nas vozes alteradas, como também houve forte correlação com a avaliação perceptiva auditiva.

No que diz respeito aos valores de referência de *CPPS* para falantes do Português Brasileiro, ainda não existe um ponto de corte que discrimine vozes saudáveis de vozes desviadas. Desse modo utilizaremos como base o estudo de Castellana *et al.*, (2017) que investigou a medida de *CPPS* como possível indicador na discriminação de vozes saudáveis e desviadas utilizando para coleta a vogal sustentada /a/. Os resultados mostraram que as mulheres vocalmente saudáveis apresentaram um ponto de corte de 15,5 dB e valores abaixo foram caracterizados como desviados.

2.3 Medidas Formânticas e Espectrais

A modificação do sinal acústico em suas características físicas de frequência, intensidade e duração, proporcionam o conhecimento da configuração dos articuladores durante o processo de produção da fala. O modelo fonte-filtro da teoria acústica da produção da fala, proposto por Fant (1970), nos permite avaliar as dimensões e configurações do trato vocal no decurso da fonação, analisando assim o comportamento na produção dos distintos sons vocálicos, pelo qual a partir das pregas vocais é gerado o sinal sonoro, fonte de energia, resultando deste modo os harmônicos. O trato supraglótico produz efeitos que geram acusticamente os formantes, ou melhor, as ressonâncias do trato vocal, caracterizando o efeito do filtro (CAMARGO, 1999).

Fant (1970) compara o trato vocal a um tubo flexível que muda pela ação dos articuladores, onde a fonte vibratória (pregas vocais) associada a configuração do tubo ressoador (trato supraglótico) exerce a função de filtro transmissor de energia. Em outras palavras, o trato vocal ressoa todo o som que vem da fonte vibratória, no qual a medida que os articuladores se movem é produzido diferentes ressonâncias. Desse modo certas frequências são mais destacadas que outras, tornando a criação de formantes infinita (Kent e Read, 2015), mas para o estudo dos aspectos de qualidade vocal do falante, os formantes F1 e F2 são os principais como veremos mais adiante.

As medidas de filtro estão relacionadas com os articuladores, isto é, durante a produção vocal o falante realiza ajustes de trato vocal em sua emissão, para alcançar determinado objetivo e dependendo do ajuste realizado, a qualidade vocal de sua emissão pode ficar prejudicada. As descrições dos ajustes supraglóticos envolvem dimensão vertical (longitudinal) e de diâmetro (transversais) do trato vocal, tais como: posição de língua, lábios, mandíbula, dentes e palato mole (LAVER, 2000; CAMARGO e GUEDES, 2004).

Para saber mais sobre os ajustes ocorridos no trato vocal, Cartei, Cowles e Reby (2012) investigaram a capacidade dos falantes em realizar ajustes comportamentais na frequência fundamental e nos formantes, com o intuito de manipular sua expressão vocal no que diz respeito ao gênero. A amostra contou com trinta e oito falantes, nativos do inglês britânico, sendo solicitados a realizar leitura em voz alta de vários tipos de texto, primeiramente utilizando sua voz natural e logo após realizar a leitura soando o mais “masculino” e “feminino” possível. Os resultados apontaram de modo geral que homens e mulheres aumentaram sua frequência e seu formante quando feminilizam sua voz, e diminuíram quando masculinizam sua voz.

Sabe-se que o processo de produção dos formantes inicia a partir dos pulsos de ar que perpassam as pregas vocais, ocorrendo assim a vibração do trato vocal e das ressonâncias centradas nessa região. Tal mecanismo é essencialmente articulatorio, no qual os ajustes realizados pelo trato vocal são responsáveis pela

sua multiplicidade. As medidas formânticas são as principais responsáveis por avaliar acusticamente a qualidade vocálica de um segmento. (BEHLAU, 2001; LADEFOGED, 2007).

Os ajustes realizados no trato vocal são os responsáveis pela produção dos diferentes formantes e seus valores representam as frequências naturais do trato vocal na posição articulatória específica da vogal emitida. É possível identificar as vogais através dos três primeiros formantes (F1, F2 e F3), e a qualidade vocal (acusticamente) é determinada nas frequências dos dois primeiros formantes (F1 e F2) (BEHLAU, *et al.*, 2001).

O primeiro formante apresenta relação com abaixamento de mandíbula e por conseguinte da língua na produção vocal. Quanto maior for a abertura de boca, mais agudo será o som. O segundo formante apresenta relação com o grau de anteriorização da vogal, ou seja, o quanto a faringe está livre pelo posicionamento da língua, sabendo que quanto maior o espaço faríngeo mais alto será o formante. O terceiro e quarto formantes se referem a aspectos peculiares do trato vocal do falante que estão relacionados aos componentes individuais da qualidade vocal, não havendo no entanto relação com a produção de vogais específicas.

Uma boa qualidade vocal se apresenta no espectrograma de maneira limpa, diferente de uma qualidade vocal com ruído causado por irregularidade vibratória, que aparece como um encaracolado entre os harmônicos e sendo mais centralizado nas regiões graves do espectro. Já a soproidade (fechamento glótico incompleto), se apresenta como estrias verticais (BEHLAU *et al.*, 2001). No quadro a seguir serão expostos os valores médios dos formantes para mulheres falantes do português brasileiro (Monteiro, 1995).

Quadro 1. Valores médios dos formantes para mulheres falantes do português brasileiro.

Grupos	Formantes	/i/	/a/	/u/
Mulheres	F1	369	925	429
	F2	2.269	1.767	1.436

Fonte: Monteiro, 1995.

Um estudo realizado com 111 mulheres com disfonia por tensão muscular foram submetidas à massagem manual laríngea e gravação das vogais /i, æ, a, u/, obtendo como resultados a redução do primeiro e segundo formante. Os resultados apontaram que o impacto de um distúrbio de voz pode ir além da laringe (ROY *et al.*, 2009).

Cury (2014), analisou os ajustes supraglóticos de mandíbula protraída e corpo de língua abaixado como também hipofunção de laringe e trato vocal, no sexo masculino para os grupos pareados (GE e GC). Tais achados fazem refletir o princípio de compatibilidade entre os ajustes proposto por Laver (2009), no qual existe uma interdependência fisiológica na perspectiva fonética, ou seja, a influência de um ajuste de qualidade vocal sobre o outro. Assim, pode-se dizer que o filtro exerce influência sobre a fonte (TITZE, 2006; COSTA *et al.*, 2011).

Do ponto de vista fonético, a produção do som agrupa a fonte sonora e o filtro (trato supraglótico) sem que a passagem de ar seja obstruída. Esse sinal quase periódico (Kent e Read, 1992), originado na fonte, passa por mudanças do trato vocal de modo que algumas frequências desse sinal glótico são acentuadas pelo trato vocal. O efeito de ressonância é o resultado da expansão e amplitude do trato vocal ao longo da produção destes sons. É por meio da composição de ondas estacionárias no trato vocal que as ressonâncias do aparelho fonador são refletidas. Essas ondas são formadas quando uma onda imprevista afeta uma onda refletida, resultando assim uma relação harmônica. (SILVA, 1997; CAMARGO, FONTES e MADUREIRA, 2000; CAMARGO, MADUREIRA e TSUJI, 2003; GREGIO, 2006; MAGRI *et al.*, 2007; CAMARGO e MADUREIRA, 2009; MAGRI, STAMADO e CAMARGO, 2009).

Desse modo, alguns estudos Dagli *et al.*(2008); Gelfer e Van Dong (2013); Pisanski *et al.* (2016) inferem que os formantes detalham a produção da voz e fala por meio da dimensão do trato vocal, sendo estes dependentes da frequência fundamental em sua produção, visto que, havendo diminuição da frequência fundamental consequentemente a frequência do formante será influenciada sendo diminuída e vice e versa.

Do ponto de vista acústico, os formantes podem ser denominados como picos de energia em uma curva que pode ser determinada pela amplitude da frequência fundamental, representado pelo primeiro harmônico (H1) e seus harmônicos seguintes (KENT e READ 1992).

As medidas de H1 e H2 dizem respeito à análise da frequência (Hz) e intensidade (dB) do primeiro e segundo harmônico. Em termos fisiológicos, o H1 está relacionado ao grau de movimentação lateral das pregas vocais na produção vocal. Logo, quanto mais elevado for o valor do H1 em comparação ao H2, menor será o grau de contato havendo maior velocidade de fechamento glótico (Hammarberg, 1980; Hanson, 1999; Queiroz, 2012). Hart *et al.*(2003) relatam que indivíduos com paralisia de prega vocal, apresentam os valores de amplitude de H1 mais elevados que os valores H2. Já para os casos de disfonia espasmódica de adução, Cannito, Buder e Chorna (2005) encontraram valores negativos, no qual os valores de H1 foram menores que H2.

Nessa vertente, a literatura vem utilizando outro parâmetro, que envolve as diferenças de amplitude entre o primeiro e segundo harmônico (H1-H2). Tal medida é utilizada como correlato fisiológico do fechamento das pregas vocais na perspectiva de que seu aumento teria relação com soproidade (Holmberg *et al.*, 1995; Camargo, 2002; Cordeiro, 2010; Narasimhan e Vishal, 2016) no qual, valores muito elevados de diferença entre H1-H2 podem sugerir maior grau de soproidade e/ou astenia, na mesma proporção, valores baixos podem inferir tensão/ hiperfunção vocal (CANNITO, BUDER e CHORNA, 2005; SALOMÃO *et al.*, 2008).

Um estudo investigou as diferenças de amplitude de H1-H2 correlacionando com análise perceptiva auditiva das amostras de fala de acromegálicos (GE), comparando com amostras do grupo controle (GC). As medidas de H1-H2 não se mostraram significantes para esse estudo quando confrontados os dois grupos, GC e GE. No entanto foi possível observar o predomínio de ajustes supralaríngeos na qualidade vocal dessa população (BALDI, 2017).

2.4 Medidas de Resultado

O progresso na utilização de métodos que avaliem o sinal de voz modificou de maneira significativa o cenário de atuação da fonoaudiologia. A implementação de recursos instrumentais, em especial a análise acústica combinada de medidas relacionadas à fonte glótica e ao filtro contribuem para ampliar a compreensão dos ajustes implícitos à geração do sinal de voz (interação fonte-filtro), podendo ser útil enquanto medidas de resultado de tratamento e monitoramento ao longo da terapia vocal, refletindo assim, uma perspectiva promissora na área de pesquisa da tecnologia da fala, de modo não invasivo, influenciando positivamente na abordagem terapêutica (CAMARGO e MADUREIRA, 2004; LOPES, 2018).

Nesta perspectiva, é importante a realização de análises multifatoriais que proporcionem um conhecimento efetivo da função laríngea e da qualidade vocal. Pensando em termos de desvio vocal, a avaliação deve ser multiprofissional, pois a multidimensionalidade da voz humana só pode ser entendida através da complementaridade de diferentes formas de caracterização vocal (TAKAHASHI & KOIKE, 1976; ORLIKOFF *et al.*, 1999; CARDING, 2004; MA & YIU, 2006; MARTENS, VERSNEL e DEJONCKERE, 2007; PINHO e PONTES, 2008; SWEENEY e SELL, 2008; BEHLAU, 2010; EADIE *et al.*, 2010a). Desse modo, discorreremos a seguir a respeito de pesquisas científicas que analisaram o efeito da utilização de técnicas vocais em falantes com e sem alteração vocal, bem como a combinação de medidas utilizadas no processo de avaliação para comparação pré e pós exercício e/ou pré e pós intervenção.

Com o objetivo de avaliar o efeito de um Programa de exercícios funcionais vocais, Mendonça, Sampaio e Oliveira (2010) realizaram uma pesquisa com 17 professoras do ensino fundamental com e sem alteração vocal. A pesquisa contou com aplicação do Programa, o qual foi avaliado através de gravação pré e pós aplicação dos exercícios. As vozes foram analisadas através de análise acústica (intensidade - diagrama de desvio fonatório e espectrograma), perceptiva auditiva e variabilidade da frequência fundamental. Os resultados obtidos referiram aumento do

tempo de fonação, da intensidade e da quantidade de harmônicos produzidos, além de melhorar a qualidade, resistência e projeção vocal.

Para investigar o efeito imediato de exercícios de trato vocal semiocluído na voz de indivíduos com Doença de Parkinson, um estudo realizou avaliação da voz pré e pós uso da técnica de trato vocal semiocluído com tubo de látex por aproximadamente 01 minuto. Houve aumento no tempo máximo de fonação (TMF) porém ainda abaixo dos padrões de normalidade, também foi possível observar aumento da intensidade vocal após o exercício em todos os sujeitos. Todos que participaram da pesquisa relataram sentir melhora imediata na produção da voz (NUNES *et al.*, 2015).

Uma pesquisa com 48 sujeitos, entre 18 e 55 anos, alocados em dois grupos: com lesão benigna - GL na prega vocal e sem lesão - GSL, realizaram exercício de fonação no canudo por aproximadamente um minuto, com o objetivo de investigar os efeitos imediatos causados pelo exercício. Para análise utilizou-se: autoavaliação da voz, análise acústica e perceptiva auditiva, além de videolaringoscopia. A autoavaliação vocal indicou melhora estatisticamente significativa na emissão da voz no GL, porém não houve diferença estatisticamente significativa nos momentos pré e pós exercício e entre os grupos, nas avaliações perceptiva auditiva, acústica e videolaringoscópica (COSTA *et al.*, 2011). Os autores referem que possivelmente o tempo de exercício (1 minuto) ou os parâmetros selecionados para avaliação não foram sensíveis para apresentar resultados mais evidentes e sugerem que novos estudos com o tempo de execução possam esclarecer tais questões.

Lima, Cielo e Scapini (2015) realizaram um estudo com vinte e quatro mulheres com idade entre 18 e 40 anos. As mulheres passaram por avaliação videolaringoestroboscópica, sendo distribuídas de forma igualitária no grupo de estudo e no grupo controle. As mulheres do grupo de estudo foram orientadas a emitir a vogal /a/ pré e pós execução de fonação em tubo de vidro imerso em água. As mulheres do Grupo controle, ao invés de executarem a técnica, permaneceram em silêncio absoluto durante o tempo correspondente ao que os respectivos pares do Grupo de estudo levaram para executá-la. Foi realizada análise acústica e

perceptivo auditiva, no qual o grupo de estudo obteve a redução da aperiodicidade da vibração glótica e do ruído, com aumento da energia harmônica e consequente melhora do sinal glótico. Na videolaringostroboscopia, a constrição do vestíbulo laríngeo não se alterou significativamente, o que sugere que a técnica não propiciou hipertensão laríngea.

Outra pesquisa realizada em mulheres sem queixas e ou alterações vocais e/ou laríngeas, teve como objetivo examinar o tempo ideal da utilização da técnica de vibração sonorizada de língua através de medidas que avaliam fonte glótica (f_0 , média de f_0 , *Jitter*, proporção harmônico ruído) e filtro (análise espectrográfica de banda larga e banda estreita). Verificou-se que após o 3º minuto de execução do exercício, houve melhora significativa das medidas de fonte glótica e apresentaram modificações em nível de trato vocal até o 3º minuto de exercício (ZIMMER, 2011).

Paes e Behlau (2017) avaliaram o efeito do tempo de realização do exercício de canudo de alta resistência em mulheres com disfonia comportamental e em mulheres vocalmente saudáveis, havendo respostas positivas para o grupo de mulheres disfonicas após o 3º minuto de execução de exercício, no qual apresentaram menos esforço ao falar, aumento do TMF e redução da variabilidade de f_0 . Vale salientar que com o prosseguimento do exercício, tais parâmetros agravaram, sugerindo sobrecarga no sistema e esforço fonatório percebido no exercício, piorando gradativamente com o tempo. Quanto as mulheres saudáveis, apenas um parametro de TMF foi modificado após o 1º minuto.

Pifaia, Madazio e Behlau (2013) utilizaram medidas acústicas para avaliar os diferentes tipos de disfonia nos momentos pré e pós-terapia. Os resultados dos dados acústicos apontaram melhora na condição pós-terapia. Um outro estudo utilizou medidas acústicas para avaliar o efeito de dois exercícios (*finger kazoo* e fonação com canudo) em mulheres sem queixa vocal no momento pré e pós exercício no qual, por meio da análise acústica e da auto-avaliação foi possível identificar que a utilização do exercício trouxe resultados positivos para essa população (SAMPAIO, OLIVEIRA e BEHLAU, 2008).

3. METODOLOGIA

3.1 Desenho do estudo

O presente estudo é caracterizado como retrospectivo, pois é baseado em dados de períodos passados; documental, visto que foi desenvolvido a partir de dados já coletados em um banco de dados, denominado neste estudo por pesquisa-raiz; experimental, tendo em vista que o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito imediato dos exercícios vocais sobre as medidas relacionadas à fonte e filtro em mulheres com nódulos vocais e sem lesão laríngea.

3.2 População de estudo

A presente pesquisa foi realizada a partir de um banco de dados desenvolvido no Laboratório Integrado de Estudos da Voz (LIEV) do Departamento de Fonoaudiologia (UFPB) durante o período de abril a dezembro de 2017 (França, 2018). O grupo experimental (GE) foi composto por mulheres atendidas pelo serviço de triagem vocal, desenvolvido no laboratório de voz do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), conforme os seguintes critérios de elegibilidade:

- Apresentar diagnóstico de nódulos vocais com comprovação de laudo otorrinolaringológico;
- Ser do sexo feminino, com idade entre 18 e 65 anos;
- Ter habilidade na realização da técnica vocal proposta para pesquisa;
- Não apresentar infecções de vias aéreas superiores durante processo de gravação;
- Não apresentar frênulo lingual encurtado, disfunção temporomandibular, assim como alterações estruturais (orofaciais) e funcionais dos articuladores;

- Não possuir alterações cognitivas ou neurológicas;
- Não ter realizado terapia fonoaudiológica anteriormente.

Para constituição do grupo controle (GC), foram selecionadas mulheres que se enquadrassem nos mesmos critérios de elegibilidade supracitados, com uma diferença: Não apresentar queixa vocal e lesão laríngea, sendo comprovado por meio de exame laríngeo.

A composição dos grupos GE e GC se deu da seguinte maneira: o GE foi organizado primeiramente, a fim de obter a mesma quantidade de participantes nos dois grupos, e o GC foi formado tomando como base a faixa etária (com variação da idade de cinco para mais ou para menos) das participantes do GE.

Desse modo, o referido banco de dados foi constituído por 24 mulheres, sendo 12 mulheres com nódulos (GE) e 12 mulheres sem lesão laríngea (GC), sendo selecionadas por meio de triagem realizada no Laboratório Integrado de Estudos da Voz (LIEV). Foram submetidas à gravação de leitura de três frases-veículo (“Digo papa baixinho”, “Digo pipa baixinho” e “Digo pupa baixinho”), e gravação da vogal /a/, /i/ e /u/ sustentada. Tais tarefas foram gravadas minuto a minuto, desde o momento pré exercício até o quinto minuto após a realização dos exercícios vocais propostos.

3.3 Materiais

Para composição do referido banco de dados foram utilizados os seguintes materiais:

- Microfone cardioide unidirecional (marca *Senheiser*);
- Software Fonoview, versão 4.5;
- Software Praat versão 5.1.44;
- Canudo de alta resistência

Para a presente pesquisa foram utilizados os materiais descritos a seguir:

- Software VoxMetria, versão 4.7
- Software Praat versão 5.3.77h
- Software Audacity versão 2.3.1
- Programa Powerpoint/Windows 2010
- Programa Excel/Windows 2010

3.4 Definição das variáveis

Variáveis dependentes:

- Média de f_0 : avalia a velocidade na qual uma forma de onda se repete por unidade de tempo;
- Desvio Padrão de f_0 (DP f_0): tem relação com a periodicidade do sinal sonoro;
- *Jitter* : mostra o quanto um período é diferente do anterior ou de seu sucessor imediato;
- *Shimmer*: representa as alterações irregulares na amplitude dos ciclos glóticos, ciclo a ciclo;
- *GNE*: Calcula o ruído provocado pela oscilação das pregas vocais, diferenciando vozes saudáveis de desviadas;
- H1: Analisa frequência (Hz) e intensidade (dB) do primeiro harmônico;
- H2: Relacionado a frequência (Hz) e intensidade (dB) do segundo harmônico;
- *CPPS*: Identifica de modo mais preciso possíveis irregularidades no sinal de voz, expresso em dB.

- Medidas formânticas: valor médio da frequência central dos formantes F1 e F2 das vogais /a/, /i/ e /u/ expressos em Hertz (Hz).
- Avaliação perceptivo auditiva: fornece informações acerca da caracterização da intensidade do desvio vocal e da qualidade vocal predominante.

Variáveis independentes:

- Diagnóstico laríngeo: classificação diagnóstica do exame visual laríngeo do paciente por meio do laudo otorrinolaringológico. Nesta pesquisa, o resultado do exame foi utilizado para categorizar as mulheres com nódulos (GE) e sem lesão laríngea (GC).
- Exercício vocal: vibração sonorizada de língua, canudo de alta resistência e sobrearticulação.
- Tempo de execução do exercício: minuto pré exercício (M0), após o primeiro minuto de exercício (M1), após o segundo minuto de exercício (M2), após o terceiro minuto de exercício (M3), após o quarto minuto de exercício (M4) e após o quinto minuto de exercício (M5).

3.5 Procedimento de coleta das amostras

Por tratar-se de uma pesquisa de metodologia mista, documental e experimental, parte dos dados foram obtidos em pesquisa anterior (França, 2018), de modo que todo o procedimento de coleta, assim como os dados relacionados as medidas formânticas foram obtidos em pesquisa anterior realizada no mesmo laboratório. Para a presente pesquisa, além desses dados utilizados em pesquisa anterior, foram extraídas as medidas de perturbação e ruído, Espectrais, Cepstrais, assim como avaliação perceptivo auditiva. Desse modo, nessa seção de procedimentos, foi descrito os procedimentos utilizados na pesquisa de França

(2018), assim como os procedimentos utilizados na presente pesquisa para extração dos dados e aplicação da avaliação perceptivo auditiva.

A presente pesquisa, que objetiva investigar o efeito imediato dos exercícios vocais sobre as medidas perceptivas e acústicas relacionadas à fonte e filtro em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea foi aprovada na reunião de colegiado do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal da Paraíba (ANEXO A) e no Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (ANEXO B), com o parecer de nº 2.158.960 e CAAE: 64573817.5.0000.5188.

A seguir, será exposto as subseções de recrutamento das participantes, gravação e extração das medidas formânticas realizados previamente na pesquisa de França (2018), assim como a extração das medidas de f_0 , perturbação e ruído; cepstrais, espectrais e julgamento perceptivo auditivo realizados na presente pesquisa.

3.5.1 Recrutamento das participantes

O recrutamento das participantes se deu após aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (ANEXO B), havendo o contato com o coordenador do LIEV para solicitar o acompanhamento dos serviços de triagem vocal, realizados no LIEV, no Departamento de Fonoaudiologia. O serviço de triagem vocal atende indivíduos encaminhados por outros serviços ou por procura voluntária. O processo de triagem ocorre a partir de uma anamnese detalhada, aplicação de protocolos de autoavaliação, seguindo de gravação da voz. Com base na coleta de dados, os pacientes que apresentam o exame visual laríngeo são encaminhados para atendimento fonoaudiológico, e os que não possuem o resultado do exame são encaminhados para serviço público de referência na região, a fim de realizar o exame.

Para compor o GE, houve acompanhamento semanal no serviço de triagem, a fim de encontrar mulheres com laudo conclusivo de nódulo(s) vocal(is) e que se enquadrassem nos critérios de inclusão da pesquisa. A partir da disponibilidade da

participante, foi agendada a sessão para os procedimentos da coleta e execução da técnica vocal.

As participantes, após assinatura de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO A) e preenchimento de ficha de dados pessoais, passaram por avaliação das estruturas dos articuladores (ANEXO D), analisando a morfologia (nariz, lábios, bochechas, língua, amígdalas, palato duro, palato mole), mobilidade (lábios, língua, bochechas e palato mole), tonicidade (lábios, língua e bochechas), articulação temporomandibular e a presença ou ausência de infecções de vias aéreas superiores (segundo auto relato).

O recrutamento das participantes do GC ocorreu após a coleta com o GE, afim de se obter a mesma quantidade de informantes nos dois grupos. As mulheres do GC foram selecionadas com base na observação da faixa etária de cada participante do GE, sendo contatadas e direcionadas para sessão e procedimentos da coletam de acordo com sua disponibilidade. Após o agendamento as mulheres do GC seguiram as mesmas etapas dos procedimentos do GE. Participaram do grupo controle estudantes e funcionárias do curso de Fonoaudiologia da UFPB.

As mulheres do GE e do GC foram distribuídas em três grupos (A, B e C), de acordo com o exercício vocal realizado. Cada mulher fez parte de apenas um grupo. O grupo A realizou o exercício de vibração sonorizada de língua, sendo formado por 4 mulheres com nódulos vocais com idade média de 35 anos e 4 sem alteração laríngea, com idade média de 30,75 anos. O grupo B realizou o exercício com canudo de alta resistência, formado por 5 mulheres com nódulos vocais e idade média de 36 anos e 5 sem alteração laríngea com idade média de 35,8 anos. O grupo C executou o exercício de sobrearticulação, sendo composto por 3 mulheres com nódulos vocais com idade média de 34 anos e seus respectivos caso controle com idade média de 34,66.

3.5.2 Coleta de dados e gravação

Para coleta das vozes, foi utilizado o software Fonoview, versão 4.5, da CTS Informática, desktop Dell all-in-one, microfone cardioide unidirecional, da marca Senheiser, modelo E-835, localizado em um pedestal e acoplado a um pré-amplificador Behringer, modelo UPhoria UMC 204. A coleta das vozes ocorreu em cabine de gravação, no LIEV, com tratamento acústico e ruído inferior a 50 dB NPS, com taxa de amostragem de 44000 Hz, com 16 bits por amostra e distância de 10 cm entre o microfone e a boca do falante.

As participantes ficaram em pé, situando o pedestal a sua frente, de acordo com a distância recomendada entre a boca e o microfone, conforme supracitado. Elas foram orientadas a respirar levemente, obtendo ar suficiente para que a produção do som não acontecesse de maneira forçada.

As participantes receberam instrução para gravação da leitura de três frases-veículo (“Digo papa baixinho”, “Digo pipa baixinho” e “Digo pupa baixinho”), separadamente, contendo os segmentos vocálicos /a/, /i/ e /u/. Estes preferencialmente em contextos CV (consoante – vogal), sílaba inicial de palavra não acentuada, com vogal antecédida e sucedida do fonema oclusivo bilabial desvozeado.

Após coleta inicial (M0), as mulheres foram orientadas quanto à execução dos exercícios vocais, sendo apresentadas as três técnicas e solicitado que as participantes executassem uma vez cada uma delas. A técnica foi escolhida de acordo com a facilidade na realização do exercício.

No que tange ao aspectos de postura durante a execução do exercício e agravação vocal, estas foram realizadas em pé, dentro da cabine para facilitar o manejo entre a orientação do pesquisador e a gravação das vozes. As participantes da pesquisa não relataram desconforto e nem cansaço durante a realização das tarefas.

Os critérios utilizados para seleção desses exercícios foram:

- Exercícios utilizados na rotina da terapia vocal e referidos em pesquisas de intervenção fonoaudiológica na reabilitação dos distúrbios da voz;
- Exercícios nos quais os princípios fisiológicos de ação descritos na literatura da área tivessem efeitos definidos, e se possível, que tivessem foco de ação diferentes, no que tange a fonte glótica, melhoria da interação fonte-filtro e mudança na movimentação e posicionamento dos articuladores (PIMENTA et al., 2013; MAXFIELD, PALAPARTHI e TITZE, 2016; MYERS e FINNEGAN, 2015).

No que diz respeito aos exercícios selecionados, estes foram: vibração sonorizada de língua, que enfoca a fonte glótica; canudo de alta resistência que visa o acoplamento da fonte e do trato vocal e por último o exercício de sobrearticulação, que enfatiza o trabalho a nível de trato vocal (VOSPERIAN *et al.*, 2015; FRANÇA, 2017).

Quanto ao exercício de vibração sonorizada de língua, as participantes foram orientadas a emitir o som do fonema [r] de maneira sustentada em frequência e intensidade confortável autorreferida. O exercício de vibração sonorizada de língua, tem seu foco de ação na fonte glótica, com o objetivos de mobilizar a mucosa das pregas vocais, equilibrar a coordenação pneumofonoarticulatória, melhorar a estabilidade, qualidade vocal e fechamento glótico, reduzir o esforço fonatório. A execução dessa técnica contribui para reabsorção das lesões benignas de pregas vocais, modificando o quadro hipercinético encontrado nos casos de nódulos vocais, propiciando aumento da irrigação sanguínea nas pregas vocais, reduzindo as resistências elásticas e viscosas (PINHO, 1998; BEHLAU *et al.*, 2005).

Para a execução do exercício do canudo de alta resistência foi utilizado um canudo de plástico rígido, com comprimento de 8.7 cm e diâmetro de 1.5 mm. As participantes dos grupos foram orientadas a emitir um som semelhante ao [vu] de modo sustentado em frequência e intensidade confortável autorreferida. Elas foram orientadas que todo o fluxo sonoro saísse pelo canudo. A ação desse exercício faz

com que as pregas vocais vibrem de modo mais suave, pois são levemente separadas (abduzidas) pela ação da pressão que fecha a saída de ar gerada dentro do “tubo”. O fluxo aéreo também é reduzido, bem como o impacto do contato entre as pregas vocais, auxiliando também na reabsorção da lesão de massa entre as pregas vocais (TITZE, 2006).

Quanto ao exercício de sobrearticulação, as participantes do grupo foram direcionadas para realizar exagero nos movimentos articulatórios, fazendo uma maior excursão muscular, com grande abertura de boca e maior amplitude de movimentação labial (BEHLAU, 2001), durante a leitura de um texto foneticamente balanceado, baseado na Brazilian Portuguese version of Vocal Profile Analysis Scheme – PB-VPAS(2007), de acordo com o quadro 2.

O exercício de sobrearticulação envolve a movimentação dos articuladores, focando sua atuação no trato vocal, porém com o objetivo de reduzir a hipertonidade laríngea, melhorar da articulação e projeção vocal (BEHLAU, 2004).

Quadro 2: Texto foneticamente balanceado baseado na Brazilian Portuguese version of Vocal Profile Analysis Scheme – PB-VPAS(2007)

General Evaluation of Voice quality	O objeto de estudo da Fonética é essa complexa, variável e poderosa face sonora da linguagem: a fala.
	Na cidade de São Paulo a contribuição que cada grupo étnico ou regional deu à cidade, é vista em cada esquina. Italianos, japoneses, árabes, judeus, portugueses, coreanos e pessoas de todo o país ajudaram e muito a construir esta metrópole. São Paulo é hoje uma metrópole cosmopolita um lugar onde todos se sentem em casa.
	A Roberta gosta muito de comprar livros de fotos de pássaros. Ela também costuma ir ao jardim zoológico para ver suas aves preferidas: a arara, a garça, o sabiá, o periquito, o tico-tico, a coruja e o tucano.

Fonte: França, 2018

A técnica vocal apresentada foi executada minuto a minuto intercalados pela gravação das três vogais sustentadas e três frases-veículo descritas anteriormente, somando ao todo cinco minutos de exercício. As gravações passaram pelas seguintes etapas:

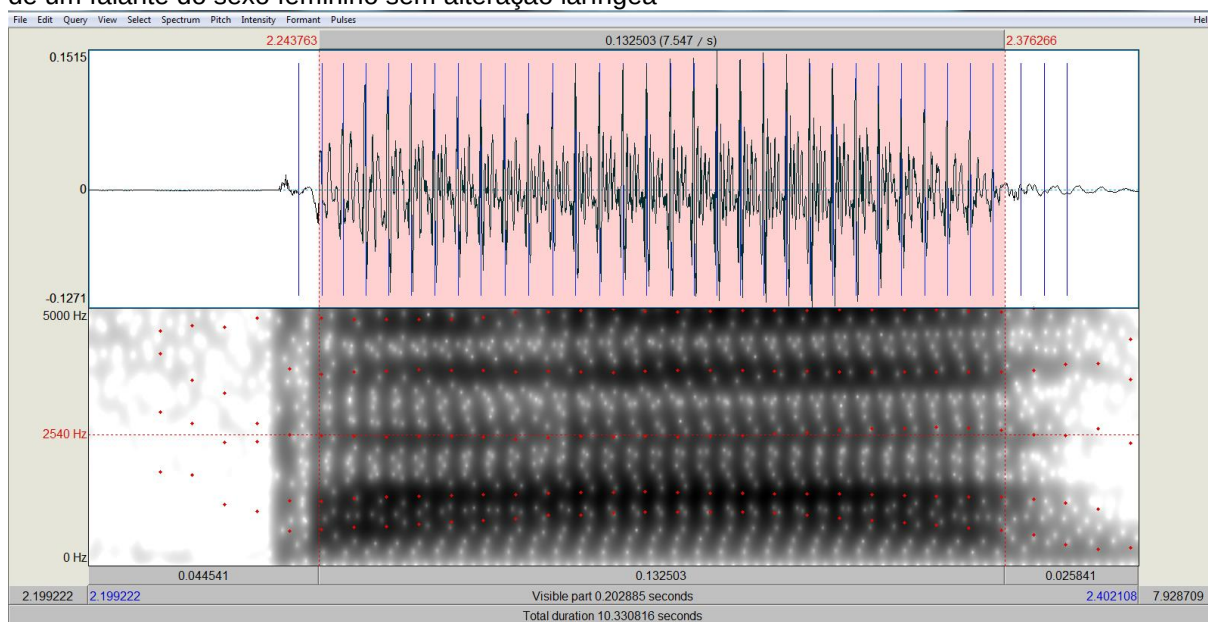
- Gravação inicial pré exercício (M0);
- Gravação após realização do primeiro minuto de exercício (M1);
- Gravação após realização do segundo minuto de exercício (M2);
- Gravação após realização do terceiro minuto de exercício (M3);

- Gravação após o quarto minuto de exercício (M4);
- Gravação após o quinto minuto de exercício (M5).

3.5.3 Extração das medidas formânticas

Para extração das medidas formânticas, foi utilizado o software Praat, versão 5.3.77h, a partir da representação da vogal em um espectrograma de banda larga. A segmentação e a duração dos sons vocálicos em contextos CV foram realizados considerando como ponto inicial da vogal, o primeiro pico regular, após a consoante e ao período de transição entre a consoante-vogal, e como ponto final, o último pico regular antes da consoante e do período de transição entre a vogal-consoante (BARBOSA e MADUREIRA, 2015), estabelecendo uma média de análise de duração de 0,13 segundos (Figura 1).

Figura 1: Segmentação do oscilograma e espectrograma de banda larga da vogal /a/ em contexto CV de um falante do sexo feminino sem alteração laríngea



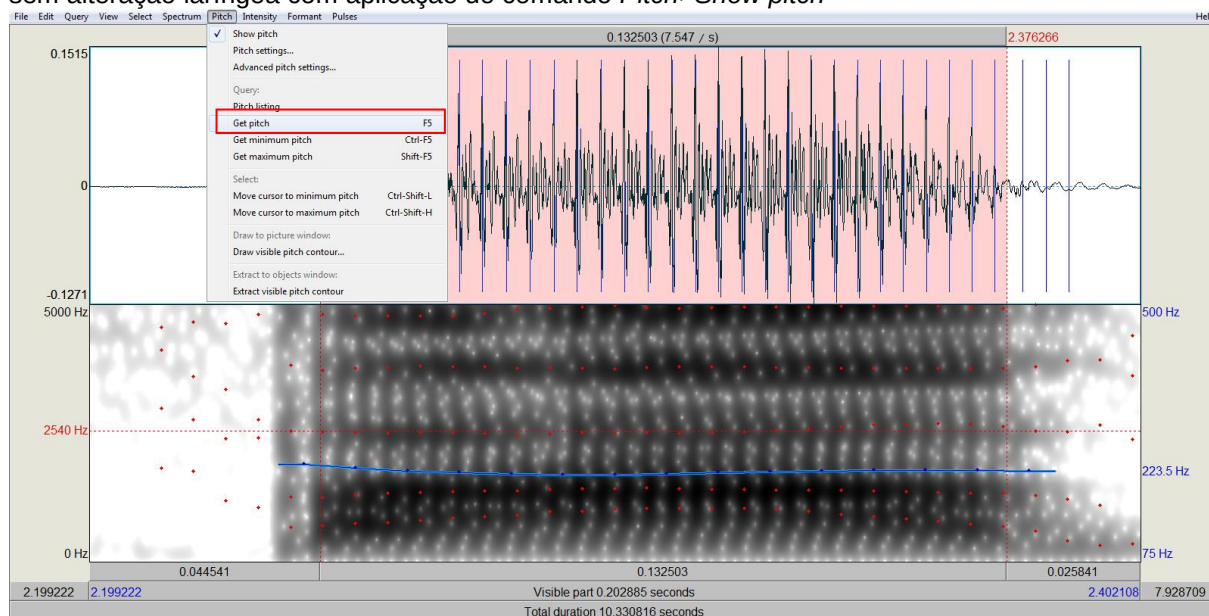
Legenda: CV: consoante vogal. Fonte: França, 2018

A partir da seleção e da segmentação dos sons vocálicos em contextos CV obteve-se a média das medidas formânticas investigadas.

Para a extração da frequência fundamental, no Praat, foi realizado o seguinte procedimento:

1. Seleção da opção “Pitch”;
2. Seleção da opção “Show Pitch”, aparecendo imediatamente uma linha azul demonstrando a localização da f_0 .
3. Seleção da opção “Get Pitch”, permitirá a visualização da média da frequência fundamental descrita em Hertz(Hz) (Figura 2).

Figura 2: Oscilograma e espectrograma da vogal /a/ em contexto CV de um falante do sexo feminino sem alteração laríngea com aplicação do comando *Pitch>Show pitch*



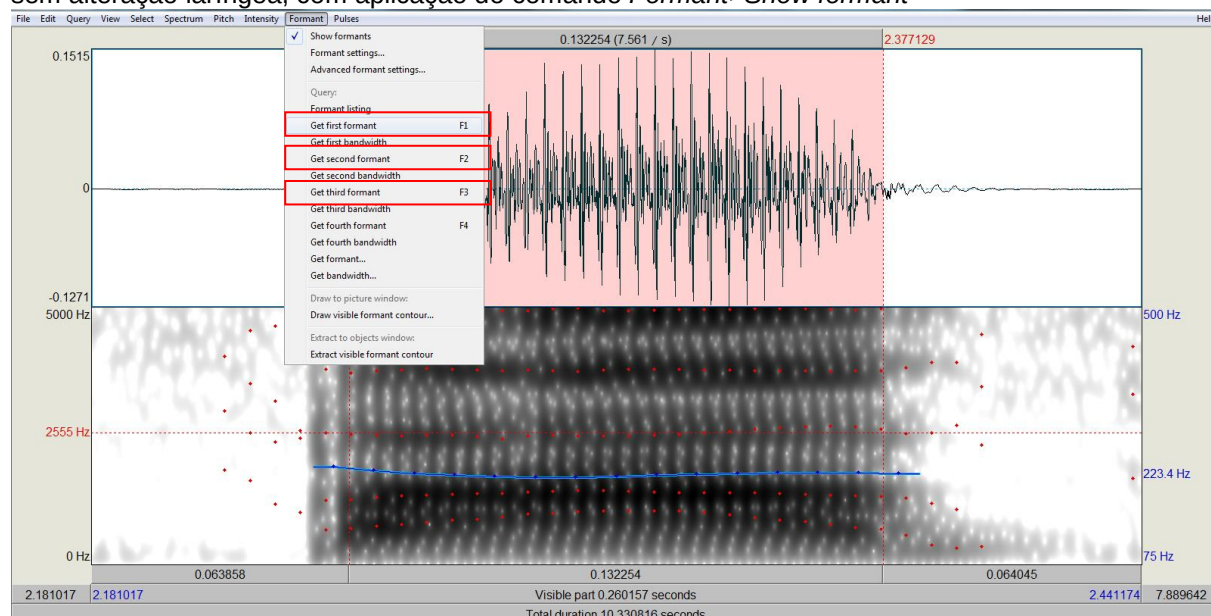
Legenda: CV: consoante vogal. Fonte: França, 2018.

Para obtenção da média do primeiro, segundo e terceiro formante, segue o seguinte procedimento:

1. Seleção da opção “Formant”
2. Seleção das opções “Show formant”, para os formantes aparecerem no espectrograma, representados pelos pontos em vermelho.

3. Seleção das opções “*Get first formant*”, “*Get second formante*”, “*Get third formant*” respectivamente, a qual aparecerá uma nova janela com o valor numérico de F1, F2 e F3 expresso em Hz, (Figura 3).

Figura 3: Oscilograma e espectrograma da vogal /a/ em contexto CV de um falante do sexo feminino sem alteração laríngea, com aplicação do comando *Formant>Show formant*



Legenda: CV: consoante vogal. Fonte: França, 2018

As medidas formânticas das vogais estudadas foram extraídas manualmente, apresentando confiabilidade dos dados, no qual cada ciclo da onda sonora na produção das vogais pode ser identificado.

Para a presente pesquisa, foram adotados os valores de referência para frequência dos formantes de F1 da vogal /a/ (925 Hz), /i/ (369 Hz) e /u/ (429 Hz) e para F2 da vogal /a/ (1.767 Hz), /i/ (2.269 Hz) e /u/ (1.436 Hz) do Português-Brasileiro (PB) (MONTEIRO, 1995).

3.5.4 Extração das medidas de f0, perturbação e ruído

Para extração das medidas acústicas de Média f0, desvio padrão, *Jitter*, *Shimmer* e *GNE*, utilizou-se a amostra da vogal sustentada /a/ em todos os momentos de gravação (M0, M1, M2, M3, M4, M5). A escolha da vogal é justificada pelo fato de ser uma vogal baixa, em que sua emissão fornece uma condição

estável do sistema fonatório, resultando em uma avaliação confiável da estabilidade da laringe (BAKEN e ORLIKOFF 2000).

Em seguida, foi utilizado o software VoxMetria, versão 4.7, da CTS Informática, no módulo análise da qualidade vocal. As etapas foram as seguintes:

1. Seleção da opção “Qualidade vocal”;
2. Escolha do arquivo a ser analisado;
3. Seleção e eliminação dos dois segundos iniciais e finais da emissão da vogal, devido a ocorrência de maior irregularidade em tais trechos, preservando-se o tempo mínimo de três segundos para cada emissão (LOPES, CAVALCANTE e COSTA, 2014).
4. Seleção da opção “Dados da análise vocal”: são disponibilizados os dados de Média f_0 , desvio padrão, *Jitter*, *Shimmer*, *GNE*.

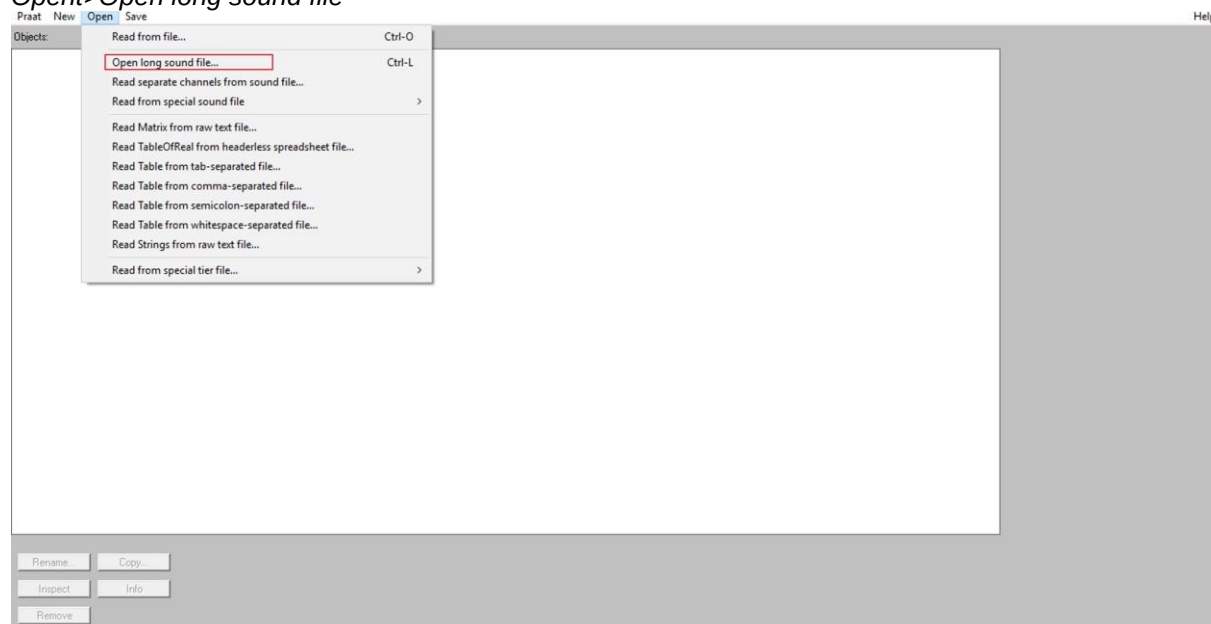
3.5.5 Extração das medidas cepstrais e espectrais

Para extração das medidas de *CPPS*, utilizou-se a amostra da vogal sustentada /a/ em todos os momentos de gravação (M0, M1, M2, M3, M4, M5). Também utilizou-se o *Praat*, seguindo os parâmetros sugeridos por Maryn e Weenink (2015).

O processo de extração manual das medidas de *CPPS* passaram pelas seguintes etapas:

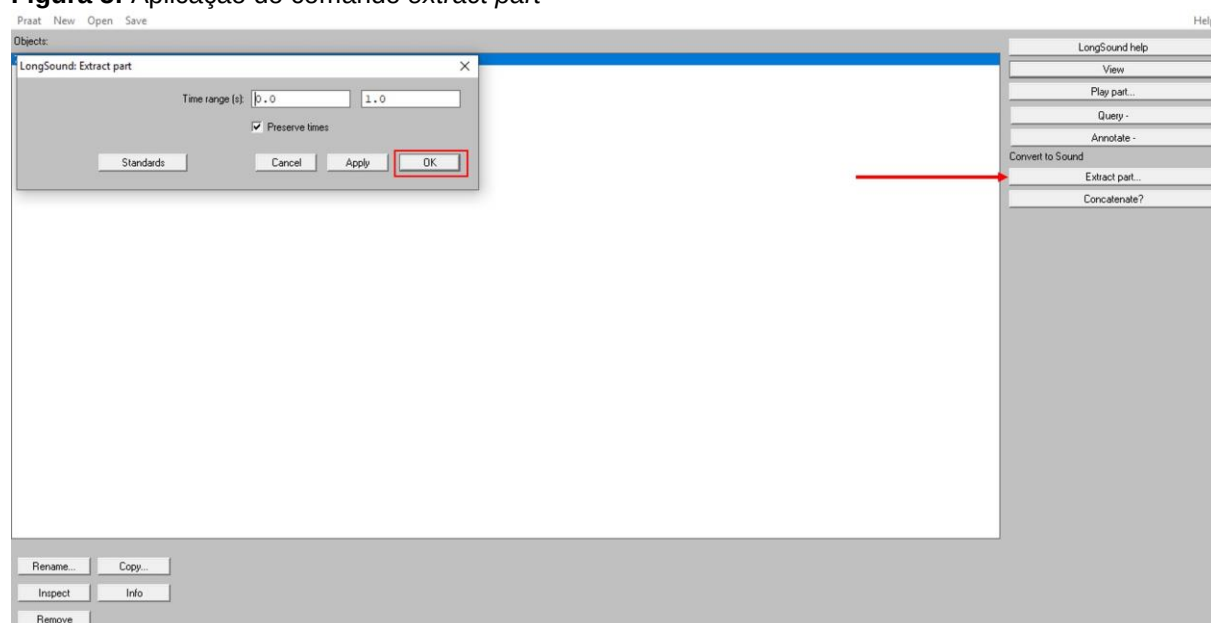
1. Seleção da opção “open”, “open long sound file” (Figura 4), “extract part”, “ok” (Figura 5).

Figura 4: Seleção da vogal /a/ sustentada para extração de CPPS. com aplicação do comando *Opent>Open long sound file*



Fonte: autora

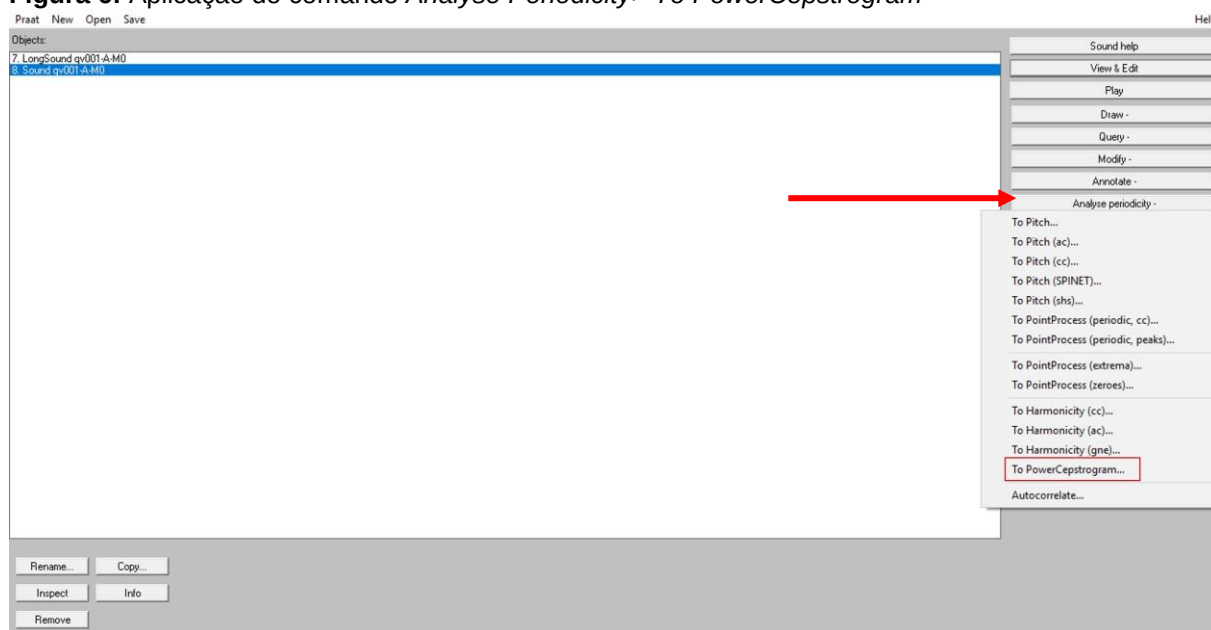
Figura 5: Aplicação do comando *extract part*



Fonte: autora

2. Após escolher o arquivo a ser analisado, selecionou-se a opção “*Analyze Periodicity*” e, em seguida, em “*To PowerCepstrogram*” (Figura 6).

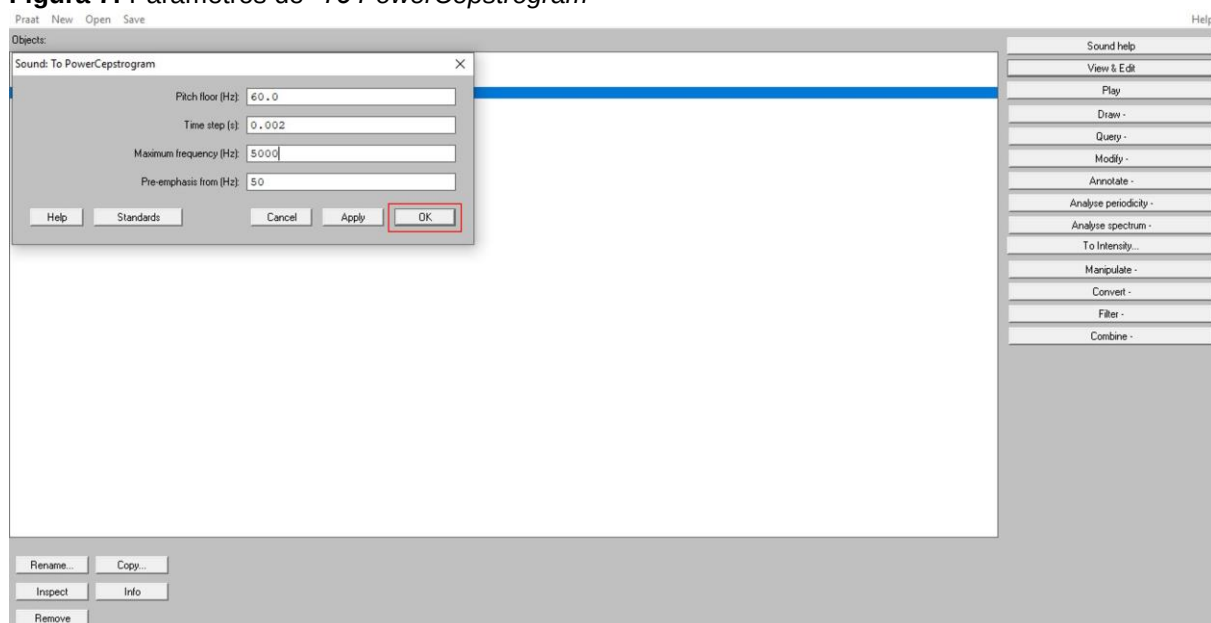
Figura 6: Aplicação do comando *Analyse Periodicity > To PowerCepstrogram*



Fonte: autora

- Na opção “*To PowerCepstrogram*”, foi dado continuidade com os seguintes parâmetros: “*Pitch floor (Hz) = 60*”, “*Time Step (s) = 0,002*”, “*Maximum Frequency (Hz) = 5000*” e “*Pre-emphasis from (Hz) = 50*” (Figura 7).

Figura 7: Parâmetros de “*To PowerCepstrogram*”



Fonte: autora

- Foi selecionado a opção “*Query*”, em seguida “*Get CPPS*” no “menu” (Figura 8).

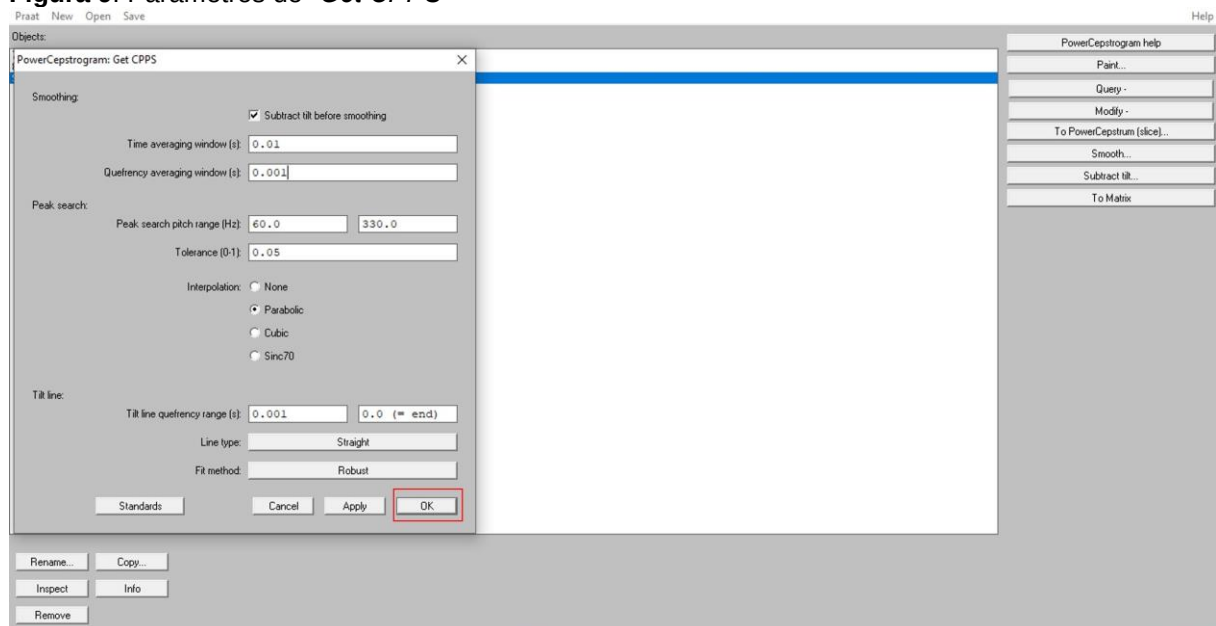
Figura 8: Aplicação do comando *Query> Get CPPS*



Fonte: autora

5. Em seguida houve o ajuste dos seguintes parâmetros: “*Subtract tilt before smoothing*” selecionado, “*Time averaging window (s)* = 0.01”, “*Quefrequency-averaging window (s)* = 0.001”. “*Peak search pitch range (Hz)* = 60-330”, “*Tolerance (0-1)* = 0.05”, “*Interpolation* = *Parabolic*”. “*Tilt line quefrequency range (s)* = 0.001-0.0 (=end)”, “*Line type* = *Straight*”, e *Fit method* = *Robust* (Figura 9).

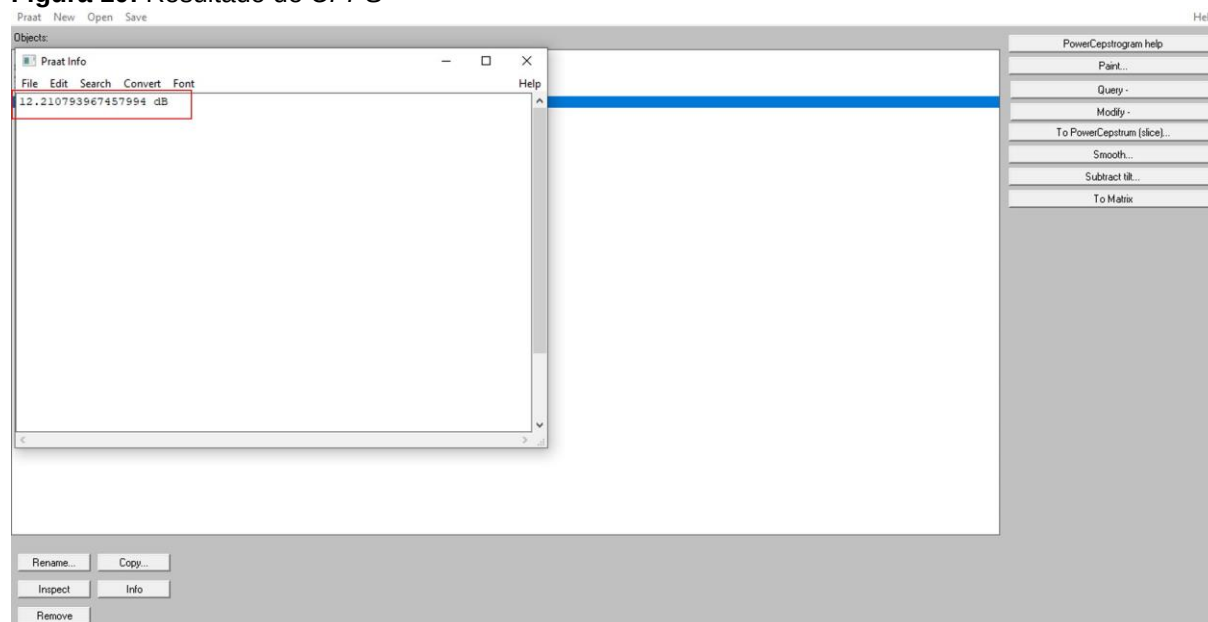
Figura 9: Parâmetros de “*Get CPPS*”



Fonte: autora

6. Os resultados desse procedimento foram as medidas *CPPS*, expressas em dB (Figura 10).

Figura 10: Resultado de *CPPS*

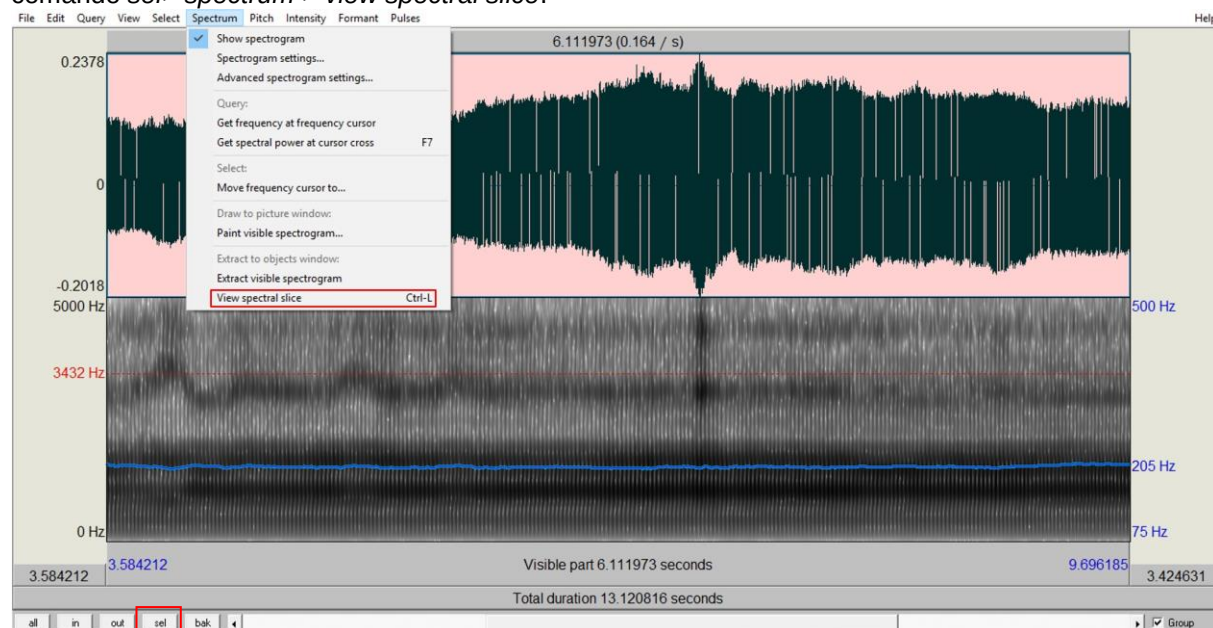


Fonte: autora

Para extração manual das medidas de intensidade (dB) dos harmônicos H1 e H2, utilizou-se o software de livre acesso Praat (versão 5.3.77h), desenvolvido por Paul Boersma e David Weenink, University of Amsterdam, Holanda, passando pelas seguintes etapas:

1. Seleção da opção “*Read from file*”; escolha do arquivo a ser analisado;
2. Seleção da opção “*View & edit*”; selecionou o trecho central do sinal de voz;
3. Seleção da opção “*se*”, em seguida “*spectrum*” e por último “*view spectral slice*”, (Figura 11).

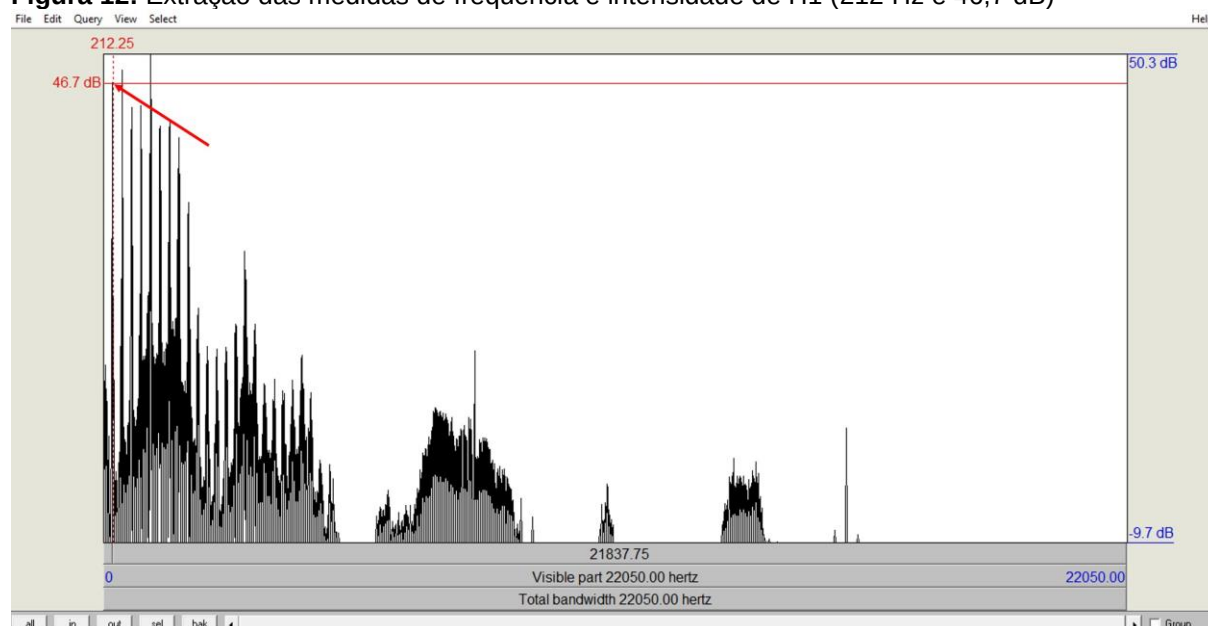
Figura 11: Traçado do espectro de trecho selecionado da vogal /a/ sustentada para extração dos valores de frequência e intensidade dos dois primeiros harmônicos (H1 e H2), com aplicação do comando *sel> spectrum > view spectral slice*.



Fonte: autora

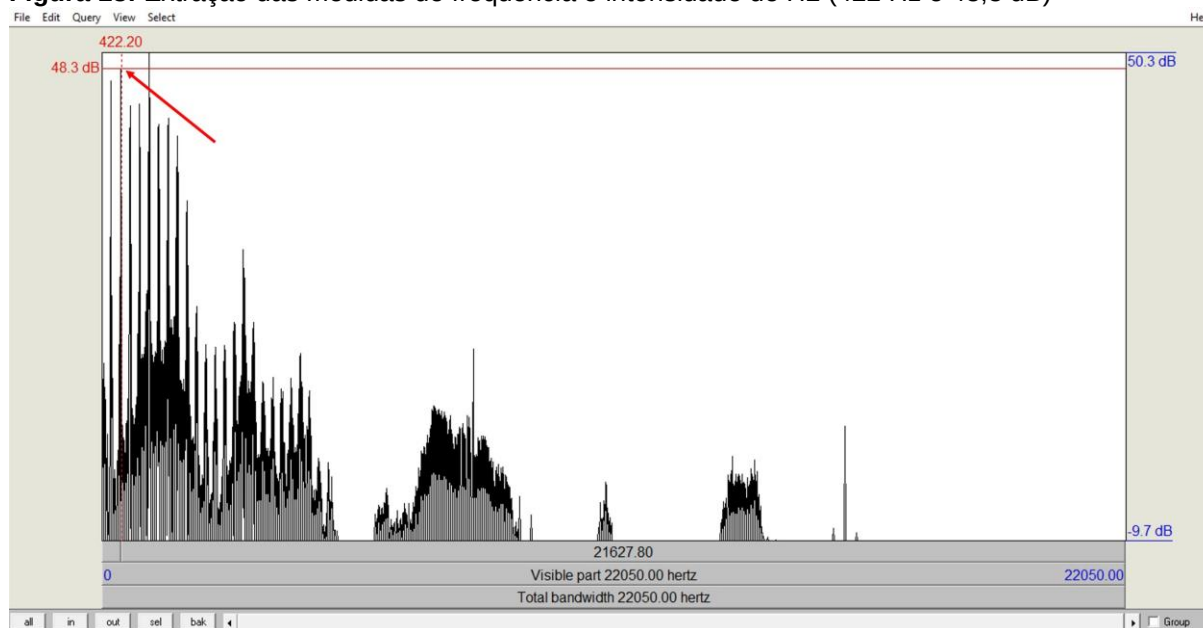
O resultado mostra uma nova janela com uma imagem gráfica dos picos. O cursor foi posicionado na ponta do primeiro pico (H1) obtendo-se os valores de intensidade (dB) do primeiro harmônico, em seguida foi verificado os valores do segundo harmônico (H2) (Figuras 12 e 13).

Figura 12: Extração das medidas de frequência e intensidade de H1 (212 Hz e 46,7 dB)



Fonte: autora

Figura 13: Extração das medidas de frequência e intensidade de H2 (422 Hz e 48,3 dB)



Fonte: autora

Posteriormente, foram selecionados os picos dos dois primeiros harmônicos e extraídas as amplitudes respectivas de cada um, para então subtrair a amplitude do primeiro à do segundo harmônico.

3.5.6 Julgamento perceptivo auditivo

Após conclusão das extrações das medidas acústicas, as amostras da vogal /a/ sustentada das vozes das falantes foram selecionadas desde M0 ao M5 somando ao todo 144 sinais de voz. Estas passaram por processo de normalização através do programa Audacity (versão 2.3.1), com o objetivo de padronizar a saída de áudio entre -6 e 6dB.

Posteriormente as amostras foram apresentadas de modo aleatório e até 3 vezes a um juiz, especialista em voz, com experiência em avaliação vocal perceptiva auditiva. Para análise da confiabilidade intra sujeito, 10% da amostra foi repetida.

Para preenchimento do teste de percepção, utilizou-se a escala analógica visual (EAV) que consiste em uma linha contínua de 0 a 100mm, com os extremos correspondendo à ausência (0mm) e à extrema (100mm) ocorrência de uma característica vocal. Por meio desta avalia-se o grau geral do desvio vocal (GG), o

grau de rugosidade (GR), grau de soproidade (GS) e por último o grau de tensão (GT) (BELE, 2005; LOPES, CAVALCANTE e COSTA, 2014). Posteriormente todos os dados foram registrados em planilha no programa Excel/Windows 2010 para análise estatística.

4.5 Procedimento de análise dos dados

Para a realização do exercício vocal, foram considerados 6 tempos distintos que serão denominados ao longo do texto por: momento pré (M0), após um minuto (M1), após dois minutos (M2), após três minutos (M3), após quatro minutos (M4) e após cinco minutos (M5). Com relação aos exercícios realizados, estes foram: Vibração sonorizada de língua, Canudo de alta resistência e Sobrearticulação.

Para análise dos dados extraídos, foram considerados os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Sminorf, para verificação da suposição de normalidade das variáveis. No que se refere às comparações, utilizou-se os testes T de Student para dados pareados e o teste não paramétrico de Wilcoxon para dados pareados, que é uma alternativa ao teste T de Student quando não temos a suposição de normalidade satisfeita. Além disso, também utilizou o teste não paramétrico de Friedman para a comparação de todos os momentos dentro de cada grupo observado. O uso do respectivo teste não paramétrico deve-se ao fato de que as suposições impostas a ANOVA (Análise de Variância) não terem sido atendidas por completo. Por fim, para a realização de comparações múltiplas entre os momentos utilizou-se o teste de Conover. O nível de significância considerado durante a análise foi de 5%.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando uma melhor maneira de expor os dados encontrados, a presente sessão trará os resultados e discussão deste estudo distribuídos em 3 artigos.

4.1 Artigo 1

CARACTERÍSTICAS PERCEPTIVO AUDITIVAS E ACÚSTICAS DE FONTE E FILTRO EM MULHERES COM NÓDULOS VOCAIS E SEM LESÃO LARÍNGEA

Perceptive hearing and acoustic characteristics of source and filter in women with vocal nodules and without laryngeal injury

Resumo

Objetivo: Investigar as medidas perceptivo auditivas e acústicas de fonte e filtro em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea. **Método:** Participaram do estudo 12 mulheres com nódulos vocais, alocadas em grupo experimental (GE) e 12 sem lesão laríngea, alocadas em grupo controle (GC). Foram utilizadas amostras de um banco de dados desenvolvido no Laboratório de Voz de uma Instituição de Ensino Superior, sendo submetidas à gravação da vogal /a/ sustentada e das frases-veículo “Digo papa baixinho”, “Digo pipa baixinho” e “Digo pupa baixinho”. As medidas utilizadas no estudo foram: medidas de perturbação e ruído – média da frequência fundamental (f_0), desvio padrão de f_0 (DP f_0), *jitter*, *shimmer*, *GNE* e medida cepstral de *CPPS*; medidas espectrais das diferenças do primeiro e segundo harmônico (H1-H2) e medidas formânticas, correspondentes ao primeiro e segundo formante (F1 e F2). Para avaliação perceptivo auditiva utilizou-se a escala analógico-visual (EAV). **Resultados:** Verificou-se que mulheres com nódulos vocais apresentam valores mais elevados de *shimmer*, redução nos valores de F1 e F2, assim como maiores valores na avaliação perceptivoauditiva nos parâmetros grau geral, rugosidade e soproidade, quando comparadas às mulheres sem lesão laríngea. **Conclusão:** Mulheres com nódulos vocais apresentam vozes mais desviadas, com presença de rugosidade e soproidade, e modificações nos ajustes do trato vocal, com possível diminuição da amplitude dos articuladores, quando comparado às mulheres sem lesão laríngea.

Palavras-chave: Voz, Disfonia, Acústica da fala, Parâmetros acústicos, interação fonte-filtro.

Abstract

Objective: To compare the auditory and acoustic perceptual measures of the source and filter in women with vocal nodules and women without laryngeal injury. **Methods:** 12 women with vocal nodules participated in the study, allocated in an experimental group (EG) and 12 without laryngeal lesions, allocated in a control group (CG). Samples from a database developed at the Voice Laboratory of a Higher Education Institution were used, and the vowel / a / sustava and the vehicle phrases “Digo papa baixinho”, “Digo pipa baixinho” and “Digo pupa” were recorded. quietly “. The measures used in the study were: disturbance and noise measurements - mean fundamental frequency (f0), standard deviation of f0 (DP f0), jitter, shimmer, GNE and cepstral CPPS measurement; spectral measures of the differences of the first and second harmonic (H1-H2) and formantic measures, corresponding to the first and second formant (F1 and F2). For auditory perceptual assessment, the analog-visual scale (EAV) was used. **Results:** It was found that women with vocal nodules present higher values of shimmer, reduced values of F1 and F2, as well as higher values in the auditory-perceptual evaluation in the parameters general degree, roughness and breathiness, when compared to women without laryngeal lesion. **Conclusion:** Women with vocal nodules present deviated voices, with the presence of roughness and breathiness, and changes in the vocal tract adjustments, with a possible decrease in the amplitude of the articulators, when compared to women without laryngeal injury.

Keywords: Voice, Dysphonia, Speech acoustics, Acoustic parameters, Source-filter interaction.

Introdução

Considerada um fenômeno essencialmente multidimensional, a voz envolve aspectos fisiológicos, perceptivos, aerodinâmicos, acústicos e emocionais, sendo essencial que a sua avaliação contemple e integre essas dimensões em seu processo, para então alcançar uma visão global da disfonia^{1,2}. A análise perceptivo auditiva é conhecida como padrão de referência na avaliação vocal. Ela é um método subjetivo, que depende da experiência e do nível de treinamento do avaliador. Essa avaliação oferece dados acerca da caracterização da intensidade do desvio vocal e da qualidade vocal predominante¹.

Por ser um procedimento mais objetivo e não invasivo, a análise acústica apesar de complementar, é considerada importante na avaliação e diagnóstico das alterações vocais e vem se tornando cada vez mais comum na clínica vocal. Diferentes medidas acústicas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de avaliar possíveis irregularidades no sinal de voz.

Dentre as medidas acústicas conhecidas por investigarem a fonte glótica se destacam: a análise da frequência fundamental (f_0), definida pelo número de vibrações produzidas pelas pregas vocais por segundo; medidas de perturbação da frequência, *jitter*, que indica a variação da frequência fundamental a curto prazo; medidas da perturbação da amplitude, *shimmer*, que diz respeito a variabilidade da amplitude da onda sonora a curto prazo. o Glottal to Noise Excitation (GNE), que verifica o ruído adicional no sinal vocal, independentemente do ruído modulado pelo mecanismo glótico, indicando a origem do sinal vocal, vem da vibração das pregas vocais ou da corrente de ar turbulenta originada no trato vocal¹.

A análise cepstral, é considerada eficaz na avaliação de vozes mais desviadas, a qual determina a F_0 e produz estimativas de aperiodicidade e/ou ruído aditivo sem a identificação de limites de ciclo individuais. Assim, o cepstro indica em que medida os harmônicos decorrentes da f_0 são individualizados e se acentuam em relação ao nível de ruído existente no sinal de voz³.

Além das medidas de fonte, existem as que investigam a ressonância da onda sonora no trato vocal, a qual são chamadas de formantes. mudanças na configuração e no posicionamento dos articuladores assim como no volume das cavidades de ressonância no trato vocal durante a produção vocal determina os valores dos formantes. O primeiro formante (F1) tem relação com abaixamento de mandíbula e por conseguinte da língua na produção vocal. O segundo formante (F2) está relacionado com o grau de anteriorização da vogal, ou seja, o quanto a faringe está livre pelo posicionamento da língua¹.

Uma outra medida que vem sendo utilizada na análise acústica para avaliar filtro é a relação entre os harmônicos H1–H2. Essa medida apresenta relação direta com a velocidade das forças aerodinâmicas das pregas vocais, sendo muito utilizada na descrição das características da emissão vocal⁴.

As diferentes configurações do trato vocal são adquiridas por ajustes de curto e longo prazo. Ajustes de curto prazo permitem a produção dos sons da fala e qualidades vocais específicas, seja na voz falada ou cantada. Os ajustes de longo prazo estão relacionados à maneira como os indivíduos costumam usar seus articuladores. Cada indivíduo tende a usar ajustes musculares específicos como parte de seu estilo habitual de fala, o que pode ou não ser saudável⁵.

Indivíduos que apresentam irregularidades a nível de fonte, como por exemplo: fechamento glótico incompleto, irregularidade vibratória das pregas vocais, podem realizar ajustes compensatórios no trato vocal, buscando assim uma melhor qualidade vocal. Desse modo, é importante conhecer e investigar a interação entre os subsistemas envolvidos na produção do som (fonatório, respiratório e articulatório)⁶. Para isso é importante compreender o comportamento da fonte e do filtro em indivíduos com lesão laríngea e sem lesão laríngea para assim descartar possíveis irregularidades tanto a nível de fonte quanto a nível de filtro.

Poucos estudos têm investigado medidas acústicas que forneçam informações sobre o comportamento de fonte e filtro em uma mesma pesquisa em indivíduos com e sem lesão laríngea. Sabe-se que existem pesquisas que têm utilizado medidas que avaliam fonte e filtro¹, mas é possível perceber um maior

número de estudos utilizando medidas de fonte glótica, como por exemplo as medidas de perturbação e ruído, para investigação de manifestações provocadas por um desvio vocal^{2,7-9}.

Pensando assim, para se ter um melhor olhar sobre o comportamento vocal é importante utilizar medidas que avaliem fonte e filtro para assim conhecer as possíveis diferenças entre indivíduos com e sem lesão laríngea. Diante disso o objetivo desse estudo é comparar as medidas acústicas de fonte e filtro e do julgamento perceptivo auditivo em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea.

Metodologia

Desenho do estudo

Este estudo é caracterizado como retrospectivo, documental e experimental, sendo avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição de origem, com o parecer número 2.158.960.

Amostra

A presente pesquisa foi realizada a partir de um banco de dados desenvolvido no Laboratório de Voz de uma Instituição de Ensino Superior, no qual para composição do grupo experimental (GE) participaram mulheres atendidas no referido laboratório, conforme os seguintes critérios de elegibilidade:

- Apresentar laudo otorrinolaringológico de nódulos vocais;
- Ser do sexo feminino, com idade entre 18 e 65 anos;
- Não apresentar infecções de vias aéreas superiores durante processo de gravação;
- Não apresentar frênulo lingual encurtado, disfunção temporomandibular, assim como alterações estruturais (orofaciais) e funcionais dos articuladores;

- Não possuir alterações cognitivas ou neurológicas que prejudiquem a realização dos procedimentos de coleta;
- Não ter realizado terapia fonoaudiológica anteriormente.

Para constituição do grupo controle (GC) foram selecionadas mulheres que se enquadrassem nos mesmos critérios de elegibilidade supracitados, com uma diferença: não apresentar queixa vocal, assim como apresentar exame laríngeo com ausência de evidência de qualquer tipo de alteração anatômica e/ou funcional.

Assim, o banco de dados foi constituído por 24 mulheres, incluindo 12 mulheres com nódulos no GE, com média de idade e desvio padrão de 36, 47 anos $\pm$ 12,22, e 12 mulheres sem lesão no GC, média de idade e desvio padrão de 33, 86 anos $\pm$ 11,59, sendo selecionadas por meio de triagem realizada no referido laboratório.

Procedimento da coleta das amostras

Por tratar-se de uma pesquisa de metodologia mista, documental e experimental, parte dos dados foram obtidos em pesquisa anterior¹⁰, de modo que todo o procedimento de coleta, assim como os dados relacionados as medidas formânticas foram obtidos em pesquisa anterior realizada no mesmo laboratório. Para a presente pesquisa, além desses dados utilizados, foram extraídas as medidas de perturbação e ruído, espectrais, cepstrais, assim como avaliação perceptiva auditiva.

Para compor o GE, as participantes passaram por preenchimento de ficha de dados pessoais assim como avaliação das estruturas dos articuladores, analisando a morfologia (nariz, lábios, bochechas, língua, amígdalas, palato duro, palato mole), mobilidade (lábios, língua, bochechas e palato mole), tonicidade (lábios, língua e bochechas), articulação temporomandibular e a presença ou ausência de infecções de vias aéreas superiores (segundo auto relato).

Para coleta das vozes, foi utilizado o software Fonoview, versão 4.5, da CTS Informática, desktop Dell all-in-one, microfone cardioide unidirecional, da marca

Senheiser, modelo E-835, localizado em um pedestal e acoplado a um pré-amplificador Behringer, modelo UPhoria UMC 204. A coleta das vozes ocorreu em cabine de gravação, no Laboratório de voz da Instituição de origem, com tratamento acústico e ruído inferior a 50 dB NPS, com taxa de amostragem de 44000 Hz, com 16 bits por amostra e distância de 10 cm entre o microfone e a boca do falante.

As participantes ficaram em pé, situando o pedestal a sua frente, de acordo com a distância recomendada entre a boca e o microfone, conforme supracitado. Elas foram orientadas a respirar levemente, obtendo ar suficiente para que a produção do som não acontecesse de maneira forçada.

As participantes receberam instrução para gravação da emissão da vogal /a/ sustentada com duração mínima de 5 segundos. A escolha da vogal é justificada pelo fato de ser uma vogal baixa, em que sua emissão fornece uma condição estável do sistema fonatório, resultando em uma avaliação confiável da estabilidade da laringe¹¹.

Em seguida as participantes realizaram gravação da leitura de três frases veículo (“Digo papa baixinho”, “Digo pipa baixinho” e “Digo pupa baixinho”), separadamente, contendo os segmentos vocálicos /a/, /i/ e /u/. Estes preferencialmente em contextos CV (consoante – vogal), sílaba inicial de palavra não acentuada, com vogal antecédida e sucedida do fonema oclusivo bilabial não vozeado. A escolha dessa frase justifica-se pela pouca influência que estas consoantes exercem sobre os formantes das vogais vizinhas¹² e pela necessidade de se homogeneizar o contexto para todas as vogais. Dessa maneira, houve o mínimo controle dos aspectos prosódicos, sem interferências na realização dos sons vocálicos na investigação da distintividade acústica das vogais.

A escolha das vogais /a/, /i/ e /u/ se deu porque acusticamente esses sons vocálicos são os que mais se distinguem, formando um triângulo articulatório em suas extremidades. Além disso, elas obedecem a um padrão formântico de consenso entre os pesquisadores, que corresponde às características típicas de

vogais que apresentam o máximo e o mínimo de abertura vocálica e de movimento de recuo e de avanço, de abaixamento e levantamento da língua¹².

As participantes do GC foram recrutadas após a coleta com o GE. Tal procedimento foi definido para favorecer a mesma quantidade de informantes em ambos os grupos.

O recrutamento das participantes do GC ocorreu após a coleta com o GE, afim de se obter a mesma quantidade de informantes nos dois grupos. As mulheres do GC foram selecionadas com base na observação da faixa etária de cada participante do GE, sendo contatadas e direcionadas para sessão e procedimentos da coleta de acordo com sua disponibilidade. Após o agendamento as mulheres do GC seguiram as mesmas etapas dos procedimentos do GE. Pela viabilidade da pesquisa e pelo acesso dos sujeitos ao Laboratório, participaram da pesquisa estudantes e funcionárias da Instituição de Ensino Superior onde foi realizada a pesquisa.

A extração do primeiro e segundo formante das vogais /a/, /i/ e /u/ foi realizada no *software Praat*, versão 5.3.77h, a partir da representação da vogal em um espectrograma de banda larga.

A segmentação e a duração dos sons vocálicos em contextos CV foram realizados considerando como limite inicial da vogal o primeiro pico regular após a consoante e ao período de transição entre a consoante-vogal. Como limite final foi considerado o último pico regular antes da consoante e do período de transição entre a vogal-consoante¹², estimando-se uma média de análise de duração de 0,13 segundos.

A partir da seleção e da segmentação dos sons vocálicos em contextos CV foi possível obter a média das medidas acústicas investigadas. Para a extração da média dos formantes no Praat, selecionou-se a opção denominada de *Formant*, obtendo-se o valor numérico de F1, F2 e F3 expresso em Hertz (Hz).

Para a presente pesquisa, foram adotados os valores de referência para frequência dos formantes de F1 da vogal /a/ (925 Hz), /i/ (369 Hz) e /u/ (429 Hz) e

para F2 da vogal /a/ (1.767 Hz), /i/ (2.269 Hz) e /u/ (1.436 Hz) do Português Brasileiro (PB)¹³.

Para extração das medidas acústicas de Média f0, desvio padrão, *Jitter*, *Shimmer* e *GNE* analisadas nessa pesquisa, utilizou-se a amostra da vogal sustentada /a/. Em seguida, foi utilizado o software VoxMetria, versão 4.7, da CTS Informática, no módulo análise da qualidade vocal. Os seguintes comandos foram aplicados para obtenção da média de f0, perturbação e ruído: seleção da opção “Qualidade vocal”; escolha do arquivo a ser analisado; seleção e eliminação dos dois segundos iniciais e finais da emissão da vogal, devido a ocorrência de maior irregularidade em tais trechos, preservando-se o tempo mínimo de três segundos para cada emissão²; seleção da opção “Dados da análise vocal”: são disponibilizados os dados de Média f0, desvio padrão, *Jitter*, *Shimmer*, *GNE*.

Para extração das medidas de CPPS também utilizou-se o Praat, seguindo os parâmetros sugeridos por Maryn e Weenink¹⁴. Os procedimentos foram: escolha do arquivo “open”, “open long sound file”, “extract part”, “ok”. Após escolher o arquivo a ser analisado, selecionou-se a opção “Analyze Periodicity” e, em seguida, em “To PowerCepstrogram”. Na opção “To PowerCepstrogram”, foi dado continuidade com os seguintes parâmetros: “Pitch floor (Hz) = 60”, “Time Step (s) = 0,002”, “Maximum Frequency (Hz) = 5000” e “Pre-emphasis from (Hz) = 50”. Foi selecionado a opção “Query”, em seguida “Get CPPS” no “menu”, foi dado continuidade com os seguintes parâmetros: “Subtract tilt before smoothing” selecionado, “Time averaging window (s) = 0.01”, “Quefrequency-averaging window (s) = 0.001”. “Peak search pitch range (Hz) = 60-330”, “Tolerance (0-1) = 0.05”, “Interpolation = Parabolic”. “Tilt line quefrequency range (s) = 0.001-0.0 (=end)”, “Line type = Straight”, e Fit method = Robust. Os resultados desse procedimento foram as medidas CPPS, expressas em dB.

Para extração manual das medidas de intensidade (dB) dos harmônicos H1 e H2, utilizou-se o software de livre acesso Praat (versão 5.3.77h), desenvolvido por Paul Boersma e David Weenink, University of Amsterdam, Holanda, passando pelas seguintes etapas: seleção da opção “Read from file”; escolha do arquivo a ser

analisado; seleção da opção “View & edit”; seleção do trecho central do sinal de voz. Seleção da opção “sel”, em seguida “spectrum” e por último “view spectral slice”, resultando em uma imagem gráfica dos picos, devendo posicionar o cursor na ponta do primeiro pico (H1) obtendo -se os valores de intensidade (dB) do primeiro harmônico, em seguida foi verificado os valores do segundo pico (H2). Posteriormente, foram selecionados os picos dos dois primeiros harmônicos e extraídas as amplitudes respectivas de cada um, para então subtrair a amplitude do primeiro à do segundo harmônico.

Para a análise das medidas perceptivo auditivas, as vozes passaram por processo de normalização no controle “*normalize*” do programa Audacity (versão 2.3.1), a fim de obter uma padronização na saída de áudio entre -6 e 6dB para todos os sinais, de maneira que a intensidade do sinal de áudio não interferisse no julgamento do avaliador.

Posteriormente, as 24 amostras foram apresentadas de modo aleatório e até 3 vezes a um juiz, especialista em voz, com experiência em avaliação vocal perceptivo auditiva. Para análise da confiabilidade intra sujeito, 10% da amostra foi repetida.

Para a análise perceptivo-auditiva, foi utilizada a Escala Analógica Visual (EAV) de 0 a 100 mm¹⁵. Por meio desta avaliou-se os parâmetros de grau geral do desvio vocal (GG) e os graus de rugosidade (GR), de soprosidade (GS) e de tensão (GT) na emissão da vogal sustentada /a/. O juiz foi orientado de que a marcação mais próxima do 0 representaria vozes mais aceitáveis socialmente, produzidas de forma mais natural, com menor esforço, ruído ou condição instável¹⁵. Diferentemente, marcações mais próximas do 100 representariam vozes menos aceitas socialmente e com maior percepção de esforço, ruído ou instabilidade.

No momento da avaliação perceptivo auditiva, cada emissão da vogal /a/ sustentada foi apresentada por três vezes através de caixa de som, em intensidade confortável autorreferida pelo avaliador. Após cada apresentação, o juiz avaliou os graus GG, GR, GS e GT. No final da sessão da avaliação perceptivo auditiva, 20%

das amostras foram repetidas aleatoriamente, para a análise da confiabilidade da avaliação do juiz.

Resultados

Na tabela 1 são exibidas as médias, o desvio-padrão e a comparação das médias das medidas perceptivo auditiva e acústicas de fonte e filtro entre os GE e o GC.

A análise comparativa entre os grupos mostra que existem diferenças na avaliação perceptivo auditiva nos parâmetros: EAVGG ($p=0,0020$), EAVGR ($p=0,0105$) e EAVGS ($p=0,0059$). Todos os valores, nesses parâmetros, foram mais elevados no GE em relação ao GC.

Quanto às medidas acústicas relacionadas à fonte glótica, observou-se diferença entre os grupos apenas para o *shimmer* ($p=0,0449$), que apresentou valores mais elevados no GE quando comparadas ao GC.

Em relação às medidas referentes aos ajustes supraglóticos (medidas formânticas), os valores de F1 para as vogais /a/ ($p=0,0145$) e /u/ ($p=0,0007$), e os valores de F2 para a vogal /a/ ($p=0,0284$) apresentaram médias maiores no GE em relação ao GC.

Tabela 1. Comparação entre os grupos Experimental e Controle.

Medida perceptiva/ acústica	Grupo		p-valor
	Experimental	Controle	
	Média ± DP	Média ± DP	
EAVGG	61,79 ± 8,06	47,83 ± 11,79	0,0020*
EAVGR	55,13 ± 8,45	43,88 ± 10,96	0,0105*
EAVGS	58,29 ± 14,25	38,13 ± 17,78	0,0059*
EAVGT	30,92 ± 14,91	30,33 ± 11,48	0,9155
Média f0	205,19 ± 20,44	202,37 ± 16,37	0,7130
DP f0	3,69 ± 3,14	2,55 ± 1,29	0,4188
Jitter	0,87 ± 1,73	0,28 ± 0,31	0,2142
Shimmer	6,91 ± 8,07	3,31 ± 1,01	0,0449*
GNE	0,63 ± 0,23	0,82 ± 0,17	0,1484
CPPS	13,10 ± 1,57	13,15 ± 1,78	0,9097
H1-H2(dB)	7,42 ± 5,91	4,94 ± 4,51	0,4697
F1 VG /a/	804,40±137,39	931,28±83,31	0,0145*
F1 VG /i/	353,08±47,66	377,32±41,67	0,3474
F1 VG /u/	369,01±57,37	465,06±50,97	0,0007*
F2 VG /a/	1377,63±120,70	1471,79±83,21	0,0284*
F2 VG /i/	2491,65±170,93	2578,58±137,92	0,3777
F2 VG /u/	725,32±225,65	726,55±78,93	0,4776

Legenda: EAV= escala analógico-visual; GG= grau geral; GR= grau rugosidade; GS= grau soprosidade; GT= grau tensão; DP=Desvio Padrão; f0= frequência fundamental; H1-H2= diferença de amplitude dos dois primeiros harmônicos F1= primeiro formante; F2= segundo formante; VG= vogal * Valores significativos (p<0,05) - teste T de Student Wilcoxon

Discussão

Na presente pesquisa, mulheres com nódulos vocais apresentaram maior grau geral de desvio vocal e maior grau de rugosidade e soprosidade em relação a mulheres sem lesão laríngea. De modo geral, a presença de lesão de massa nas pregas vocais pode ocasionar desvio da qualidade vocal, com presença de rugosidade e soprosidade⁷. Sendo assim, os achados deste estudo podem ser

justificados pelo fato de mulheres com nódulos apresentarem fenda glótica, resultando em fechamento glótico incompleto durante a fonação, e tendência a maior irregularidade vibratória das pregas vocais¹⁶.

Vale ressaltar que a avaliação perceptivo auditiva das mulheres do GC nos parâmetros grau geral, rugosidade e soprosidade, apresentaram-se com desvio de grau leve, o que pode ser justificado fisiologicamente pelo fato de mulheres apresentarem menores valores da proporção glótica, o que reflete a maior tendência para o fechamento glótico incompleto, como também fatores hormonais^{17,18} podem influenciar para um desvio na qualidade vocal de mulheres sem queixa e sem alteração laríngea¹⁹.

Sendo assim, vale lembrar que não foi o critério de inclusão da presente pesquisa que as mulheres do GC tivessem ausência de desvio na qualidade vocal, elas não podiam ter queixa nem lesão laríngea, visto que certos níveis de instabilidade e ausência de periodicidade podem ser considerados normais. Mesmo com a máxima atenção do indivíduo para sustentar uma emissão estável em altura e intensidade, instabilidades na qualidade vocal podem ocorrer⁸.

Tais achados demonstram que mesmo na ausência de uma alteração e queixa e com medidas acústicas dentro dos valores de normalidade, o indivíduo pode ter um desvio na qualidade vocal. A partir desses achados, vale refletir sobre a importância da avaliação vocal ser realizada por diferentes vias de análise (objetiva e subjetiva), pois nenhuma oferece um diagnóstico do comportamento vocal definitivo, devendo os resultados ser complementares e não excludentes⁸.

Em termos das medidas acústicas de perturbação e ruído, as mulheres com nódulos vocais diferiram das mulheres sem alteração laríngea apenas quanto o *Shimmer*, o qual o GE apresentou valor acima da média de normalidade quando comparados com o GC. O *shimmer* é uma medida relacionada à resistência glótica e à manutenção da fase fechada dos ciclos glóticos. Sendo assim, são esperados maiores valores de *shimmer* nas mulheres com nódulos, em decorrência do fechamento glótico incompleto, comumente encontrado nesse tipo de lesão laríngea²⁰.

Desse modo, a utilização das medidas acústicas e perceptivo-auditivas aumentam a precisão para determinar a presença ou ausência de um distúrbio de voz, assim como a intensidade do desvio presente. Sendo assim, a avaliação multidimensional é importante para investigar de modo mais detalhado o comportamento vocal por meio de medidas relacionadas à fonte (perturbação e ruído, cepstrais) e ao filtro (medidas formânticas e espectrais) possibilitando assim uma melhor classificação dos sinais vocais quanto à intensidade do desvio e qualidade vocal predominante¹.

Em consonância com os achados no presente experimento, um estudo⁹ comparou os parâmetros de análise acústica de frequência fundamental modal, *jitter*, *shimmer*, proporção harmônico ruído e energia do ruído glótico (ERG) de 20 mulheres com nódulos, 20 mulheres com fenda triangular médio posterior e 20 mulheres do grupo controle utilizando vogal sustentada. Os resultados mostraram que os valores da frequência fundamental modal, *jitter* e proporção harmônico-ruído foram semelhantes nos grupos estudados. No entanto, os valores de *shimmer* mostraram-se mais elevados no grupo de nódulos.

Alguns estudos utilizaram diferentes instrumentos para investigar a influência da musculatura extrínseca no comportamento vocal de indivíduos disfônicos^{21,22}. Outra pesquisa²³ utilizou a eletromiografia de superfície para investigar a atividade elétrica dos músculos extrínsecos da laringe (supra e infra-hioideos) de indivíduos disfônicos e não disfônicos, utilizando emissão sustentada da vogal /e/ e contagem de 20 a 30, em intensidade habitual e forte. Foi utilizada análise acústica para investigar os parâmetros acústicos de f0 e intensidade vocal, assim como avaliação perceptivo auditiva para observar a qualidade vocal no decorrer das tarefas de fala. Diferentemente dos resultados encontrados em outros estudos^{21,22}, os indivíduos disfônicos recrutaram menos unidades motoras e que geraram menor atividade elétrica dos músculos supra-hioideos do que os não disfônicos em todas as tarefas. Na avaliação perceptivo auditiva da qualidade vocal, observou-se que a medida que o grau do desvio vocal acentuou, foi encontrada menor atividade elétrica.

Tais achados sugerem que indivíduos disfônicos apresentam menor resistência muscular em comparação a indivíduos sem lesão laríngea, com menor recrutamento de fibras provocado pela possível baixa na resistência muscular. O estudo supracitado reforça os achados da presente pesquisa, no que tange às medidas de perturbação de amplitude, na qual as mulheres com nódulos apresentaram menor resistência glótica, apresentando valores mais elevados nas medidas de perturbação de amplitude (*shimmer*).

Quando observada as medidas formânticas neste experimento, os valores de F1 da vogal /a/ e /u/ e F2 da vogal /a/ apresentaram-se reduzidos no GE em relação ao GC. A diminuição nos valores de F1 para as vogais /a/ e /u/ e de F2 da vogal /a/ no GE podem indicar posição de mandíbula mais elevada, assim como elevação e posteriorização da língua durante a fonação, respectivamente. Diferentemente o GC apresentou uma configuração formântica mais próxima dos valores de referência propostos para falantes do português brasileiro¹³, sendo esses valores de F1 da vogal /a/ =925; /u/= 429 e F2 da vogal /a/ 1.767.

As diferenças encontradas nos valores das medidas formânticas podem reforçar que há uma relação bidirecional entre ajustes supraglóticos e glóticos. Essa diferença inferida da posição da língua entre os grupos sugere que a posição e amplitude de movimentação dos articuladores do trato vocal pode estar alterada durante a fala em indivíduos com distúrbio de voz^{1,10,24}.

A fonação associada ao corpo da língua elevado resulta em uma qualidade vocal soprosa^{25,26}. Essa afirmação se relaciona com os resultados encontrados na presente pesquisa em que as vozes das mulheres do GE apresentaram-se mais soprosas quando comparadas ao GC na avaliação perceptiva auditiva.

Um estudo²⁷ utilizaram medidas acústicas de frequência fundamental, de intensidade, espectro de longo termo e de declínio espectral para investigar a qualidade e a dinâmica vocal de 25 professoras com queixas ou manifestações de distúrbios da voz e alteração laríngea. Os resultados mostraram os mecanismos de sobrecarga do aparelho fonador com ajustes na qualidade vocal característico de

hiperfunção laríngea, voz áspera, laringe elevada, hiperfunção do trato vocal, mandíbula fechada, constrição faríngea, corpo de língua elevado e escape de ar.

Outro estudo⁵ investigou a morfologia do trato vocal de mulheres com nódulos e sem nódulos na postura de repouso, por meio de ressonância magnética, e evidenciou que mulheres com nódulos vocais mantêm tensão da musculatura laríngea aumentada mesmo em situação de repouso, apresentando constrição ântero-posterior do vestíbulo laríngeo e menor abertura entre as pregas vocais em abdução.

Embora a lesão esteja situada nas pregas vocais, características relacionadas ao trato vocal, assim como o comportamento da musculatura extrínseca da laringe²³ são capazes de discriminar a voz normal da patológica. Até mesmo na postura de repouso⁵, indivíduos com nódulos e sem lesão laríngea apresentam diferenças.

Os resultados obtidos no presente experimento reforçam que o funcionamento das pregas vocais não é independente do trato vocal e que os ajustes habituais do trato vocal em mulheres disfônicas e sem lesão laríngea são diferentes na fonação²⁸.

Conclusão

Mulheres com nódulos apresentam vozes mais desviadas e com maior grau de rugosidade e soprosidade, além de maiores valores de *shimmer* em relação às mulheres sem lesão laríngea. Quanto às medidas formânticas, mulheres com nódulos apresentam valores mais reduzidos de F1 da vogal /a/ e /u/ e F2 da vogal /a/ em relação às mulheres sem lesão laríngea, o que pode indicar uma possível diminuição da amplitude dos articuladores, com postura de mandíbula mais elevada e língua posteriorizada com possíveis ajustes na faringe gerando um maior impacto perceptivo auditivo provocado pela alteração geral da voz.

Sendo assim, mulheres com nódulos vocais apresentam diferenças em nível de fonte e de filtro quando comparadas às mulheres sem lesão laríngea, além de

apresentar diferenças no julgamento perceptivo auditivo com valores mais elevados, indicando maior desvio na qualidade vocal.

Referências

1. Lopes LW et al. Acurácia das medidas acústicas tradicionais e formânticas na avaliação da qualidade vocal. *Codas*. 2018;30(5) e20170282.
2. Lopes LW, Cavalcante DP, Costa PO. Severity of voice disorders: integration of perceptual and acoustic data in dysphonic patients. *CoDAS*. 2014;26(5):382-8.
3. Awan SN, Roy N, Zhang D, Cohen SM. Validation of the Cepstral Spectral Index of Dysphonia (CSID) as a Screening Tool for Voice Disorders: development of Clinical Cutoff Scores. *J Voice*, 2015; Vol.30, No. 2, pp. 1-15.
4. Cordeiro GF, Cunha MGB, Menezes MHM, Ubrig-Zancanella MT, Nemr K. Discriminação entre vozes adaptadas, levemente soprosas e tensas: diferenças 104 entre os dois primeiros harmônicos. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2010;15(2):238- 42.
5. Yamasaki R. Morfometria do trato vocal de indivíduos disfônicos com nódulos vocais em postura de repouso: um estudo de ressonância magnética. [doutorado]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de medicina, 2009.
6. França F P, Almeida A A, Lopes L W. Configuração acústico-articulatória das vogais de mulheres com nódulos vocais e vocalmente saudáveis. *CoDAS* 2019;31(6):e20180241.
7. Dias B. Análise Acústica de vozes com alteração organofuncional do tipo nódulos. [Monografia]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC; 2014.
8. Gama ACC, Behlau M. Estudo da constância de medidas acústicas em mulheres sem queixa de voz e em mulheres com disfonia. *Rev. Soc. Bras. Fonoaudiol*. 2009; 14(1):8-14.
9. Gama ACC. Análise acústica de voz: estudo comparativo entre mulheres sem queixa vocal e com disfonia.[Dissertação]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo- UNIFESP,1997.
10. França FP. Configuração acústico-articulatória das vogais orais do português brasileiro pré e pós-exercício vocal. [Dissertação]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba –UFPB, 2018.

11. Baken RJ, Orlikoff RF. Voice Clinical Measurement. San Diego, CA: Singular Publishing Group; 2000.
12. Barbosa PA, Madureira S. Manual de fonética acústica experimental: aplicações a dados do português. Cortez editora. 2015. 591p.
13. Monteiro MC. Uma análise computadorizada espectrográfica dos formantes das vogais orais do português brasileiro falado em São Paulo.[Monografia] Especialização Universidade Federal de São Paulo, 1995.
14. Maryn Y, Weenink D. Objective dysphonia measures in the program Praat: smoothed cepstral peak prominence and acoustic voice quality index. J Voice. 2015; 29: 35-43.
15. Yamasaki R, Madazio G, Leão SHS, Padovani M, Azevedo R, Behlau M. Auditory-perceptual evaluation of normal and dysphonic voices using the voice deviation scale. J Voice. 2017;31(1):67-71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.01.004>. PMID:26873420.
16. Houte EV, Lierde KV, Claeys S. Pathophysiology and treatment of muscle tension dysphonia: a review of the current knowledge. J Voice. 2011;25(2):202-7.
17. Figueiredo LC, Gonçalves MIR, Pontes A, Pontes P. Estudo do comportamento vocal no ciclo menstrual: avaliação perceptivo-auditiva, acústica e autoperceptiva. Revista Brasileira de Otorrinolaringologia. 2004; 7(3).
18. Silva PLA. Hormônios e Voz: flutuações vocais durante o ciclo menstrual. [mestrado] João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 2017.
19. Cielo CA, Finger LS, Rosa JC, Brancalioni AR. Lesões organofuncionais do tipo nódulos, pólipos e edema de reinke. Rev. CEFAC. 2010.
20. Dajer ME, Andrade FAS, Montagnoli AN, Pereira JC, Tsuji DH. Vocal Dynamic Visual Pattern for voice characterization. Journal of Physics Conference Series. 2011; 332(1), 012026.
21. Guirro RRJ, Bigaton DR, Silveiro KCA, Berni KCS, Distéfano G, Santos FL, Forti F. Transcutaneous electric nerve stimulation in dysphonic women. Pro Fono. 2008;20:189–194.
22. Hocevar-Boltezar I, Janko M, Zargi M. Role of surface EMG in diagnostics and treatment of muscle tension dysphonia. Acta Otolaryngol. 1998;118: 739–743.
23. Balata PMM, Silva HJ, Pernambuco LA, Amorim GO, Braga RSM, Fernandes da Silva EG, Moraes SRA. Electrical Activity of Extrinsic Laryngeal Muscles in

Subjects With and Without Dysphonia. *Journal of Voice*. 2015; 29(1), 129.e9–129.e17.

24. Muhammad G, Mesallam TA, Malki KH, Farahat M, Alsulaiman M, Bukhari M. Formant analysis in dysphonic patients and automatic Arabic digit speech recognition. *Biomed Eng Online*. 2011;10:41.
25. Aronson AE, *Clinical Voice Disorders*. 3rd edition. New York: Thieme:1990.
26. Lotto AJ, Holt LL, Kluender KR. Effect of voice quality on perceived height of English vowels, *Phonetica*. 1997;54(2):76–93.
27. Lima-Silva MFB, Madureira S, Rusilo LC.; Camargo Z. Perfil vocal de professores: análise integrada de dados de percepção e acústica. IN: CAMARGO, Z. *Fonética Clínica*. São Paulo. Pulso, 2016.
28. Lee JW, Kang HG, Choi JY, Son YI. An investigation of vocal tract characteristics for acoustic discrimination of pathological voices. *BioMed Research International*. 2013.

4.2 Artigo 2

EFEITO IMEDIATO DOS EXERCÍCIOS VOCAIS SOBRE OS PARAMETROS PERCEPTIVOS E ACÚSTICOS DE FONTE E FILTRO EM MULHERES COM NÓDULOS VOCAIS E MULHERES SEM LESÃO LARÍNGEA

Immediate effect of vocal exercises on perceptive and acoustic parameters of source and filter in women with vocal nodules and women without laryngeal injury

Resumo

Objetivo: verificar o efeito imediato de 3 exercícios vocais com foco de ação diferentes, em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea. **Método:** Participaram do estudo 12 mulheres com nódulos vocais (GE) e 12 sem lesão laríngea (GC) com idade entre 18 e 65 anos. Foram utilizadas amostras de um banco de dados desenvolvido no Laboratório de Voz de uma Instituição de Ensino Superior e corresponderam à emissão sustentada das vogais /a/, /i/, /u/ em dois momentos de gravação: gravação pré exercício (M0) e gravação após 5 cinco minutos de exercício. A realização das técnicas foi desenvolvida da seguinte maneira para os GE e GC: 8 mulheres executaram o exercício de vibração de língua; 10 mulheres realizaram exercício com canudo de alta resistência e 6 realizaram exercício de sobrearticulação, sendo a metade correspondente a cada grupo. Para extração das medidas perceptivas e acústicas, utilizou-se a vogal /a/ e para extração das medidas formânticas, foram utilizadas as vogas /a/, /i/ e /u/. As medidas acústicas extraídas para avaliar fonte glótica foram: medidas de perturbação e ruído – média da frequência fundamental (f_0), desvio padrão de f_0 (DP f_0), *jitter*, *shimmer*, *GNE* e medida cepstral de *CPPS*. As medidas utilizadas para avaliar filtro foram: medidas espectrais das diferenças dos harmônicos H1-H2 (dB) e formânticas de F1 e F2. Para avaliação perceptiva-auditiva das vozes utilizou-se a escala analógico-visual (EAV) nos parâmetros grau geral (GG), grau de rugosidade (GR), soproidade (GS) e tensão (GT). **Resultados:** Verificou-se que no 5º minuto de exercício, mulheres com nódulos vocais apresentaram redução dos valores de F2 da vogal /i/ no exercício de vibração sonorizada de língua assim como redução nos valores de GNE no exercício de sobrearticulação. Quanto as mulheres sem lesão, apresentaram aumento nos valores de F1 da vogal /u/ no exercício com canudo de alta resistência assim como aumento de f_0 no de exercício de sobrearticulação. **Conclusão:** O exercício com canudo de alta resistência foi o único exercício que mostrou modificações de acordo com o seu foco de ação primário no GC no 5º minuto de exercício e no exercício de sobrearticulação houve mudanças de fonte no 5º minuto de exercício. O exercício de vibração sonorizada de língua gerou modificações a nível de filtro no GE no 5º minuto de exercício e quanto ao exercício de sobrearticulação gerou mudanças de fonte no 5º minuto de exercício.

Palavras-chave: Voz, Disfonia, Acústica da fala, Exercícios vocais, interação fonte-filtro.

Abstract

Objective: to verify the immediate effect of 3 vocal exercises with different action focus, in women with vocal nodules and women without laryngeal changes. **Method:** 12 women with vocal nodules (SG) and 12 without laryngeal lesions (CG) aged between 18 and 65 years participated in the study. Samples from a database developed in the Voice Laboratory of a Higher Education Institution were used and corresponded to the sustained emission of the vowels /a/, /i/, /u/ in two recording moments: pre-exercise recording (M0) and recording after 5 five minutes of exercise. The techniques were performed as follows for the SG and CG: 8 women performed the tongue vibration exercise; 10 women performed exercise with a high-strength straw and 6 performed over-articulation exercise, half corresponding to each group. For extraction of perceptual and acoustic measures, the vowel / a / was used and for extraction of formantic measures, the vowels /a/, /i/ and /u/ were used. The acoustic measurements extracted to evaluate the glottal source were: disturbance and noise measurements - mean of the fundamental frequency (f_0), standard deviation of f_0 (DP f_0), jitter, shimmer, GNE and cepstral CPPS measurement. The measures used to evaluate the filter were: spectral measurements of the differences in the H1-H2 (dB) harmonics and F1 and F2 forms. For the auditory-perceptual evaluation of the voices, the analog-visual scale (EAV) was used in the parameters general degree (GG), degree of roughness (GR), breathiness (GS) and tension (GT). **Results:** It was found that in the 5th minute of exercise, women with vocal nodules presented a reduction in the values of F2 of the vowel / i / in the exercise of sound vibration of the tongue as well as a reduction in the values of GNE in the exercise of over-articulation. As for women without injury, they showed an increase in the F1 values of the vowel / u / in the exercise with a high resistance straw as well as an increase in f_0 in the over-articulation exercise. **Conclusion:** The exercise with a high resistance straw was the only exercise that showed changes according to its primary action focus in the CG in the 5th minute of exercise and in the over-articulation exercise there were changes of source in the 5th minute of exercise. The exercise of sound vibration of the tongue generated changes at the level of the filter in the SG in the 5th minute of exercise and as for the super-articulation exercise, it generated source changes in the 5th minute of exercise.

Keywords: Voice, Dysphonia, Speech acoustics, Vocal exercises, source-filter interaction

Introdução

Sabe-se que os distúrbios de voz são processos patológicos que interferem diretamente na produção vocal, apresentando-se de diferentes maneiras, dentre as quais presença de sintomas sensoriais e auditivos, desvios da qualidade vocal, bem como presença de alterações funcionais e/ou estruturais da laringe¹.

A presença de um distúrbio de voz pode gerar uma variedade de manifestações tanto em nível de fonte glótica com presença de formação de lesão, como também em nível de filtro com ajustes compensatórios na movimentação e posicionamento dos articuladores.

Alguns estudos^{2,3}, têm revelado uma variedade de manifestações provocadas por uma alteração vocal, utilizando medidas que avaliam fonte e filtro. No entanto, nota-se um número maior de estudos que investiguem tais manifestações através de medidas acústicas referentes à fonte glótica, como por exemplo as medidas de perturbação e ruído^{4,5}.

Sabe-se que existe uma influência mútua entre fonte glótica e filtro, mas ainda é difícil determinar se os ajustes de trato vocal podem estar relacionados à causa, se estão em coocorrência ou são consequência dos distúrbios de voz^{6,7}.

No que se refere aos exercícios vocais, estes são capazes de modificar o mecanismo de fechamento e vibração glótica^{7,8}, assim como o posicionamento e movimentação das estruturas do trato vocal⁹⁻¹¹. Pensando assim é importante conhecer os ajustes de fonte e filtro a fim de investigar possíveis modificações ocorridas durante a execução de um exercício vocal.

Quanto ao foco de ação que um exercício pode promover, existem exercícios com foco na modificação de ajustes glóticos, exercícios com objetivo de mudança no posicionamento e movimentação dos articuladores e exercícios que visam a melhora da integração entre a fonte glótica e o filtro¹²⁻¹⁴.

Obviamente, não se pode negar que toda e qualquer ação em nível de fonte e do filtro influencia o sistema de modo global, independentemente do seu foco de

ação primária. No entanto, embora haja uma descrição do efeito de inúmeros exercícios vocais na fonte glótica e no trato vocal, ainda há limitações acerca de como as modificações de fonte e filtro interagem no domínio do tempo de execução de um exercício vocal com foco de ação diferente¹⁵.

Desse modo, será que os exercícios vocais modificam características de fonte e filtro de acordo com o seu foco de ação primária? A hipótese levantada é que o foco de ação primário do exercício vocal selecionado pode determinar a sequência de modificações nas medidas de fonte e filtro em função do tempo. Tal hipótese se respalda no fato de que exercícios com foco no trabalho muscular das pregas vocais, podem gerar impacto no movimento ondulatório da mucosa das pregas vocais, resultando em maior flexibilidade e equilíbrio das forças mioelásticas e aerodinâmicas da laringe, produzindo modificações na fonte glótica¹⁶⁻¹⁹.

Nessa perspectiva um estudo¹⁸ verificou o tempo de execução da técnica de vibração sonorizada de língua necessário para interferir nas medidas que avaliam fonte (medidas de perturbação a curto prazo, de f_0 e de intensidade vocal). Os resultados revelaram que o exercício proporcionou aumento na F_0 no terceiro minuto da execução da técnica e na intensidade a partir de um minuto. Houve diminuição do ruído a partir de três minutos de realização da técnica. Não foram relatados modificações de filtro visto que não houve medidas que analisassem esse aspecto.

Um outro estudo¹¹ utilizou imagens de ressonância magnética para investigar os ajustes do trato vocal de mulheres disfônicas com nódulos vocais e não disfônicas antes e após o exercício com tubo flexível na água, tanto em repouso quanto durante a fonação. Mulheres com nódulos vocais possuem, menor área do vestíbulo laríngeo, distância da epiglote à parede posterior da faringe (PPF) e comprimento do complexo interaritenóideo durante o repouso vocal; e durante a fonação, área do vestíbulo laríngeo, ângulo entre PPF e prega vocal, epiglote para PPF, e comissura anterior da laringe para PPF são menores, e maior espaço na região da língua. O exercício promoveu mudanças positivas no trato vocal de mulheres com nódulos vocais, reduzindo as diferenças entre os grupos.

Nesse contexto, como modo de analisar as considerações sobre as características acústicas de fonte e de filtro ao longo do tempo, do tipo de exercício e do seu foco de ação primário, o presente estudo teve o objetivo verificar o efeito imediato de 3 exercícios vocais com foco de ação diferentes em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea.

Métodos

Desenho do estudo

Este estudo é caracterizado como retrospectivo, documental e experimental, sendo avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição de origem, com o parecer número 2.158.960.

Amostra

A presente pesquisa foi realizada a partir de um banco de dados desenvolvido no Laboratório de Voz de uma Instituição de Ensino Superior²⁰, no qual para composição do grupo experimental (GE) participaram mulheres atendidas no referido laboratório, conforme os seguintes critérios de elegibilidade:

- Apresentar laudo otorrinolaringológico de nódulos vocais;
- Ser do sexo feminino, com idade entre 18 e 65 anos;
- Não apresentar infecções de vias aéreas superiores durante processo de gravação;
- Não apresentar frênulo lingual encurtado, disfunção temporomandibular, assim como alterações estruturais (orofaciais) e funcionais dos articuladores;
- Não possuir alterações cognitivas ou neurológicas que prejudiquem a realização dos procedimentos de coleta;

- Não ter realizado terapia fonoaudiológica anteriormente.

Para constituição do grupo controle (GC) foram selecionadas mulheres que se enquadrassem nos mesmos critérios de elegibilidade supracitados, com uma diferença: não apresentar queixa vocal, assim como apresentar exame laríngeo com ausência de evidência de qualquer tipo de alteração anatômica e/ou funcional.

Dessa maneira, O GC foi pareado com o GE em conformidade com os parâmetros de faixa etária, com variação da idade de cinco para mais ou para menos, seguindo uma proporção de um controle para cada caso (1:1).

O banco de dados foi constituído por 24 mulheres, incluindo 12 mulheres no GE, com média de idade e desvio padrão de 36, 47 anos $\pm$ 12,22, e 12 mulheres no GC, média de idade e desvio padrão de 33, 86 anos $\pm$ 11,59. As mulheres do GE foram abordadas durante triagem fonoaudiológica do referido laboratório.

Todas as mulheres que realizaram avaliação no Laboratório e possuíam diagnóstico de nódulos vocais foram abordadas sobre a possibilidade de participar da pesquisa, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

As mulheres do GC foram abordadas diretamente entre as alunas e funcionárias do curso citado anteriormente. Elas receberam instrução quanto aos objetivos da pesquisa, assinaram o TCLE e foram encaminhadas para realização de exame visual laríngeo em serviço público de referência na região, apresentando o laudo por escrito posteriormente. Aquelas que apresentaram laudo de “laringe normal” submeteram-se à gravação das tarefas de fala.

Procedimento da coleta das amostras

Por tratar-se de uma pesquisa de metodologia mista, documental e experimental, parte dos dados foram obtidos em pesquisa anterior²⁰, de modo que todo o procedimento de coleta, assim como os dados relacionados as medidas formânticas foram obtidos em pesquisa anterior realizada no mesmo laboratório. Para a presente pesquisa, além desses dados utilizados, foram extraídas as

medidas de perturbação e ruído, Espectrais, Cepstrais, assim como avaliação perceptiva auditiva.

Para compor o GE, as participantes passaram por preenchimento de ficha com dados pessoais tais como nome, data de nascimento, idade e profissão. Na sequência, foi realizada uma breve avaliação das estruturas do sistema estomatognático, observando a morfologia e mobilidade de lábios, língua, bochechas e palato mole; tonicidade de lábios, língua e bochechas, e questões relacionadas à articulação temporomandibular assim como presença ou ausência de infecções de vias aéreas superiores (segundo o auto relato).

Essa avaliação foi realizada com o objetivo de descartar presença de desordem temporomandibular, alteração no frênulo lingual, ou qualquer alteração estrutural e funcional, em função da interferência dessas alterações sobre os ajustes articulatorios¹⁹.

Posteriormente, foi realizada gravação das vozes. Para isso, foi utilizado o software Fonoview, versão 4.5, da CTS Informática, desktop *Dellall-in-one*, microfone cardioide unidirecional, da marca *Senheiser*, modelo E-835, localizado em um pedestal e acoplado a um pré-amplificador *Behringer*, modelo U-Phoria UMC 204. A coleta das vozes ocorreu em cabine de gravação, no Laboratório de voz da Instituição de origem, com tratamento acústico e ruído inferior a 50 dB NPS, com taxa de amostragem de 44000 Hz, com 16 bits por amostra e distância de 10 cm entre o microfone e a boca do falante.

Para coleta das vozes, as mulheres ficaram em pé, situando o pedestal a sua frente, de acordo com a distância recomendada entre a boca e o microfone, conforme supracitado. Elas foram orientadas a respirar levemente, obtendo ar suficiente para que a produção do som não acontecesse de maneira forçada.

As mulheres receberam instrução para gravação de três vogais /a/, /i/ e /u/ de maneira sustentada, por no mínimo, 5 segundos e leitura de três frases veículo (“Digo papa baixinho”, “Digo pipa baixinho” e “Digo pupa baixinho”), separadamente, contendo os segmentos vocálicos /a/, /i/ e /u/. Cada frase foi gravada apenas uma

vez por cada voluntário. Os segmentos vocálicos foram inseridos em contextos CV (consoante – vogal), em sílaba inicial de palavra não acentuada, com vogal anteceder e suceder do fonema oclusivo bilabial não vozeado. A escolha dessa frase justifica-se pela pouca influência que estas consoantes exercem sobre os formantes das vogais vizinhas²¹ e pela necessidade de se homogeneizar o contexto para todas as vogais. Dessa maneira, houve o mínimo controle dos aspectos prosódicos, sem interferências na realização dos sons vocálicos na investigação da distintividade acústica das vogais.

A escolha das vogais /a/, /i/ e /u/ ocorreu porque acusticamente esses sons vocálicos são os que mais se distinguem, formando um triângulo articulatório em suas extremidades²¹. Além do mais, elas obedecem a um padrão formântico de consenso entre os pesquisadores, que corresponde às características típicas de vogais que apresentam o máximo e o mínimo de abertura vocálica e de movimento de recuo e de avanço, de abaixamento e levantamento da língua²².

Na sequência, as mulheres realizaram a gravação da vogal /a/ sustentada por, no mínimo, 5 segundos. Essa vogal foi utilizada para extração das medidas de perturbação e ruído, medidas cepstrais e espectrais analisadas nesta pesquisa.

As mulheres do GC foram recrutadas após a coleta com o GE. Esse procedimento foi definido para favorecer a mesma quantidade de informantes nos dois grupos.

O recrutamento das mulheres do GC ocorreu a partir da observação da faixa etária de cada participante do GE. Baseado na idade, elas foram contatadas pelo pesquisador e direcionadas para sessão e aos procedimentos da coleta, segundo a sua disponibilidade. Após o agendamento, todas as mulheres do GC seguiram as mesmas etapas dos procedimentos do GE. Pela viabilidade da pesquisa e pelo acesso dos sujeitos ao Laboratório, participaram da pesquisa estudantes e funcionárias da Instituição de Ensino Superior onde foi realizada a pesquisa.

Após coleta inicial (M0), as mulheres foram orientadas quanto à execução dos exercícios vocais, sendo apresentadas as três técnicas e solicitado que as

participantes executassem uma vez cada uma delas. A técnica foi escolhida de acordo com a facilidade na realização do exercício. Quanto aos aspectos de postura durante a execução do exercício e gravação vocal, foram realizados em pé, dentro da cabine para facilitar o manejo entre a orientação do pesquisador e a gravação das vozes. As participantes da pesquisa não relataram desconforto e nem cansaço durante a realização das tarefas.

Os critérios utilizados para seleção desses exercícios foram:

- Exercícios utilizados na rotina da terapia vocal e referidos em pesquisas de intervenção fonoaudiológica na reabilitação dos distúrbios da voz;
- Exercícios nos quais os princípios fisiológicos de ação discorridos na literatura da área tivessem efeitos definidos, e se possível, que tivessem foco de ação diferentes, no que tange a fonte glótica, melhoria da interação fonte-filtro e mudança na movimentação e posicionamento dos articuladores²³⁻²⁵.

No que diz respeito aos exercícios selecionados, estes foram: vibração sonorizada de língua, que enfoca a fonte glótica; canudo de alta resistência que visa o acoplamento da fonte e do trato vocal; e o exercício de sobrearticulação, que enfatiza o trabalho a nível de trato vocal²⁶.

As mulheres do GE e do GC foram distribuídas em três grupos (A, B e C), de acordo com o exercício vocal realizado. Cada mulher fez parte de apenas um grupo. O grupo A realizou o exercício de vibração sonorizada de língua, sendo formado por 4 mulheres com nódulos vocais com idade média de 35 anos e 4 sem lesão laríngea, com idade média de 30 anos. O grupo B realizou o exercício com canudo de alta resistência, formado por 5 mulheres com nódulos vocais e idade média de 36 anos e 5 sem lesão laríngea com idade média de 35 anos. O grupo C executou o exercício de sobrearticulação, sendo composto por 3 mulheres com nódulos vocais com idade média de 34 anos e seus respectivos caso controle com idade média de 34 anos.

Quanto ao exercício de vibração sonorizada de língua (grupo A), as participantes foram orientadas a emitir o som do fonema [r] de maneira sustentada

em frequência e intensidade confortável autorreferida. O exercício de vibração sonorizada de língua, tem seu foco de ação na fonte glótica, com o objetivos de mobilizar a mucosa das pregas vocais, equilibrar a coordenação pneumofonoarticulatória, melhorar a estabilidade, qualidade vocal e fechamento glótico, reduzir o esforço fonatório. A execução dessa técnica contribui para reabsorção das lesões benignas de pregas vocais, modificando o quadro hipercinético encontrado nos casos de nódulos vocais, propiciando aumento da irrigação sanguínea nas pregas vocais, reduzindo as resistências elásticas e viscosas²⁷.

Para a execução do exercício do canudo de alta resistência, foi utilizado um canudo de plástico rígido, com comprimento de 8.7 cm e diâmetro de 1.5 mm. As participantes (grupo B) foram orientadas a emitir um som semelhante ao [vu] de modo sustentado em frequência e intensidade confortável autorreferida. Elas foram orientadas que todo o fluxo sonoro saísse pelo canudo. A ação desse exercício faz com que as pregas vocais vibrem de modo mais suave, pois são levemente separadas (abduzidas) pela ação da pressão que fecha a saída de ar gerada dentro do “tubo”. O fluxo aéreo também é reduzido, bem como o impacto do contato entre as pregas vocais, auxiliando também na reabsorção da lesão de massa entre as pregas vocais¹².

Quanto ao exercício de sobrearticulação, as participantes do grupo C foram direcionadas para realizar exagero nos movimentos articulatórios, fazendo uma maior excursão muscular, com grande abertura de boca e maior amplitude de movimentação labial²⁸, durante a leitura de um texto foneticamente balanceado, baseado na Brazilian Portuguese version of Vocal Profile Analysis Scheme – PB-VPAS(2007), de acordo com o quadro 1.

Quadro 1: Texto foneticamente balanceado baseado na Brazilian Portuguese version of Vocal Profile Analysis Scheme – PB-VPAS(2007)

General Evaluation of Voice quality	O objeto de estudo da Fonética é essa complexa, variável e poderosa face sonora da linguagem: a fala.
	Na cidade de São Paulo a contribuição que cada grupo étnico ou regional deu à cidade, é vista em cada esquina. Italianos, japoneses, árabes, judeus, portugueses, coreanos e pessoas de todo o país ajudaram e muito a construir esta metrópole. São Paulo é hoje uma metrópole cosmopolita um lugar onde todos se sentem em casa.
	A Roberta gosta muito de comprar livros de fotos de pássaros. Ela também costuma ir ao jardim zoológico para ver suas aves preferidas: a arara, a garça, o sabiá, o periquito, o tico-tico, a coruja e o tucano.

Fonte: França, 2018

O exercício de sobrearticulação envolve a movimentação dos articuladores, focando sua atuação no trato vocal, porém com o objetivo de reduzir a hipertonidade laríngea, melhorar da articulação e projeção vocal²⁷.

A técnica vocal apresentada foi executada antes (M0) e após realização do exercício, sendo intercalado pela gravação das três vogais sustentadas e três frases-veículo descritas anteriormente, somando cinco minutos de exercício. As gravações passaram pelas seguintes etapas: gravação inicial pré exercício (M0) e gravação após o quinto minuto de exercício (M5).

A extração do primeiro e segundo formante das vogais /a/, /i/ e /u/ ocorreu no *software Praat*, versão 5.3.77h, a partir da representação da vogal em um espectrograma de banda larga. O Praat é uma ferramenta para a análise de voz, desenvolvida por Paul Boersma e David Weenink, do Institute of Phonetic Sciences, Universidade de Amsterdã. O programa pode obter-se gratuitamente, fazendo download a partir da página oficial: <http://www.praat.org>.

A segmentação e a duração dos sons vocálicos em contextos CV foram realizados considerando como limite inicial da vogal o primeiro pico regular após a consoante e ao período de transição entre a consoante-vogal. Como limite final foi considerado o último pico regular antes da consoante e do período de transição entre a vogal-consoante,²¹ estimando-se uma média de análise de duração de 0,13 segundos.

A partir da seleção e da segmentação dos sons vocálicos em contextos CV foi possível obter a média das medidas acústicas investigadas. Para a extração da média dos formantes no Praat, selecionou-se a opção *Formant*; “*show formant*”; “*Get first formant*”; “*Get third formant*” respectivamente, obtendo-se o valor numérico de F1, F2 e F3 expresso em Hertz (Hz).

Para a presente pesquisa, foram adotados os valores de referência para frequência dos formantes de F1 da vogal /a/ (925 Hz), /i/ (369 Hz) e /u/ (429 Hz) e para F2 da vogal /a/ (1.767 Hz), /i/ (2.269 Hz) e /u/ (1.436 Hz) do Português Brasileiro (PB)²⁹.

Para extração das medidas acústicas de Média f0, desvio padrão, *Jitter*, *Shimmer* e *GNE* analisadas nessa pesquisa, utilizou-se a amostra da vogal sustentada /a/. A escolha da vogal é justificada pelo fato de ser uma vogal baixa, em que sua emissão fornece uma condição estável do sistema fonatório, resultando em uma avaliação confiável da estabilidade da laringe³⁰.

Em seguida, foi utilizado o software VoxMetria, versão 4.7, da CTS Informática, no módulo análise da qualidade vocal. Os seguintes comandos foram aplicados para obtenção da média de f0, perturbação e ruído: seleção da opção “Qualidade vocal”; escolha do arquivo analisado; seleção e eliminação dos dois segundos iniciais e finais; “Dados da análise vocal”, sendo disponibilizados os dados de Média f0, desvio padrão, *Jitter*, *Shimmer*, *GNE*. O corte dos segundos iniciais e finais da emissão da vogal aconteceu devido a ocorrência de maior irregularidade em tais trechos, preservando-se o tempo mínimo de três segundos para cada emissão³¹.

Para extração das medidas de CPPS também utilizou-se o *Praat*, seguindo os parâmetros sugeridos por Maryn e Weenink³². Os procedimentos foram: escolha do arquivo “open”, “open long sound file”, “extract part”, “ok”. Após escolher o arquivo a ser analisado, selecionou-se a opção “Analyze Periodicity” e, em seguida, em “To PowerCepstrogram”. Na opção “To PowerCepstrogram”, foi dado continuidade com os seguintes parâmetros: “Pitch floor (Hz) = 60”, “Time Step (s) = 0,002”, “Maximum Frequency (Hz) = 5000” e “Pre-emphasis from (Hz) = 50”. Foi selecionado a opção “Query”, em seguida “Get CPPS” no “menu”, foi dado continuidade com os seguintes parâmetros: “Subtract tilt before smoothing” selecionado, “Time averaging window (s) = 0.01”, “Quefrequency-averaging window (s) = 0.001”. “Peak search pitch range (Hz) = 60-330”, “Tolerance (0-1) = 0.05”, “Interpolation = Parabolic”. “Tilt line quefrequency range (s) = 0.001-0.0 (=end)”, “Line type = Straight”, e Fit method = Robust. Os resultados desse procedimento foram as medidas CPPS, expressas em dB.

Para extração manual das medidas de intensidade (dB) dos harmônicos H1 e H2, utilizou-se o software de livre acesso Praat (versão 5.3.77h), passando pelas seguintes etapas: seleção da opção “Read from file”; escolha do arquivo a ser analisado, “View & edit”; selecionou o trecho central do sinal de voz. Selecionou-se a opção “sel”, em seguida “spectrum” e por último “view spectral slice”, resultando em uma imagem gráfica dos picos, devendo posicionar o cursor na ponta do primeiro pico (H1) obtendo -se os valores de intensidade (dB) do primeiro harmônico, em seguida foi verificado os valores do segundo pico (H2).

Para a avaliação perceptiva-auditiva, 48 amostras da vogal /a/ sustentada, nos momentos pré e pós exercício (M0 e M5) passaram por processo de normalização no controle “normalize” do programa Audacity (versão 2.3.1), a fim de obter uma padronização na saída de áudio entre -6 e 6dB para todos os sinais, de maneira que a intensidade do sinal de áudio não interferisse no julgamento do avaliador.

Para a avaliação perceptiva-auditiva, foi utilizada a Escala Analógica Visual (EAV) de 0 a 100 mm. Por meio desta avaliou-se os parâmetros de grau geral do

desvio vocal (GG) e os graus de rugosidade (GR), de soprosidade (GS) e de tensão (GT) na emissão da vogal sustentada /a/. O juiz foi orientado de que a marcação mais próxima do 0 representaria vozes mais aceitáveis socialmente, produzidas de forma mais natural, com menor esforço, ruído ou condição instável.¹¹ Diferentemente, marcações mais próximas do 100 representariam vozes menos aceitas socialmente e com maior percepção de esforço, ruído ou instabilidade.

Em seguida, as 48 amostras (M0 e M5) foram apresentadas de maneira aleatória ao juiz. Este especialista em voz, com experiência em avaliação vocal perceptiva auditiva. Para análise da confiabilidade intra sujeito, 10% da amostra foi repetida. No momento da avaliação perceptiva-auditiva, cada emissão da vogal /a/ sustentada foi apresentada por três vezes através de caixa de som, em intensidade confortável autorreferida pelo avaliador. Após cada apresentação, o juiz avaliou os graus GG, GR, GS e GT.

Resultados

Nas Tabelas 1 e 2 são exibidas a comparação das médias e o desvio-padrão entre os momentos M0 e M5 das medidas perceptivas auditivas e acústicas das três técnicas investigadas no GE (tabela 1) e no GC (tabela 2).

No exercício de vibração sonorizada de língua nos momentos M0 e M5, observa-se que houve uma redução de valor no M5 na medida de F2 da vogal /i/ ($p=0,0455$) (tabela 1). Quanto ao exercício de sobrearticulação, houve uma redução de valor no M5 na medida de GNE ($p=0,0142$).

Tabela 1. Comparação entre os momentos pré (M0) e pós 5 minutos (M5) para o grupo experimental

Medida	Vibração Sonorizada			Canudo de alta resistência			Sobrearticulação		
	Média ± DP		p-valor	Média ± DP		p-valor	Média ± DP		p-valor
	M0	M5		M0	M5		M0	M5	
EAVGG	60 ± 10,34	53,13 ± 7,7	0,0556	63,5 ± 7,43	61 ± 5,97	0,2944	61,33 ± 8,5	60,17 ± 7,42	0,8720
EAVGR	49,75 ± 9,6	48,25 ± 1,85	0,7269	56,8 ± 5,4	53,7 ± 5,46	0,0853	59,5 ± 10,11	53,33 ± 10,79	0,2915
EAVGS	57,5 ± 20,03	48,13 ± 14,54	0,1409	60,4 ± 15,27	61,9 ± 6,66	0,8224	55,83 ± 5,25	58,5 ± 9,12	0,7701
EAVGT	40,5 ± 18,45	36,25 ± 5,27	0,5735	27 ± 9,25	30,7 ± 17,04	0,4598	24,67 ± 16,13	26,5 ± 6,06	0,8587
Média f0	218,32 ± 24,05	198,46 ± 28,42	0,1917	195,36 ± 10,54	190,83 ± 7,58	0,3219	204,08 ± 24,89	217,77 ± 30,97	0,0604
DP F0	3,64 ± 2,37	2,07 ± 0,54	0,6250	2,31 ± 0,39	2,34 ± 0,59	0,9166	6,06 ± 5,68	5,25 ± 5,75	0,2500
Jitter	0,4 ± 0,38	0,14 ± 0,01	0,6250	0,31 ± 0,18	0,49 ± 0,54	0,5839	2,43 ± 3,35	0,92 ± 1,31	0,5000
Shimmer	4,96 ± 2,75	4,33 ± 2,9	0,6413	4,2 ± 1,18	3,78 ± 1,27	0,6092	13,9 ± 15,58	8,2 ± 6,65	0,3836
GNE	0,61 ± 0,28	0,72 ± 0,19	0,2553	0,53 ± 0,19	0,58 ± 0,18	0,6111	0,84 ± 0,12	0,62 ± 0,15	0,0142*
CPPS	13,22 ± 1,29	12,82 ± 1,06	0,0564	13,39 ± 1,78	13,96 ± 1,9	0,0564	12,47 ± 1,97	14,35 ± 2,48	0,1438
H1-H2(dB)	9,78 ± 7,33	9,55 ± 1,92	0,5203	6 ± 5,94	9,58 ± 5,35	0,5203	6,63 ± 4,91	4,77 ± 9,14	0,5203
F1 VG /a/	869,4 ± 141,6	817,0 ± 115,0	0,3814	856,1 ± 139,4	824,4 ± 109,7	0,9520	867,4 ± 115,5	844,8 ± 91,1	0,6245
F1 VG /i/	362,3 ± 52,8	370,3 ± 51,5	0,9653	367,4 ± 46,8	372,1 ± 51,6	0,6840	355,0 ± 49,5	362,3 ± 53,1	0,8999
F1 VG /u/	400,0 ± 81,2	418,2 ± 47,6	0,2294	407,7 ± 75,0	422,0 ± 47,4	0,6716	404,6 ± 61,0	416,3 ± 46,9	0,5481
F2 VG /a/	1405,1 ± 119,8	1411,9 ± 125,0	0,6101	1412,1 ± 117,6	1426,5 ± 113,0	0,5965	1423,8 ± 109,0	1438,4 ± 105,5	0,6634
F2 VG /i/	2528,7 ± 181,2	2487,9 ± 147,0	0,0455*	2524,5 ± 169,4	2509,8 ± 173,1	0,9263	2519,0 ± 169,2	2508,2 ± 181,9	0,4185
F2 VG /u/	704,0 ± 121,6	760,7 ± 90,7	1,0000	741,2 ± 181,7	768,5 ± 87,9	0,8844	732,2 ± 96,7	756,0 ± 95,5	0,2830

Legenda: EAV= escala analógico-visual; **GG**= grau geral; **GR**= grau rugosidade; **GS**= grau soproidade; **GT**= grau tensão; **DP**=Desvio Padrão; **f0**= frequência fundamental; **H1-H2**= diferenças de amplitude entre o primeiro e segundo harmônico; **F1**= primeiro formante; **F2**= segundo formante; **VG**= vogal. DP=Desvio Padrão

* Valores significativos (p<0,05) Teste T de Student pareado/Wilcoxon para dados pareados

Na análise comparativa dos momentos M0 e M5 do grupo controle (tabela 2), no exercício com canudo de alta resistência, observa-se que houve diferença na medida de F1 da vogal /u/ ($p= 0,0254$). Quanto ao exercício de sobrearticulação, foi observada aumento na média de f0 no momento M5 ($p=0,0470$).

Tabela 2. Comparação entre os momentos pré (M0) e pós 5 minutos (M5) para o grupo Controle

Medida	Vibração Sonorizada			Canudo de alta resistência			Sobrearticulação		
	Média ± DP		p-valor	Média ± DP		p-valor	Média ± DP		p-valor
	M0	M5		M0	M5		M0	m5	
EAVGG	41,13 ± 17,03	40,25 ± 10,91	0,8597	52,6 ± 9	48,1 ± 5,92	0,2521	48,83 ± 4,48	39,67 ± 8,08	0,1044
EAVGR	38,13 ± 15,29	31,13 ± 18,78	0,2471	47,3 ± 8,76	44,1 ± 4,34	0,3418	45,83 ± 7,52	34,5 ± 8,35	0,0561
EAVGS	32 ± 20,31	32,75 ± 21,12	0,8929	43,1 ± 19,86	34,1 ± 18,28	0,1730	38 ± 13,89	30,17 ± 10,61	0,2740
EAVGT	25,25 ± 17,73	31,38 ± 4,46	0,4874	35,2 ± 7,37	39 ± 12,33	0,5060	29 ± 5,57	39,17 ± 9,07	0,2385
Média f0	207,29 ± 21,79	215,6 ± 21,29	0,5908	205,12 ± 5,28	217,65 ± 13,23	0,1412	191,24 ± 21,29	212,24 ± 18,27	0,0470*
DP f0	1,66 ± 0,37	1,48 ± 0,21	0,4238	3,25 ± 1,63	2,08 ± 0,48	0,1492	2,58 ± 0,87	2,19 ± 0,91	0,5993
Jitter	0,17 ± 0,06	0,12 ± 0,02	0,2751	0,38 ± 0,49	0,29 ± 0,33	0,4164	0,27 ± 0,09	0,28 ± 0,26	0,9540
Shimmer	3,11 ± 0,54	3,19 ± 0,59	0,5974	3,57 ± 1,51	3,37 ± 1,8	0,8402	3,13 ± 0,61	2,98 ± 1,18	0,6991
GNE	0,84 ± 0,13	0,86 ± 0,09	0,6784	0,81 ± 0,21	0,85 ± 0,07	0,7400	0,82 ± 0,22	0,93 ± 0,03	0,7500
CPPS	12,9 ± 2,12	13,73 ± 2,42	0,0564	13,04 ± 1,86	13,86 ± 2,61	0,0564	13,89 ± 2,86	14,62 ± 1,54	0,1438
H1-H2(dB)	6,98 ± 5,48	6,75 ± 3,61	0,5203	3,48 ± 5,01	4,78 ± 2,41	0,5203	4,67 ± 1,67	4,27 ± 4,82	0,5203
F1 VG /a/	865,3±121,1	853,0±101,2	0,6098	873,8±130,7	844,2±112,0	0,0699	864,2±128,2	854,3±103,0	0,7310
F1 VG /i/	366,1±37,4	368,4±41,0	0,8512	365,4±46,0	369,8±48,6	0,8184	365,1±33,4	373,9±38,6	0,4295
F1 VG /u/	416,3±61,5	423,5±46,8	1,000	415,2±72,8	424,0±44,8	0,0254*	408,4±55,3	417,3±44,6	0,3542
F2 VG /a/	1438,5±113,7	1446,7±105,3	0,3459	1427,1±114,7	1429,0±111,0	0,5743	1435,1±119,2	1446,2±102,3	0,7490
F2 VG /i/	2529,7±164,8	2533,5±179,0	0,3173	2552,2±158,5	2545,1±166,8	0,3800	2529,1±160,7	2529,8±178,5	0,8881
F2 VG /u/	726,5±81,2	739,0±64,9	0,9875	700,2±168,7	748,9±84,3	0,5831	733,8±75,7	733,3±63,2	0,6319

Legenda: EAV= escala analógico-visual; GG= grau geral; GR= grau rugosidade; GS= grau soproidade; GT= grau tensão; DP=Desvio Padrão; f0= frequência fundamental; H1-H2= diferenças de amplitude entre o primeiro e segundo harmônico; F1= primeiro formante; F2= segundo formante; VG= vogal. *Valores significativos (p<0,05). Teste T de Student pareado/Wilcoxon para dados pareados

A fim de elucidar as modificações ocorridas no presente experimento, foi elaborado um quadro com as mudanças ocorridas em cada exercício nas comparações M0 e M5 no GE e GC.

Discussão

No presente estudo, ao comparar os resultados do exercício de vibração sonorizada de língua no momento M0 e M5 no GE, pode-se sugerir que mulheres com nódulos modificam ajustes de filtro, reduzindo os valores de F2 da vogal /i/ ($p=0,0455$) no momento M5 de exercício.

Sabe-se que a produção articulatória da vogal /i/ envolve o estabelecimento de ampla cavidade posterior e reduzida cavidade anterior devido à elevação e anteriorização da língua, necessária à articulação dessa vogal.^{33,34} O formante F2 está relacionado ao grau de variação do posicionamento da língua no sentido ântero-posterior^{35,36} e à cavidade de ressonância anterior à constrição de língua.^{37,38} Desse modo, vogais anteriores, como a vogal /i/ do português brasileiro apresentam o maior valor de F2. Isso implica dizer que quanto mais anterior for a constrição de uma vogal, maior será o valor de F2.²¹

Variações no posicionamento dos articuladores influenciam nas frequências dos formantes, de modo que o aumento do comprimento do trato vocal pode resultar em uma diminuição de todas as frequências dos formantes. Do mesmo modo, a diminuição do comprimento do trato vocal resulta em um aumento dos formantes.¹²

Indivíduos com distúrbio de voz geralmente apresentam valores dos formantes (F1, F2, F3) rebaixados em comparação a indivíduos sem lesão laríngea, podendo estar relacionados à gênese, manutenção ou coocorrência com distúrbio de voz. Estes indivíduos podem implementar ajustes supraglóticos na intenção de compensar condições glóticas disfuncionais.³⁹⁻⁴¹

Na presente pesquisa, no momento M0, as mulheres do GE estavam com a medida de F2 da vogal /i/ acima dos valores de referência.²⁹ Sabe-se que F2 é extremamente sensível ao posicionamento ântero-posterior da língua, no qual o movimento de anteriorização lingual que estreita a região do palato duro e aumenta a cavidade faríngea causa a elevação desse formante.^{35,37,42} Laver⁴³ cita um exemplo de constrição lingual, onde uma mulher adulta adota a voz de menininha, sendo esse comportamento descrito por uma postura de elevação e leve anteriorização lingual e, às vezes, elevação laríngea. Estes ajustes foram encontrados em mulheres com qualidade vocal metalizada.⁴²

Na busca de investigar características vocais associadas a ajustes de constrição faríngea e de articuladores, elevação da laringe e tensão adutora, uma pesquisa⁴⁴ analisou medidas de f0 e frequência dos formantes das emissões vocais de cantoras amadoras com qualidade vocal metálica e cantoras sem essa qualidade vocal. Foram analisadas emissão de vogal sustentada em tom habitual. Na comparação entre os grupos observou-se que as cantoras de qualidade vocal metálica apresentaram valores mais elevados de F2.

Desse modo, as características no posicionamento de língua que justifica os valores elevados de F2 se assemelham ao presente estudo no momento M0, no qual acredita-se que as mulheres do GE estavam com um ajuste de ponta de língua mais avançada, com maior constrição na região do palato duro aumentando o espaço faríngeo.^{42,44,45}

No presente estudo, após o exercício de vibração sonorizada de língua no GE, o exercício com foco na fonte, resultou em modificações no filtro com redução da média de F2 da vogal /i/, se aproximando dos valores de referência²⁹, podendo indicar o retorno de ajuste de língua mais retraída e elevada, havendo uma provável redução nesse ponto de constrição, sugerindo que o exercício promoveu equilíbrio no posicionamento e constrição da língua contra o palato, resultando num maior ajuste dos articuladores, com possível aumento da amplitude de movimento para produção da vogal /i/.⁴⁶

A redução dos valores de F2 foi encontrada em um estudo realizado com exercício de trato vocal semiocluido (canudo) durante 5 minutos de exercício. Além de RM, foram utilizadas medidas acústicas de fonte e filtro para análise das amostras, tais como: frequência fundamental, nível de pressão sonora (NPS), cinco menores formantes frequências (F1-F5) e SPL da faixa de agrupamentos de formantes (2,5–4,5 kHz). Os resultados revelaram que o exercício proporcionou mudanças a nível de filtro, com redução nos valores de F2 após execução de exercício, indicando aumento da área anterior da cavidade oral, com mudança na forma da língua além dos resultados de ressonância magnética mostrar aumento da área sagital mediana da cavidade bucal, faringe e região epilaríngea com posição mais ereta de epiglote, maior abertura dos lábios, maior elevação do véu, durante e após execução do exercício com canudo.¹⁰

Outras pesquisas^{47,48} investigaram a vibração sonorizada de língua em mulheres sem alteração laringea por meio de avaliação perceptivo-auditiva (tipo de voz, foco vertical de ressonância e qualidade de emissão) e acústica, utilizando medidas de fonte e filtro tais como frequência fundamental (f0), proporção ruído-harmônico (NHR), quociente de perturbação do pitch (PPQ) e quociente de perturbação da amplitude (APQ). Outros parâmetros, em filtros de banda larga e estreita foram avaliados tais como: intensidade dos formantes, intensidade das altas frequências, intensidade em todo o espectro vocal, definição dos formantes, regularidade do traçado e definição do harmônicos. Foram realizadas 3 séries de 15 repetições de exercício sendo observado que após a técnica houve modificações nas medidas de fonte e de filtro, com aumento de f0, melhora do foco vertical de ressonância, da qualidade vocal com melhora dos aspectos da avaliação espectrográfica (intensidade dos formantes e em todo espectro vocal, definição dos formantes, regularidade do traçado) e melhora da constrição medial do vestíbulo.⁴⁸

Outros parâmetros também foram utilizados⁴⁷ além de f0, proporção ruído-harmônico, traçado espectrográfico e avaliação perceptivo-auditiva, sendo analisado o comportamento do trato vocal através de videofluoroscopia flexível

durante e após 1 minuto e meio de execução de exercício. Os resultados obtidos após execução da técnica foram modificações a nível de filtro com aumento dos harmônicos e melhora significativa do traçado espectrográfico.

No presente estudo, para o exercício de vibração sonorizada de língua, não houve modificações significativas nas medidas de fonte e na avaliação perceptiva-auditiva em ambos os grupos. Por sua vez, observa-se que esse exercício propiciou possíveis modificações em nível de filtro, no posicionamento dos articuladores no GE.

No que se refere ao exercício com canudo de alta resistência do presente experimento, com base nos momentos M0 e M5 para o GC, observa-se elevação de F1 da vogal /u/, podendo inferir que para o referido exercício, mulheres sem lesão laríngea elevam o valor de F1 para a vogal /u/.

De modo geral, a vogal /u/ apresenta posição de língua alta e posterior. Sabe-se que o exercício com canudo de alta resistência é realizado com lábios semiocluídos, podendo provocar modificação na posição da língua em direção da vogal /u/, uma vez que essa modificação pode ser caracterizada por elevação de corpo da língua.^{10,33}

Além disso, a postura de semioclusão dos lábios gera um aumento na impedância do trato vocal, resultando em aumento da pressão aérea na região supraglótica, elevando então a pressão em nível glótico. Tal efeito afasta as pregas vocais reduzindo o impacto no contato e equilibrando as pressões em nível de fonte e filtro.⁷ Sabe-se que além do componente de resistência, a impedância também é composta por reatância, que é uma forma de armazenamento de energia no sistema. A reatância pode ser positiva tornando a fonação da voz mais fácil ou negativa se a pressão supraglótica for igualada a pressão subglótica cessando a fonação.⁴⁹

A configuração amplo-estreita do trato vocal é encontrada durante a execução de exercício com canudo de alta resistência, com estreitamento velofaríngeo e ampliação de áreas transversais das cavidades oral e orofaríngea que geralmente resulta em redução do primeiro formante (F1).

No presente estudo, as mulheres do GC aumentaram o valor de F1, mas vale salientar que o valor de F1 estava abaixo dos valores de referência e que no 5 minuto de exercício com canudo de alta resistência, esses valores elevamos, se aproximando dos valores de referência.

Outros estudos que investigaram efeito imediato do uso dos tubos de vidro e canudo plástico observaram o abaixamento do primeiro formante em consequência do aumento no comprimento do trato vocal decorrente do abaixamento da laringe como resultado após realização da técnica.^{50,51}

Os resultados desse estudos não corroboraram com os estudos supracitados, visto que a mudança encontrada após o exercício com canudo de alta resistência se refere a um aumento F1 da vogal /u/.

No presente estudo, no momento M0 as mulheres saudáveis já apresentaram valores mais reduzidos na média de F1 da vogal /u/, sugerindo ajuste de mandíbula fechada e diminuição no movimento vertical da língua. No 5º minuto esses valores elevaram sugerindo maior abaixamento de mandíbula e abaixamento anterior da língua.

É provável que o maior abaixamento de mandíbula após a execução do exercício com canudo de alta resistência tenha sido provocado pelo aumento da impedância na cavidade oral e por um provável relaxamento dos músculos elevadores da mandíbula e cervicais promovidos pela expansão da cavidade oral e vibração de tecidos faciais.^{12,49}

Tal achado corrobora com estudo⁵² que investigou o efeito imediato em tubo de vidro e encontrou aumento de quase 40% na abertura de boca para a vogal /a/. Os autores correlacionam esse achado a um aumento da pressão sonora, que seria consequência da maior inertividade do trato vocal. Outro estudo¹⁰ também revelou aumento da abertura de boca após realização de exercício com tubo de ressonância. Diferentemente desse achado, houve um estudo⁵³ que não encontrou diferença significativa para tal medida.

Quanto ao movimento vertical da língua, sabe-se que a elevação da língua tem uma relação direta com o aumento da cavidade posterior.

Consequentemente, vogais altas tendem a apresentar cavidade faríngea ampla,³⁸ como foi encontrado no presente estudo na vogal /u/ no momento M0. Além do aumento no abaixamento da mandíbula, é provável que a modificação encontrada no movimento da língua tenha sido provocado pelo abaixamento anterior da língua que o exercício com canudo de alta resistência proporciona, como também também esteja associado a produção da vogal /u/ o que possivelmente tenha gerado um maior equilíbrio no posicionamento dos articuladores tendo em vista que antes do exercício seus valores encontravam-se rebaixados.²¹

Dando prosseguimento, no que se refere ao exercício de sobrearticulação do presente experimento, com base nos momentos M0 e M5 para o GE, observa-se redução da medida GNE e para o GC observa-se aumento da média de f0.

A técnica de sobrearticulação é utilizada como abordagem de treinamento vocal inserida na categoria do método de fala que visa promover uma melhoria global na emissão, baseada na modificação da produção da fala para facilitar a produção vocal.²⁷ A execução dessa técnica possui foco primário voltado a nível de filtro visando uma precisão articulatória através da movimentação e posicionamento dos articuladores de modo exagerado.

Os resultados encontrados no presente estudo após execução da técnica de sobrearticulação gerou modificações nas medidas de fonte glótica nas mulheres com nódulos e mulheres sem lesão laríngea.

Tais achados mostram que a ação do exercício utiliza o trabalho muscular das estruturas supraglóticas para gerar impacto na fonte. Existe uma estimativa de predominância alternada da ação do músculo cricotireoidiano (CT) e do músculo tireoaritenóideo (TA) sugerindo possível alongamento e o encurtamento das pregas vocais durante combinação de abertura exagerada de boca e produção vocálica. Essa abordagem promove ajustes de massa de tamanho mais naturais e uma aproximação mais otimizada das pregas

vocais⁵⁴, o que possivelmente ocasionou modificações nas medidas de fonte glótica no GE e GC.

Desse modo, é possível sugerir que o exercício de sobrearticulação propiciou modificações positivas nas mulheres com nódulos, mantendo os valores de GNE dentro da normalidade, sugerindo que o exercício possivelmente manteve as pregas vocais aproximadas, na qual obteve-se mais energia sonora e menos ruído.

Existem outros estudos^{25,54,55} que referem resultados positivos quanto a técnica de sobrearticulação, no entanto enfatizam a tal técnica associada a outros exercícios. Da mesma maneira do presente estudo, uma pesquisa⁵⁶ analisou o efeito da técnica de sobrearticulação de modo isolado na performance vocal de 12 repórteres de televisão, utilizando análise perceptivo auditiva e acústica (*jitter*, *shimmer*, NHR, ruído glótico e média de f0). Os resultados revelaram melhora significativa para as medidas de *jitter*, *shimmer*, ruído glótico, e análise perceptiva auditiva.

Em outro estudo⁵⁵ associaram a combinação de três técnicas (vibração, som nasal e sobrearticulação) investigando o seu efeito imediato na voz e na laringe de mulheres sem queixas vocais. Foram submetidas à análise perceptivo auditiva (EAV), análise acústica e laringoestroboscopia pré e pós a realização das técnicas. A análise perceptivo auditiva revelou melhora significativa dos parâmetros impressão global da voz, rouquidão, estabilidade na vogal /ε/ e articulação na fala espontânea. A análise acústica revelou melhora significativa do *jitter* e *shimmer*. A laringoestroboscopia evidenciou significativa melhora no fechamento glótico e melhora na movimentação muco ondulatória das pregas vocais.

No que se refere ao exercício de sobrearticulação para o GC, houve aumento da média de f0, o que pode ser justificado, pelo fato do exercício de sobrearticulação trabalhar com a fala a partir de leitura de texto, o que pode favorecer possível modulação da frequência durante execução do exercício,

visto que a realização de uma leitura, geralmente, envolve aspectos de expressão vocal.⁴⁴

O exercício de sobrearticulação é bastante utilizado por profissionais da voz com o objetivo de se obter uma voz com maior volume e projeção, resultando em uma melhor percepção auditiva da qualidade vocal. Diante disso, alguns estudos^{54,57} utilizaram a técnica de sobrearticulação em programa de aquecimento vocal e semelhantemente ao presente estudo, os resultados mostraram efeitos positivos na qualidade vocal com aumento da frequência fundamental.

De modo geral, exercícios vocais são utilizados na terapia de voz visando promover melhor desempenho vocal nas situações de comunicação e expressão oral do indivíduo. Uma variedade de técnicas apresentam princípios fisiológicos de ação envolvendo efeitos na fonte^{18,23,58} como também a nível de filtro^{10,25,52} resultando em melhor padrão vocal visando desenvolver maior equilíbrio das condições anatômicas e fisiológicas do falante.

Compreender os possíveis efeitos imediatos provocados por um exercício e monitorar essas mudanças por múltiplas medidas é importante para investigar os possíveis ajustes musculares realizados nessas regiões.⁵⁹

Os resultados obtidos no presente estudo mostraram que os princípios fisiológicos do exercício com ação na fonte glótica, como é o caso da vibração sonorizada de língua, apresentou modificações nas medidas que avaliam filtro em mulheres com nódulos vocais, assim como, os exercícios com foco no posicionamento dos articuladores (sobrearticulação), modificaram medidas de fonte glótica em ambos os grupos.

Desse modo o único exercício que correspondeu a hipótese da presente pesquisa foi o exercício com canudo de alta resistência, que apresentou modificações em nível de filtro no GC, reforçando assim a importância de uma avaliação multidimensional da voz com monitoramento por diferentes medidas que investiguem aspectos de fonte glótica e de filtro.

Mulheres com nódulos vocais apresentaram redução no F2 da vogal /i/ no 5º minuto de exercício de vibração sonorizada de língua, sugerindo uma ampliação da cavidade anterior oral e possível equilíbrio no posicionamento dos articuladores. No 5º minuto de exercício de sobrearticulação apresentam redução os valores de GNE mantendo as pregas vocais aproximadas com maior energia sonora e menor ruído na emissão. Já mulheres sem lesão laríngea apresentaram aumento no valores de F1 da vogal /u/, sugerindo maior abaixamento de mandíbula, abaixamento anterior da língua no 5º minuto de exercício com canudo de alta resistência. No 5º minuto de exercício de sobrearticulação, apresentaram possíveis modificações na vibração e alongamento das pregas vocais, com aumento de f0.

Conclusão

Mulheres com nódulos vocais apresentam modificações de filtro após 5 minutos de realização de exercício de vibração sonorizada de língua, sugerindo uma ampliação da cavidade anterior oral com maior equilíbrio no posicionamento dos articuladores, como também modificaram fonte após 5 minutos de realização de exercício de sobrearticulação, mantendo as pregas vocais aproximadas resultando em mais energia e menos ruído na emissão.

Mulheres sem lesão laríngea apresentam mudanças de filtro após 5 minutos de realização de exercício com canudo de alta resistência, sugerindo maior abaixamento de mandíbula e abaixamento anterior da língua e apresentam modificações de fonte após 5 minutos de realização de exercício de sobrearticulação, sugerindo modificações na vibração e alongamento das pregas vocais.

Referências

1. Marçal CC, Peres MA. Self-reported voice problems among teachers: prevalence and associated factors. *Rev Saude Publica*. 2011; 45(3):503-11.
2. Camargo Z, Madureira S. Voice quality analysis from a phonetic perspective: Voice Profile Analysis Scheme Profile for Brazilian Portuguese (BPVPAS). In: *Speech Prosody*, 4, 2008, Campinas. Fourth Conference on Speech Prosody - Abstract Book and CD-Rom Proceedings, v. 1. p. 57–60.2008.
3. Gonçalves MIR, Pontes PAL, Vieira VP, Pontes AAL, Curcio D, Biase NG. Função de transferência das vogais orais do Português brasileiro: análise acústica comparativa. *Braz Journal Otorhinolaryngol*. 2009; 75(5):680-4.
4. Lopes LW, Freitas JA, Almeida AA, Silva POC, Alves GÂDS. Performance of the phonatory deviation diagram in the evaluation of rough and breathy synthesized voices. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2017; pii: S1808-8694 (17): 30104-0.
5. Dargin TC, Searl J. Semi-Occluded Vocal Tract Exercises: Aerodynamic and Electroglottographic Measurements in Singers. *Journal of Voice*. 2015. 29(2): 155 - 164.
6. Martens JWAF, Versnel H, Dejonckere PH. The effect of visibre speech in the perceptual rating of pathological voices. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2007;133(1):178-5.
7. Cielo CA, Christmann MK. Finger kazoo: modificações vocais acústicas espectrográficas e autoavaliação vocal. *Rev CEFAC*. 2014;16(4):1239-54.
8. Cordeiro GF, Montagnoli AN, Nemr NK, Menezes MHM, Tsuji Dh. Comparative analysis of the closed quotient for lip and tongue trills in relation to the sustained vowel /ε/. *J Voice*. 2012; 26(1), e17-e22.
9. Roy N, Nissen SI, Dromey C, Sapir S. Articulatory changes in muscle tension dysphonia: evidence of vowel space expansion following manual circumlaryngeal therapy. *J Commun Disord*. 2009; 42(2):124-35.
10. Laukkanen AM, Horáček J, Krupa P, Svec JG. The effect of phonation in to a straw on the vocal tract adjustments and formant frequencies. A preliminary MRI study on a single subject completed with acoustic results. *Biomedical Signal Processing and Control*. 2012; 7(1):50-57.

11. Yamasaki R, Murano EZ, Gebrim E, Hachiya A, Montagnoli A, Behlau M, Tsuji D. Vocal Tract Adjustments of Dysphonic and non-Dysphonic Women Pre- and Post-Flexible Resonance Tube in Water Exercise: A Quantitative MRI Study. *Journal of Voice*. 2016; 31(4): 442-454.
12. Titze I. Voice training and therapy with a semioccluded vocal tract: rational and scientific underpinnings. *JSLHR*. 2006;49(2)448-59.
13. Laukkanen AM, Titze IR, Hoffman H, Finnegan E. Effects of a semioccluded vocal tract on laryngeal muscle activity and glottal adduction in a single female subject. *Folia Phoniatr Logop*. 2008; 60:298–311.
14. Guzman M, Acuña G, Pacheco F, Peralta F, Romero C, Vergara C, Quezada C. The impact of double source of vibration semioccluded voice exercises on objective and subjective outcomes in subjects with voice complaints. *J Voice*, 2017; 32 (6): 770.e1-770.e9.
15. Paes SM, Behlau M. Dosage dependent effect of high-resistance straw exercise in dysphonic and non-dysphonic women. *CoDAS* 2017; 29(1):e20160048.
16. Stemple JC, Lee L, D'Amico B, Pickup B. Efficacy of vocal function exercises as a method of improving voice production. *J Voice*. 1994;8(3):271-8.
17. Guberfain J, Muller MM, Sarvat M. The perceptual, acoustics and laryngological analysis of tip of tongue sound vibration technique and it's consequences in actors. In: World Voice Consortium. 2nd. World Voice Congress and 5th International Symposium of Phonosurgery Scientific program. São Paulo; 1999.
18. Azevedo LL, Passaglio KT, Rosseti MB, Silva CB, Oliveira BFV, Costa RC. Avaliação da performance vocal antes e após a vibração sonorizada de língua. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2010;15(3):343-8.
19. Dargin TC, Searl J. Semi-Occluded Vocal Tract Exercises: Aerodynamic and Electroglottographic Measurements in Singers. *Journal of Voice*, March 2015. 29(2): 155–164.
20. França FP. Configuração acústico-articulatória das vogais orais do português brasileiro pré e pós-exercício vocal. [Dissertação]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba –UFPB, 2018.
21. Barbosa P, Madureira, S. Manual de fonética acústica experimental: aplicações a dados do português. São Paulo: Cortez, 2015.
22. Verhoeven J, Hide O, Maeyer S, Gillis S. Hearing impairment and vowel production. A comparison between normally hearing, hearing-aided and cochlear implanted Dutch children. *J CommunDisord*. 2016.

23. Pimenta RA, Dájer ME, Hachiya A, Tsuji DH, Montagnoli NA. Parâmetros acústicos e quimografia de alta velocidade identificam efeitos imediatos dos exercícios de vibração sonorizada e som basal. *CoDAS* 2013;25(6):577-83.
24. Maxfield L, Palaparthi A, Titze I. New Evidence That Nonlinear Source-Filter Coupling Affects Harmonic Intensity and foStability During Instances of Harmonics Crossing Formants. *Journal of Voice*, 2016.
25. Myers, B. R., & Finnegan, E. M. (2015). The Effects of Articulation on the Perceived Loudness of the Projected Voice. *Journal of Voice*, 2015; 29(3), 390.e9-.
26. Vorperian HK, Kurtzweil SL, Fourakis M, Kent RD, Tillman KK Austin D. Effect of body position on vocal tract acoustics: Acoustic pharyngometry and vowel formants. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2015;138(2):833–845.
27. Behlau M. Técnicas vocais. In: Ferreira LP, Lopes DM, Limongi SC. *Tratado de fonoaudiologia*. São Paulo: Roca; 2005.p. 42-58.
28. Behlau M. *Voz: o livro do especialista*. Vol 1. São Paulo: Revinter; 2001.
29. Monteiro MC. Uma análise computadorizada espectrográfica dos formantes das vogais orais do português brasileiro falado em São Paulo. São Paulo, 1995 (Monografia de Especialização - Universidade Federal de São Paulo).
30. Baken RJ, Orlikoff RF. *Voice Clinical Measurement*. San Diego, CA: Singular Publishing Group; 2000.
31. Lopes LW, Cavalcante DP, Costa PO. Severity of voice disorders: integration of perceptual and acoustic data in dysphonic patients. *CoDAS*. 2014;26(5):382-8.
32. Maryn Y, Weenink D. Objective dysphonia measures in the program Praat: smoothed cepstral peak prominence and acoustic voice quality index. *J Voice*. 2015; 29: 35-43.
33. Pinho SMR, Camargo Z. Introdução à análise acústica da voz e da fala. In: Pinho SMR.(org.) *Tópicos em voz*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2001. p. 19-44
34. Valença E, Salvatori R, Souza A H, Oliveira-Neto L A, Oliveira A H, Gonçalves M I, Oliveira C R, D'ávila J S, Melo V A, Carvalho S, Barreto V M, Melo E V, Aguiar-Oliveira M H. Voice Formants in Individuals With Congenital, Isolated, Lifetime Growth Hormone Deficiency. *J Voz*. 2016;30 (3): 281-6.
35. Stevens KN, House AS. An acoustical theory of vowel production and some of its implications. *J Speech Hear Res*. 1961;4:303-20.

36. Lindblom EF, Sundberg JEF. Acoustical consequences of lip, tongue, jaw, and larynx movement. *J Acoust Soc Am* 1971;50:1166-79.
37. Fant G. Acoustic theory of speech production. 2^a ed. Paris: Mouton; 1970.
38. Camargo ZA. Análise da qualidade vocal de um grupo de indivíduos disfônicos: uma abordagem interpretativa e integrada de dados de natureza acústica, perceptiva e eletroglotográfica [tese]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo-PUC; 2002.
39. Magri A, Stamado T, Camargo ZA. Influência da largura de banda de formantes na qualidade vocal. *Rev CEFAC*. 2009;11(2):296-304.
40. Muhammad G, Mesallam TA, Malki KH, Farahat M, Alsulaiman M, Bukhari M. Formant analysis in dysphonic patients and automatic Arabic digit speech recognition. *Biomed Eng Online*. 2011;10:41.
41. Lopes LW et al. Acurácia das medidas acústicas tradicionais e formânticas na avaliação da qualidade vocal. *Codas*. 2018;30(5) e20170282.
42. Hanayama EM, Tsuji DH, Pinho SMR. Voz Metálica: Estudo das Características Fisiológicas e Acústicas. *Revista CEFAC*. 2004;6(4):436-45.
43. Laver J. The phonetic description of voice quality. Cambridge: Cambridge University Press; 1980.
44. Fadel CBX, Dassie-Leite AP, Santos RS, Rosa M O, Marques JM. Características acústicas da qualidade vocal metálica. *CoDAS*, 2015. 27 (1), 97–100.
45. Camargo ZA. Análise da qualidade vocal de um grupo de indivíduos disfônicos: uma abordagem interpretativa e integrada de dados de natureza acústica, perceptiva e eletroglotográfica [tese]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo-PUC; 2002.
46. Vasconcelos D, Gomes AOC, Araújo CMT. Técnica de vibração sonorizada de lábios e língua: revisão de literature. *Distúrbios Comun*. 2016; 28(3): 581-593.
47. Bueno TC. Técnica de vibração de língua: aspectos do aprendizado, dos efeitos acústicos e das imagens do trato vocal e da face. [Dissertação]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC; 2006.
48. Schwarz K, Cielo CA. Modificações laríngeas e vocais produzidas pela técnica de vibração sonorizada de língua. *Pró-Fono*. 2009;21(2):161-6.
49. Nalesso KS. Efeito terapêutico do uso exclusivo do tubo de ressonância flexível na região glótica e no trato vocal supraglótico. Dissertação de

50. Bele IV. Artificially lengthened and constricted vocal tract in vocal training methods. *Logoped Phoniatr Vocol*. 2005; 30(1): 34-40.
51. Titze, I. R., & Laukkanen, A.-M. (2007). Can vocal economy in phonation be increased with an artificially lengthened vocal tract? A computer modeling study. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 32(4), 147–156.
52. Vampola T, Laukkanen AM, Horáček J, Svec JG. Vocal tract changes after tubephonation. *J Acoust Soc Am*. 2011; 129(1):310-5.
53. Guzman M, Laukkanen AM, Krupa P, Horáček J, Švec JG, Geneid A. vocal tract and glottal function during and after vocal exercising with resonance tube and straw. *Journal of Voice*, 27(4), 2013; 523.e19–523.e34.
54. Van Lierde KMV, D`Haeseleer E, Baudonck N, Claeys S, Bodt MD, Behlau M. The impact of vocal warm-up exercises on the objective vocal quality in female students training to be speech language pathologists. *J Voice*. 2011;25(3)115-21.
55. Pereira EC, Silvério KCA, Marques JM, Camargo PAM. Efeito imediato de técnicas vocais em mulheres sem queixa vocal. *Revista CEFAC*. 2011; p.886(9).
56. Brandalise JD, Gonçalves MIR. Análises perceptivo-auditiva e acústica computadorizada pré e pós técnica de sobrearticulação em repórteres de televisão. *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia*, 2005.
57. Luchesi KF, Mourao LF, Kitamura S. Efetividade de um programa de aprimoramento vocal para professores. *Rev. CEFAC*. 2012;14(3):459-7.
58. Silva MFBL, Madureira S, Rusilo LC, Camargo Z. Avaliação perceptiva da qualidade vocal. *Rev. CEFAC*. 2017;19(6): 831-841.
59. Gama ACC, Behlau M. Estudo da constância de medidas acústicas em mulheres sem queixa de voz e em mulheres com disfonia. *Rev. Soc. Bras. Fonoaudiol*. 2009; 14(1):8-14

4.3 Artigo 3

EFEITO IMEDIATO DOS EXERCÍCIOS VOCAIS SOBRE AS MEDIDAS PERCEPTIVAS E DE FONTE E FILTRO

Immediate effect of vocal exercises on perceptive and source and filter measures

Resumo

Objetivo: Verificar se existem diferenças entre as medidas perceptivas e acústicas de fonte e filtro em função do tempo de execução dos exercícios minuto a minuto em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea. **Metodologia:** Foram selecionadas amostras vocais de 12 mulheres com nódulos vocais, alocadas em grupo experimental (GE) e 12 sem lesão laríngea, alocadas no grupo controle (GC). Foram submetidas à gravação da vogal /a/ sustentada e das frases-veículo “Digo papa baixinho”, “Digo pipa baixinho” e “Digo pupa baixinho”, antes da realização dos exercícios e a cada minuto, totalizando 5 minutos de execução e 6 gravações. Os grupos foram organizados assim: 8 mulheres realizaram o exercício de vibração de língua (4 GE e 4 GC); 10 - o exercício com canudo de alta resistência no ar (5 GE e 5GC); e 6 - o exercício de sobrearticulação (3 GE e 3 GC). As medidas acústicas utilizadas para avaliar fonte glótica foram: média da frequência fundamental (f_0), desvio padrão de f_0 (DP f_0), *jitter*, *shimmer*, *glottal-to-noise excitation* (GNE) e *cepstral peak prominence Smoothed* (CPPS) e medidas de filtro: medidas espectrais das diferenças dos harmônicos H1-H2 (dB) com extração da vogal /a/ sustentada e primeiro (F1) e segundo formante (F2) das vogais /a/ /i/ e /u/. Para análise perceptiva utilizou-se a escala analógico-visual. **Resultados:** O GE apresentou redução no valor de F2 no 5º minuto de exercício de vibração de língua e reduziu GNE no 5º minuto de exercício de sobrearticulação. O GC aumentou no 5º minuto de exercício com canudo e elevou F0 no 5º minuto de exercício de sobrearticulação. Analisando minuto a minuto, o GE apresentou aumento no valor do GNE no 4º minuto de exercício com canudo e GC apresentou aumento nos valores de F1 no 3º minuto de execução com canudo. **Conclusão:** Mulheres com nódulos apresentam modificações de fonte com melhor efeito no 4º minuto de exercício com canudo, e de filtro no 5º minuto de exercício de vibração. Mulheres sem lesão laríngea apresentam modificações de filtro no 3º minuto e de fonte no 5º minuto de exercício de sobrearticulação.

Palavras-chave: Voz, Disfonia, Acústica da fala, Exercícios vocais, interação fonte-filtro.

Abstract

Objective: To verify if there are differences between the perceptual and acoustic measures of source and filter depending on the time of execution of the minute-by-minute exercises in women with vocal nodules and women without laryngeal injury.

Methodology: Vocal samples were selected from 12 women with vocal nodules, allocated in an experimental group (EG) and 12 without laryngeal lesions, allocated in the control group (CG). They were submitted to the recording of the sustained vowel / a / and the vehicle phrases “I say low papa”, “I say low kite” and “I say low pupa”, before performing the exercises and every minute, totaling 5 minutes of execution and 6 minutes recordings. The groups were organized as follows: 8 women performed the tongue vibration exercise (4 EG and 4 CG); 10 - exercise with a high-resistance straw in the air (5 EG and 5CG); and 6 - the over-articulation exercise (3 EG and 3 CG). The acoustic measures used to assess glottic source were: mean fundamental frequency (f0), standard deviation of f0 (DP f0), *jitter*, *shimmer*, *glottal-to-noise excitation* (GNE) and *cepstral peak prominence Smoothed* (CPPS) and measures filter: spectral measurements of differences in H1-H2 harmonics (dB) with extraction of the vowel / a / sustained and first (F1) and second formant (F2) of the vowels / a / / i / and / u /. For perceptual analysis, the analog-visual scale 7-10 was used. **Results:** The SG showed a reduction in the value of F2 in the 5th minute of tongue vibration exercise and reduced GNE in the 5th minute of over-articulation exercise. The CG increased in the 5th minute of exercise with a straw and increased F0 in the 5th minute of over-articulation exercise. Analyzing minute by minute, the EG showed an increase in the GNE value in the 4th minute of exercise with a straw and CG showed an increase in the F1 values in the 3rd minute of execution with a straw. **Conclusion:** Women with nodules present changes in the source with the best effect in the 4th minute of exercise with a straw, and the filter in the 5th minute of vibration exercise. Women without laryngeal lesions present changes in the filter in the 3rd minute and in the source in the 5th minute of over-articulation exercise.

Key words: Voice, Dysphonia, Speech acoustics, Vocal exercises, source-filter interaction.

Introdução

O avanço na utilização de métodos que analisem o sinal de voz modificou de maneira significativa o cenário de atuação na área dos estudos da voz. A implementação de recursos instrumentais, em especial a análise acústica combinada de medidas relacionadas à fonte glótica e ao filtro contribuem para ampliar a compreensão dos ajustes implícitos à geração do sinal de voz, sendo útil enquanto medidas de resultado no tratamento e monitoramento ao longo da terapia vocal, refletindo assim uma perspectiva promissora na área de pesquisa da tecnologia da fala, de modo não invasivo, influenciando positivamente na abordagem terapêutica.^{1,2}

Reconhecidamente, os exercícios vocais são capazes de modificar o mecanismo de fechamento e vibração glótica,^{3,4} assim como o posicionamento e movimentação das estruturas do trato vocal.^{5,6}

No entanto, o desafio é compreender o tempo de execução necessário para que o exercício produza mudanças na fonte glótica e no trato vocal em indivíduos com distúrbios de voz⁷. A relevância disso está no fato de que a sub ou sobredosagem do exercício pode dificultar a obtenção dos resultados esperados, gerar desconforto no falante ou intensificar o desvio vocal existente.⁸

É possível dizer que o tempo de execução de um exercício vocal também pode influenciar no aparecimento de possíveis lesões laríngeas, devendo o fonoaudiólogo ter cautela quanto a prescrição do tempo de exercício que o indivíduo pode realizar e assim obter sucesso em seu tratamento.⁹

Embora haja uma descrição do efeito de inúmeros exercícios vocais na fonte glótica e no trato vocal, ainda há limitações acerca de como as modificações de fonte e filtro interagem no domínio do tempo, ao longo da execução de um exercício vocal.⁷

Ainda são poucas as informações a respeito da dosagem dos exercícios vocais assim como o efeito da dosagem sobre fonte e filtro. Nesse contexto, considerando a necessidade de compreensão que a interação dos ajustes glóticos e

supraglóticos em mulheres com nódulos podem elucidar ao longo do tempo, será que o tipo de exercício e o tempo de execução influenciam na modificação e relação das medidas acústicas de fonte e filtro em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea?

Espera-se que mulheres com nódulos vocais apresentem modificações nas medidas de fonte glótica mais precocemente e nas medidas relacionadas à supraglote mais tardiamente em relação às mulheres sem lesão laríngea durante à execução dos exercícios.

Tal hipótese se respalda no fato do exercício vocal auxiliar na reabsorção das lesões benignas das pregas vocais, reestruturando o padrão alterado, resultando numa produção mais equilibrada e com possível redução do quadro hipercinético, apresentando resultados positivos ao nível de fonte.

Consequentemente com a melhoria do padrão vibratório das pregas vocais, a energia de ruído é transformada em energia de som e irradiada para o trato vocal, favorecendo o aumento da intensidade, da eficiência e da economia da voz, gerando assim efeito positivo ao nível de filtro.¹⁰

Desse modo, o presente estudo tem o objetivo de verificar se existem diferenças entre as medidas perceptivas e acústicas e fonte e filtro em função do tempo de execução dos exercícios minuto a minuto em mulheres com nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea.

Métodos

Desenho do estudo

Este estudo é caracterizado como retrospectivo, documental e experimental, sendo avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição de origem, com o parecer número 2.158.960.

Amostra

A presente pesquisa foi realizada a partir de um banco de dados desenvolvido no Laboratório de Voz de uma Instituição de Ensino Superior, no qual para composição do grupo experimental (GE) participaram mulheres atendidas no referido laboratório, conforme os seguintes critérios de elegibilidade:

- Apresentar laudo otorrinolaringológico de nódulos vocais;
- Ser do sexo feminino, com idade entre 18 e 65 anos;
- Não apresentar infecções de vias aéreas superiores durante processo de gravação;
- Não apresentar frênulo lingual encurtado, disfunção temporomandibular, assim como alterações estruturais (orofaciais) e funcionais dos articuladores;
- Não possuir alterações cognitivas ou neurológicas que prejudiquem a realização dos procedimentos de coleta
- Não ter realizado terapia fonoaudiológica anteriormente.

Para constituição do grupo controle (GC) foram selecionadas mulheres que se enquadrassem nos mesmos critérios de elegibilidade supracitados, com uma diferença: não apresentar queixa vocal, assim como apresentar exame laríngeo com ausência de evidência de qualquer tipo de alteração anatômica e/ou funcional.

Dessa maneira, O GC foi pareado com o GE em conformidade com os parâmetros de faixa etária, com variação da idade de cinco para mais ou para menos, seguindo uma proporção de um controle para cada caso (1:1).

O banco de dados foi constituído por 24 mulheres, sendo 12 mulheres no GE, com média de idade e desvio padrão de 36, 47 anos $\pm$ 12,22, e 12 mulheres no GC, média de idade e desvio padrão de 33, 86 anos $\pm$ 11,59. As mulheres do GE foram abordadas durante triagem fonoaudiológica do referido laboratório.

Todas as mulheres que realizaram avaliação no Laboratório e apresentavam diagnóstico de nódulos vocais foram abordadas sobre a possibilidade de participação na pesquisa, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

As mulheres do GC foram abordadas diretamente entre as alunas e funcionárias do curso citado anteriormente. Elas receberam instrução quanto aos objetivos da pesquisa, assinaram o TCLE e foram encaminhadas para realização de exame visual laríngeo em serviço público de referência na região, apresentando o laudo por escrito posteriormente. Aquelas que apresentaram laudo de “laringe normal” submeteram-se à gravação das tarefas de fala.

Procedimento da coleta das amostras

Por tratar-se de uma pesquisa de metodologia mista, documental e experimental, parte dos dados foram obtidos em pesquisa anterior,¹¹ de modo que todo o procedimento de coleta, assim como os dados relacionados as medidas formânticas foram obtidos em pesquisa anterior realizada no mesmo laboratório. Para a presente pesquisa, além desses dados utilizados, foram extraídas as medidas de perturbação e ruído, Espectrais, Cepstrais, assim como avaliação perceptiva auditiva.

Para compor o GE, as participantes passaram por preenchimento de ficha com dados pessoais tais como nome, data de nascimento, idade e profissão. Na sequência, foi realizada uma breve avaliação das estruturas do sistema estomatognático, observando a morfologia e mobilidade de lábios, língua, bochechas e palato mole; tonicidade de lábios, língua e bochechas, e questões relacionadas à articulação temporomandibular assim como presença ou ausência de infecções de vias aéreas superiores (segundo o auto relato).

Essa avaliação foi realizada com o objetivo de descartar presença de desordem temporomandibular, alteração no frênulo lingual, ou qualquer alteração

estrutural e funcional, em função da interferência dessas alterações sobre os ajustes articulatórios.¹⁹

Posteriormente, foi realizada gravação das vozes. Para isso, foi utilizado o software Fonoview, versão 4.5, da CTS Informática, desktop *Dellall-in-one*, microfone cardioide unidirecional, da marca *Senheiser*, modelo E-835, localizado em um pedestal e acoplado a um pré-amplificador *Behringer*, modelo U-Phoria UMC 204. A coleta das vozes ocorreu em cabine de gravação, no Laboratório de voz da Instituição de origem, com tratamento acústico e ruído inferior a 50 dB NPS, com taxa de amostragem de 44000 Hz, com 16 bits por amostra e distância de 10 cm entre o microfone e a boca do falante.

Para coleta das vozes, as mulheres ficaram em pé, com pedestal a sua frente, de acordo com a distância recomendada entre a boca e o microfone, conforme supracitado. Elas foram orientadas a respirar levemente, obtendo ar suficiente para que a produção do som não acontecesse de maneira forçada.

As mulheres receberam instrução para gravação de três vogais /a/, /i/ e /u/ de maneira sustentada, por no mínimo, 5 segundos e leitura de três frases veículo (“Digo papa baixinho”, “Digo pipa baixinho” e “Digo pupa baixinho”), separadamente, contendo os segmentos vocálicos /a/, /i/ e /u/. Cada voluntária gravou cada frase apenas uma vez. Os segmentos vocálicos foram inseridos em contextos CV (consoante – vogal), em sílaba inicial de palavra não acentuada, com vogal antecédida e sucedida do fonema oclusivo bilabial não vozeado.

A escolha dessa frase justifica-se pela pouca influência que estas consoantes exercem sobre os formantes das vogais vizinhas¹² e também pela necessidade de se homogeneizar o contexto para todas as vogais. Assim, houve o mínimo controle dos aspectos prosódicos, sem interferências na realização dos sons vocálicos na investigação da distintividade acústica das vogais.

A escolha das vogais /a/, /i/ e /u/ ocorreu porque acusticamente esses sons vocálicos são os que mais se distinguem articulatoriamente além de obedecerem a um padrão formântico de consenso entre os pesquisadores, que corresponde às

características típicas de vogais que apresentam o máximo e o mínimo de abertura vocálica e de movimento de recuo e de avanço, de abaixamento e levantamento da língua.^{12,13}

As mulheres do GC foram selecionadas após a coleta com o GE para favorecer a mesma quantidade de informantes nos dois grupos. O recrutamento das mulheres do GC ocorreu a partir da observação da faixa etária de cada participante do GE.

Após coleta inicial (M0), as mulheres foram orientadas quanto à execução dos exercícios vocais, sendo apresentadas as três técnicas e solicitado que as participantes executassem uma vez cada uma delas. A técnica foi escolhida de acordo com a facilidade na realização do exercício. Quanto aos aspectos de postura durante a execução do exercício e gravação vocal, foram realizados em pé, dentro da cabine para facilitar o manejo entre a orientação do pesquisador e a gravação das vozes. As participantes da pesquisa não relataram desconforto e nem cansaço durante a realização das tarefas.

Os critérios utilizados para seleção desses exercícios foram:

- Exercícios utilizados na rotina da terapia vocal e referidos em pesquisas de intervenção fonoaudiológica na reabilitação dos distúrbios da voz;
- Exercícios nos quais os princípios fisiológicos de ação descritos na literatura da área tivessem efeitos definidos, e se possível, que tivessem foco de ação diferentes, no que tange a fonte glótica, melhoria da interação fonte-filtro e mudança na movimentação e posicionamento dos articuladores.¹⁴⁻¹⁶

No que diz respeito aos exercícios selecionados, estes foram: vibração sonorizada de língua, que enfoca a fonte glótica; canudo de alta resistência que visa o acoplamento da fonte e do trato vocal; e o exercício de sobrearticulação, que enfatiza o trabalho a nível de trato vocal.¹⁷

As mulheres do GE e do GC foram distribuídas em três grupos (A, B e C), de acordo com o exercício vocal realizado. Cada mulher fez parte de apenas um

grupo. O grupo A realizou o exercício de vibração sonorizada de língua, sendo formado por 4 mulheres com nódulos vocais com idade média de 35 anos e 4 sem lesão laríngea, com idade média de 30 anos. O grupo B realizou o exercício com canudo de alta resistência, formado por 5 mulheres com nódulos vocais e idade média de 36 anos e 5 sem lesão laríngea com idade média de 35 anos. O grupo C executou o exercício de sobrearticulação, sendo composto por 3 mulheres com nódulos vocais com idade média de 34 anos e seus respectivos caso controle com idade média de 34 anos.

Quanto ao exercício de vibração sonorizada de língua (grupo A), as participantes foram orientadas a emitir o som do fonema [r] de maneira sustentada em frequência e intensidade confortável autorreferida.

Para a execução do exercício do canudo de alta resistência, foi utilizado um canudo de plástico rígido, com comprimento de 8.7 cm e diâmetro de 1.5 mm. As participantes (grupo B) foram orientadas a emitir um som semelhante ao [vu] de modo sustentado em frequência e intensidade confortável autorreferida. Elas foram orientadas que todo o fluxo sonoro saísse pelo canudo.

Quanto ao exercício de sobrearticulação, as participantes do grupo C foram direcionadas para realizar exagero nos movimentos articulatórios, fazendo uma maior excursão muscular, com grande abertura de boca e maior amplitude de movimentação labial¹⁸, durante a leitura de um texto foneticamente balanceado, baseado na Brazilian Portuguese version of Vocal Profile Analysis Scheme – PB-VPAS(2007) de acordo com o quadro 1.

Quadro 1: Texto foneticamente balanceado baseado na Brazilian Portuguese version of Vocal Profile Analysis Scheme – PB-VPAS(2007)

General Evaluation of Voice quality	O objeto de estudo da Fonética é essa complexa, variável e poderosa face sonora da linguagem: a fala.
	Na cidade de São Paulo a contribuição que cada grupo étnico ou regional deu à cidade, é vista em cada esquina. Italianos, japoneses, árabes, judeus, portugueses, coreanos e pessoas de todo o país ajudaram e muito a construir esta metrópole. São Paulo é hoje uma metrópole cosmopolita um lugar onde todos se sentem em casa.
	A Roberta gosta muito de comprar livros de fotos de pássaros. Ela também costuma ir ao jardim zoológico para ver suas aves preferidas: a arara, a garça, o sabiá, o periquito, o tico-tico, a coruja e o tucano.

Fonte: França, 2018

A técnica vocal apresentada foi executada minuto a minuto, intercalado pela gravação das três vogais sustentadas e três frases-veículo descritas anteriormente, somando ao todo cinco minutos de exercício. As gravações passaram pelas seguintes etapas: gravação inicial pré exercício (M0); gravação após realização do primeiro minuto de exercício (M1); gravação após realização do segundo minuto de exercício (M2); gravação após realização do terceiro minuto de exercício (M3); gravação após o quarto minuto de exercício (M4) e por último, gravação após o quinto minuto de exercício (M5).

A extração do primeiro e segundo formante das vogais /a/, /i/ e /u/ foi realizada no *software Praat*, versão 5.3.77h, a partir da representação da vogal em um espectrograma de banda larga.

A segmentação e a duração dos sons vocálicos em contextos CV foram realizados tendo em conta como ponto inicial da vogal, o primeiro pico regular, após a consoante e ao período de transição entre a consoante-vogal, e como ponto final, o último pico regular antes da consoante e do período de transição entre a vogal-consoante,¹² estabelecendo uma média de análise de duração de 0,13 segundos. A média das medidas formânticas investigadas foram obtidas a partir da seleção e segmentação dos sons vocálicos CV. Para extração da média dos formantes, selecionou-se a opção *Formant*, obtendo o valor numérico de F1, F2 e F3 expresso em Hertz (Hz).

Para a presente pesquisa, foram adotados os valores de referência para frequência dos formantes de F1 da vogal /a/ (925 Hz), /i/ (369 Hz) e /u/ (429 Hz) e 58 para F2 da vogal /a/ (1.767 Hz), /i/ (2.269 Hz) e /u/ (1.436 Hz) do Português Brasileiro (PB).¹⁹

A extração das medidas de perturbação e ruído, medidas cepstrais e espectrais, foram investigadas a partir da vogal /a/ sustentada em todos os momentos de gravação (M0, M1, M2, M3, M4, M5). A escolha da vogal justifica-se pelo fato de ser uma vogal baixa, em que sua emissão fornece uma condição estável do sistema fonatório, resultando em uma avaliação confiável da estabilidade da laringe.²⁰

Foi utilizado o software VoxMetria, versão 4.7, da CTS Informática, no módulo análise da qualidade vocal. As etapas foram as seguintes: seleção da opção “Qualidade vocal”; escolha do arquivo a ser analisado; seleção e eliminação dos dois segundos iniciais e finais da emissão da vogal, devido a ocorrência de maior irregularidade em tais trechos, preservando-se o tempo mínimo de três segundos para cada emissão²¹; seleção da opção “Dados da análise vocal”. Sendo disponibilizados os dados de Média f0, desvio padrão, *Jitter*, *Shimmer*, *GNE*.

Para extração das medidas de CPPS, também utilizou-se o *Praat*, seguindo os parâmetros sugeridos por Maryn e Weenink.²² O processo de extração manual das medidas de CPPS passaram pelas seguintes etapas: seleção da opção “open”, “open long sound file”, “extract part”, “ok”. Após escolher o arquivo a ser

analisado, selecionou-se a opção “*Analyze Periodicity*” e “*To PowerCepstrogram*”. Na opção “*To PowerCepstrogram*”, foi dado continuidade com os seguintes parâmetros: “*Pitch floor (Hz) = 60*”, “*Time Step (s) = 0,002*”, “*Maximum Frequency (Hz) = 5000*” e “*Pre-emphasis from (Hz) = 50*”. Foi selecionado a opção “*Query*”, em seguida “*Get CPPS*” no “menu”. Em seguida houve o ajuste dos seguintes parâmetros: “*Subtract tilt before smoothing*” selecionado, “*Time averaging window (s) = 0.01*”, “*Quefrequency-averaging window (s) = 0.001*”. “*Peak search pitch range (Hz) = 60-330*”, “*Tolerance (0-1) = 0.05*”, “*Interpolation = Parabolic*”. “*Tilt line quefrequency range (s) = 0.001-0.0 (=end)*”, “*Line type = Straight*”, e *Fit method = Robust*. Os resultados desse procedimento foram as medidas *CPPS*, expressas em dB.

Para extração manual das medidas de intensidade (dB) dos harmônicos H1 e H2, utilizou-se o Praat (versão 5.3.77h), seguindo as etapas: seleção da opção “*Read from file*”; escolha do arquivo a ser analisado; Seleção da opção “*View & edit*”; seleção do trecho central do sinal de voz; seleção da opção “*se*”, em seguida “*spectrum*” e por último “*view spectral slice*”. O resultado mostra uma nova janela com uma imagem gráfica dos picos. O cursor foi posicionado na ponta do primeiro pico (H1) obtendo -se os valores de intensidade (dB) do primeiro harmônico, em seguida foi verificado os valores do segundo harmônico (H2). Posteriormente, foram selecionados os picos dos dois primeiros harmônicos e extraídas as amplitudes respectivas de cada um, para então subtrair a amplitude do primeiro à do segundo harmônico.

Para avaliação perceptiva-auditiva, as amostras da vogal /a/ das vozes das mulheres foram selecionadas desde M0 ao M5 somando ao todo 144 sinais de voz. Estas passaram por processo de normalização através do programa Audacity (versão 2.3.1), com o objetivo de padronizar a saída de áudio entre -6 e 6dB. As amostras foram apresentadas de modo aleatório e até 3 vezes a um juiz, especialista em voz, com experiência em avaliação vocal perceptiva auditiva. Para análise da confiabilidade, 10% da amostra foi repetida. Para preenchimento do teste de percepção, utilizou-se a escala analógica visual (EAV) que consiste em uma linha contínua de 0 a 100mm, com os extremos correspondendo à ausência (0mm) e à

extrema (100mm) ocorrência de uma característica vocal. Por meio desta avalia-se o grau geral do desvio vocal (GG), o grau de rugosidade (GR), grau de soproidade (GS) e por último o grau de tensão (GT).²¹

Procedimento de análise dos dados

Foi realizada análise estatística descritiva para todas as variáveis considerando média e desvio-padrão. Para análise dos dados extraídos, foram considerados os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Sminorf, para verificação da suposição de normalidade das variáveis. No que se refere às comparações, utilizou-se os testes T de Student para dados pareados e o teste não paramétrico de Wilcoxon para dados pareados, que é uma alternativa ao teste T de Student quando não temos a suposição de normalidade satisfeita. Além disso, também utilizou o teste não paramétrico de Friedman para a comparação de todos os momentos dentro de cada grupo observado.

Por fim, para a realização de comparações múltiplas entre os momentos utilizou-se o teste de Conover. O nível de significância considerado durante a análise foi de 5%.

Resultados

Na Tabela 1 são apresentados os p-valores referentes ao teste de Friedman. Nota-se que para o GE houve diferença significativa na medida acústica GNE, considerando o exercício com canudo de alta resistência ($p= 0,0387$). Logo, conclui-se que para pelo menos um dos momentos observados a variável GNE difere significativamente. Com relação ao exercício de vibração sonorizada de língua não foram verificadas diferenças significativas entre os momentos para nenhuma das medidas. De forma similar, no exercício de sobrearticulação, também não se verifica diferença significativa ao nível nominal de 5%. Uma vez evidenciada diferença significativa, é interessante a realização das comparações múltiplas para verificar em qual momento houve a divergência e também qual o exercício realizado. Dessa

forma, a Tabela 2 podem ser observados os resultados das comparações múltiplas para a variável GNE no GE.

Tabela 1. Comparação entre os momentos (M0, M1, M2, M3, M4, M5) por tipo de exercício no GE

Medida Perceptiva/Acústica	Exercício		
	Vibração sonorizada (p-valor)	Canudo de Alta resistência (p-valor)	Sobrearticulação (p-valor)
EAVGG	0,0524	0,2241	0,6881
EAVGR	0,5886	0,4449	0,8597
EAVGS	0,2736	0,3627	0,8153
EAVGT	0,0511	0,3495	0,5842
Média F0	0,7872	0,8609	0,4517
DP F0	0,0838	0,2646	0,6415
Jitter	0,6228	0,2206	0,3204
Shimmer	0,4428	0,8857	0,2740
GNE	0,3497	0,0387*	0,0501
CPPS	0,7220	0,6912	0,1129
H1-H2(dB)	0,8290	0,3722	0,9364
F1 VG /a/	0,4597	0,6987	0,4197
F1 VG /i/	0,8922	0,2149	0,2505
F1 VG /u/	0,0640	0,6987	0,5579
F2 VG /a/	0,3744	0,3999	0,4057
F2 VG /i/	0,1562	0,9387	0,3572
F2 VG /u/	0,0883	0,1779	0,2837

Legenda: EAV= escala analógico-visual; GG= grau geral; GR= grau rugosidade; GS= grau soprosidade; GT= grau tensão; DP=Desvio Padrão; f0= frequência fundamental; H1= primeiro harmônico; H2= segundo harmônico; F1= primeiro formante; F2= segundo formante; VG= vogal. Nota: p-valor referente ao Teste de Não paramétrico de Friedman. *Valores significativos ($p < 0,05$)

Na Tabela 2 são apresentados os resultados do teste post hoc de Conover para comparações múltiplas ao nível de significância de 5%. É possível verificar que houve diferença significativa na medida acústica GNE no GE, considerando o exercício com canudo de alta resistência nos momentos M0 e M4 ($p=0,023$), M1 e M4 ($p= 0,004$), M3 e M4 ($p = 0,004$) e M4 e M5 ($p = 0,029$).

Tabela 2. Comparações múltiplas para os momentos observados considerando a variável GNE e exercício com canudo de alta resistência no GE.

Exercício com canudo de alta resistência					
Momento	Momento				
	M0	M1	M2	M3	M4
M1	0,442	-	-	-	-
M2	0,326	0,088	-	-	-
M3	0,442	1,000	0,088	-	-
M4	0,023	0,004	0,161	0,004	-
M5	0,912	0,381	0,381	0,381	0,029

Legenda: M= minuto. Teste de Conover para comparações múltiplas.

*Valores significativos ($p < 0,05$)

Após as comparações múltiplas para a medida GNE (tabela 2) no GE, verificou-se diferença significativa entre o momento M4 e os momentos M0, M1, M3 e M5. Na Tabela 3 são apresentadas as médias e desvio padrão minuto a minuto para a medida GNE com base no exercício com canudo de alta resistência.

Tabela 3. Média e Desvio padrão para a medida GNE considerando o exercício com Canudo de alta resistência no GE.

Momento	Média	Desvio Padrão
M0	0,53	0,19
M1	0,55	0,22
M2	0,64	0,22
M3	0,57	0,23
M4	0,66	0,17
M5	0,58	0,18

Legenda: M= minuto

Com base na Tabela 4 pode-se observar diferença significativa na medida de F1 da vogal /u/ ($p = 0,0204$) no exercício vocal com canudo de alta resistência no GC.

Tabela 4. Comparação entre os momentos (M0, M1,M2,M3, M4, M5) por tipo de exercício no GC

Medida Perceptiva/Acústica	Exercício		
	Vibração sonorizada	Canudo de Alta resistência	Sobrearticação
EAVGG	0,1108	0,2968	0,4159
EAVGR	0,0839	0,3880	0,2860
EAVGS	0,4428	0,6052	0,4773
EAVGT	0,1715	0,5216	0,1699
Média f0	0,3502	0,5371	0,3820
DP F0	0,0883	0,1360	0,7293
Jitter	0,2871	0,1721	0,4400
Shimmer	0,4159	0,1851	0,7030
GNE	0,8230	0,2774	0,8974
CPPS	0,7220	0,6736	0,0915
H1-H2(dB)	0,7000	0,6575	0,5950
F1 VG /a/	0,3468	0,1486	0,6952
F1 VG /i/	0,4895	0,7482	0,1998
F1 VG /u/	0,7439	0,0204*	0,1296
F2 VG /a/	0,2099	0,5463	0,5000
F2 VG /i/	0,3350	0,4493	0,5199
F2 VG /u/	0,5702	0,3010	0,9811

Legenda: EAV= escala analógico-visual; GG= grau geral; GR= grau rugosidade; GS= grau soproidade; GT= grau tensão; DP=Desvio Padrão; f0= frequência fundamental; H1= primeiro harmônico; H2= segundo harmônico; F1= primeiro formante; F2= segundo formante; VG= vogal
 Nota: p-valor referente ao Teste de não paramétrico de Friedman. *Valores significativos (p<0,05).

Na tabela 5 observam-se os resultados do teste post hoc de Nemenyi para comparações múltiplas ao nível de significância de 5%. Desse modo é possível verificar diferença significativa entre as médias de F1 da vogal /u/ entre os momentos M0 e M3 (p=0,047) do exercício com canudo de alta resistência no GC.

Tabela 5. Comparações múltiplas para os momentos observados considerando a variável F1 da vogal /u/ em exercício com canudo de alta resistência no GC.

Exercício com canudo de alta resistência					
Momento	Momento				
	M0	M1	M2	M3	M4
M1	1,000	-	-	-	-
M2	0,650	0,756	-	-	-
M3	0,047*	0,074	0,756	-	-
M4	0,538	0,650	1,000	0,845	-
M5	0,168	0,239	0,959	0,996	0,985

Comparações múltiplas de Nemenyi. *Valores significativos ($p < 0,05$)

Fonte: França (2018)

Na Tabela 6 são apresentadas as médias e desvio padrão minuto a minuto para a medida de F1 da vogal /u/ com base no exercício com canudo de alta resistência.

Tabela 6. Média e Desvio padrão para o Formante F1 vogal /u/ considerando o exercício com Canudo de alta resistência no GC.

Momento	Média	Desvio Padrão
M0	490,01	42,76
M1	498,72	54,85
M2	465,00	28,57
M3	450,06	33,14
M4	452,26	34,16
M5	457,47	32,85

Legenda: M= minuto

No quadro 2 seguem descritas as modificações ocorridas nas comparações minuto a minuto no presente estudo, considerando o exercício, a medida que apresentou significância e o momento em que houve a mudança no GE e GC.

Quadro 2: Modificações ocorridas nas comparações entre os momentos (M0, M1, M2, M3, M4, M5) no GE e GC

Técnica	Grupo Experimental	Grupo Controle
Vibração sonorizada de língua		
		-
Canudo de alta resistência	<i>GNE</i>	F1 vogal /u/
	4º Minuto	3º Minuto
Sobrearticulação		

Discussão

No presente estudo, pode-se observar que a medida acústica de *GNE* mostrou-se significativa na realização de exercício vocal com canudo de alta resistência em mulheres com nódulos e quando confrontado os momentos em pares, nota-se que houve diferença entre os momentos M0, M1, M3 e M5 em relação a M4.

Analisando as médias do GE observa-se que no 4º minuto o *GNE* apresenta a maior média e no momento M5 há uma redução do seu valor. Vale refletir que tal redução pode ser considerada como uma variação, pelo fato de o *GNE* estar dentro dos valores de referência em todos os momentos.²³ Diante disso, pode-se inferir que mulheres com nódulos apresentaram modificações nas medidas de fonte (*GNE*), apresentando o melhor efeito no 4º minuto de execução de exercício com canudo de alta resistência.

O tempo de prescrição ideal de exercícios vocais varia entre 3 minutos^{24,25}, após 3 minutos¹⁰ e 5 minutos²⁶ de tempo de execução, devendo essa prescrição ser realizada de modo correto e assertivo, visando obter resultados positivos na qualidade vocal do indivíduo. A realização de um minuto de exercício pode não produzir os efeitos esperados^{27,28}, como também sete minutos⁷ ou acima deste tempo podem gerar desconforto e piora na qualidade vocal.

Para execução de um exercício vocal, existem limites quanto a sua dosagem, devendo o profissional monitorar seus efeitos a fim de evitar resultados não desejados. No presente experimento, no 5º minuto de exercício com canudo de alta resistência observa-se uma redução na média de GNE no GE, mas ainda com valores dentro da normalidade. Vale refletir que se houvesse realizado um tempo maior de exercício²⁹, provavelmente esses valores reduziriam, resultando em piora na qualidade vocal e possível processo de fadiga muscular.^{8,24,26}

Pensando assim, o monitoramento vocal auxilia na avaliação dos possíveis efeitos a fim de evitar resultados não desejados como sobrecarga vocal desnecessária, principalmente em mulheres disfônicas²⁹. Um tempo de exercício abaixo do que seria o ideal pode tornar o tratamento ineficaz, enquanto uma duração excessiva pode gerar uma sobrecarga no sistema, resultando em sinais e sintomas de fadiga vocal.³⁰

Um estudo analisou os resultados da realização de exercício vocal sopro e som agudo nos momentos um, três, cinco e sete minutos em mulheres com nódulos e mulheres sem queixa, através de medidas acústicas de fonte glótica (f_0 , *Jitter*, *shimmer*, o quociente de perturbação de frequência, quociente de perturbação de amplitude e *NHR*) e avaliação perceptiva auditiva. Houve melhora nos parâmetros perceptuais de grau geral da disфонia e sopro assim como acústicos com diminuição do ruído da emissão vocal após 3 minutos e após sete minutos foi observado piora na qualidade vocal.³¹

Com o objetivo de investigar o tempo ideal de realização de exercício faz-se necessário para interferir nas medidas acústicas de fonte (perturbação a curto prazo, f_0 e de intensidade vocal), uma pesquisa²⁴ selecionou mulheres saudáveis e utilizou o exercício de vibração sonorizada de língua em três momentos (1, 3 e 5 minutos). Os achados mostraram que as mudanças foram mais efetivas após 3 minutos, apresentando aumento de f_0 e da intensidade vocal e redução do ruído. O aumento da intensidade vocal foi associado ao aumento do número de harmônicos, visto que os harmônicos estão relacionados ao aumento da projeção vocal e consequentemente ao aumento da intensidade.³²

No presente estudo, para o grupo de mulheres com nódulos, o melhor efeito na média ocorrido no 4º minuto de exercício com canudo de alta resistência, pode ser justificado pelo fato do exercício melhorar a eficiência glótica e favorecer a interação fonte e filtro. Desse modo, é possível que mais energia de ar tenha se transformado em energia sonora.³³

No que se refere ao grupo de mulheres saudáveis, quando realizado a comparação entre os momentos (M0, M1, M2, M4, M5) por tipo de exercício, nota-se que a medida de F1 da vogal /u/ apresentou diferença significativa no exercício com canudo de alta resistência. Quando confrontados os momentos em pares, observa-se que houve diferença entre os momentos M0 e M3.

Ao analisar as médias dos momentos, nota-se que o exercício com canudo de alta resistência apresentou seu melhor efeito no 3º minuto, visto que houve uma aproximação dos valores de referência. Dessa maneira, é possível dizer que mulheres sem lesão laríngea reduzem a medida de F1 da vogal /u/ no 3º minuto de exercício com canudo de alta resistência.

Os valores dos formantes são determinados pelas modificações no posicionamento dos articuladores e no volume das cavidades de ressonância.² Analisando as médias, nota-se que os valores estavam elevados no momento M0, indicando maior abertura de mandíbula e estreitamento faríngeo.

Sabe-se que indivíduos sem distúrbio de voz, apresentam maiores valores dos formantes (F1, F2, F3) quando comparados a indivíduos com distúrbio de voz. No entanto, analisando os valores de M0, percebe-se que estes estavam acima dos valores de referência. Tais achados são característicos de indivíduos com qualidade vocal tensa, os quais apresentam valores elevados de F1 com ajustes nos articuladores indicando maior abertura vertical de mandíbula e maior constrição faríngea.³⁴

Outro aspecto que vale considerar, diz respeito às características encontradas na qualidade vocal em mulheres do nordeste do Brasil³⁵, as quais apresentam ajustes dos articuladores com predominância de mandíbula aberta, constrição faríngea (com fechamento da parte média da orofaringe por contração das paredes de faringe) e recuo do dorso de língua.

No presente estudo, observa-se que no 3º minuto de exercício com canudo de alta resistência, esses valores reduzem. Tal resultado pode ser justificado pelo fato do efeito do exercício propiciar redução nos valores dos formantes³⁶ sugerindo maior equilíbrio das pressões a nível de glote e trato vocal, promovendo uma fonação mais fácil.⁷ Portanto, pode-se concluir que mulheres sem lesão laríngea reduzem F1 da vogal /u/ apresentando melhor efeito no 3º minuto de exercício com canudo de alta resistência.

Uma pesquisa³⁷ investigou o tempo ideal do exercício de vibração sonorizada de língua (EVSL) em 27 crianças disfônicas, com diagnóstico de nódulo ou cisto de pregas vocais. Dessas crianças, onze fizeram parte do grupo experimental (GE) e 16 do grupo controle (GC). O GC realizou repouso absoluto antes e após as gravações. As emissões eram gravadas antes do repouso absoluto e após os momentos m1, m3, m5 e m7 de repouso vocal. As crianças do GE foram gravadas após os momentos m1, m3, m5 e m7 de exercício de vibração sonorizada de língua. A avaliação perceptivo-auditiva, não mostrou modificações significativas entre os momentos de execução do EVSL. A análise acústica revelou que o parâmetro ruído diminuiu e a medida de *GNE* aumentou no 3º minuto de execução do exercício no GE, em comparação com o GC, indicando melhora na qualidade vocal.

Em outro estudo³⁸ foram utilizadas medidas perceptivas e de acústicas de fonte glótica (*jitter*, *shimmer*, *NHR* , f0 e índice de gravidade da disfonia) e não encontraram mudanças significativas quanto ao tempo de execução de exercício com canudo de alta resistência versus som nasal, em indivíduos sem lesão laríngea. Os autores não utilizaram medidas que investigam modificações relacionadas ao posicionamento dos articuladores e que possivelmente esse exercício poderia modificar alguma medida de filtro, visto que em outras pesquisas^{6,14} há evidências de modificações no parâmetro acústico referente ao filtro.

Outro estudo³⁹ investigou os efeitos imediatos do exercício de trato vocal semiocluído com tubo LaxVox em cantores durante três minutos. A amostra foi composta por 23 cantores, estudantes de canto lírico. A maior parte dos cantores referiu melhor emissão pós-exercício, tanto na fala quanto no canto. Não houve diferenças entre emissões pré e pós-exercício nas provas da avaliação perceptivo-

auditiva (emissão sustentada, fala e canto). A análise acústica da vogal indicou aumento da frequência fundamental e redução de GNE pós-exercício.

Quanto aos estudos que avaliam filtro, através de ressonância magnética, um estudo⁶ investigou os possíveis ajustes realizados por mulheres disfônicas e não disfônicas pré e pós exercício com tubo flexível na água. Observou-se que mulheres disfônicas apresentavam maior inclinação das pregas vocais e elevação da comissura anterior da laringe (vista no plano sargital). Após realização do exercício houve diminuição da inclinação da prega vocal nas mulheres disfônicas. A análise morfométrica mostrou que após o exercício os valores foram similares para os dois grupos, com diferenças em apenas duas medidas, o comprimento da porção membranosa das pregas vocais e o ângulo entre a parede posterior da faringe e as pregas vocais foram menores no grupo disfônico.

No presente estudo, pode-se afirmar que o impacto causado pelo exercício com canudo de alta resistência difere nos dois grupos estudados^{6,7,26} os quais observa-se que mulheres com nódulos apresentaram mudanças primeiramente na medida de fonte glótica, local onde se encontra a lesão, sugerindo que houve modificação fisiológica na fonte sonora, com redução da aperiodicidade da vibração glótica e do ruído e mulheres sem lesão laríngea ajustaram o posicionamento dos articuladores, gerando possível melhora na interação entre a fonte produtora do som (glote) e o filtro.

Conclusão

Mulheres com nódulos vocais apresentam mudanças nas medidas de fonte glótica mais precocemente em comparação às mulheres sem lesão laríngea e mulheres sem lesão laríngea apresentam mudanças nas medidas de filtro primeiramente em relação às mulheres com nódulos vocais durante execução do exercício com canudo de alta resistência.

Referências

1. Camargo Z, Guedes SDR. Perfil de qualidade vocal de um grupo de indivíduos disfônicos. In: 14 INPLA, 2004, São Paulo. Caderno de Resumos. São Paulo; 2004.
2. Lopes LW et al. Acurácia das medidas acústicas tradicionais e formânticas na avaliação da qualidade vocal. *Codas*. 2018;30(5) e20170282.
3. Cordeiro GF, Montagnoli AN, Nemr NK, Menezes MHM, Tsuji Dh. Comparative analysis of the closed quotient for lip and tongue trills in relation to the sustained vowel /ε/. *J Voice*. 2012; 26(1), e17-e22.
4. Cielo CA, Christmann MK. *Finger kazoo*: modificações vocais acústicas espectrográficas e autoavaliação vocal. *Rev CEFAC*. 2014;16(4):1239-54.
5. Laukkanen AM, Horáček J, Krupa P, Svec JG. The effect of phonation in to a straw on the vocal tract adjustments and formant frequencies. A preliminary MRI study on a single subject completed with acoustic results. *Biomedical Signal Processing and Control*. 2012; 7(1):50-57.
6. Yamasaki R, Murano EZ, Gebrim E, Hachiya A, Montagnoli A, Behlau M, Tsuji D. Vocal Tract Adjustments of Dysphonic and non-Dysphonic Women Pre- and Post-Flexible Resonance Tube in Water Exercise: A Quantitative MRI Study. *Journal of Voice*. 2016; 31(4): 442-454.
7. Paes SM, Behlau M. Dosage dependent effect of high-resistance straw exercise in dysphonic and non-dysphonic women. *CoDAS* 2017; 29(1):e20160048.
8. Menezes MHM, Ubrig-Zancanella MT, Cunha MGB, Cordeiro GF, Nemr K, Tsuji DH. The relationship between tongue trill performance duration and vocal changes in dysphonic women. *J Voice*. 2011;25(4):167-75.
9. Azevedo LL, Passaglio KT, Rosseti MB, Silva CB, Oliveira BFV, Costa RC. Avaliação da performance vocal antes e após a vibração sonorizada de língua. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2010;15(3):343-8.
10. Zimmer V. Tempo ideal de vibração lingual sonorizada e qualidade vocal de mulheres [dissertação]. Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria - UFSM; 2011.
11. França FP. Configuração acústico-articulatória das vogais orais do português brasileiro pré e pós-exercício vocal. [Dissertação]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba –UFPB, 2018.
12. Barbosa PA, Madureira S. Manual de fonética acústica experimental: aplicações a dados do português. Cortez editora. 2015. 591p.

13. Verhoeven J, Hide O, Maeyer S, Gillis S, Gillis S. Hearing impairment and vowel production. A comparison between normally hearing, hearing-aided and cochlear implanted Dutch children. *J CommunDisord*. 2016; 59:24-39.
14. Maxfield L, Palaparthi A, Titze I. New Evidence That Nonlinear Source-Filter Coupling Affects Harmonic Intensity and foStability During Instances of Harmonics Crossing Formants. *J. Voice*. 2016; 31(2):149-156.
15. Pimenta RA, Dájer ME, Hachiya A, Tsuji DH, Montagnoli NA. Parâmetros acústicos e quimografia de alta velocidade identificam efeitos imediatos dos exercícios de vibração sonorizada e som basal. *CoDAS* 2013;25(6):577-83.
16. Myers, B. R., & Finnegan, E. M. (2015). The Effects of Articulation on the Perceived Loudness of the Projected Voice. *Journal of Voice*, 2015; 29(3), 390.e9-.
17. Vorperian HK, Kurtzweil SL, Fourakis M, Kent RD, Tillman KK Austin D. Effect of body position on vocal tract acoustics: Acoustic pharyngometry and vowel formants. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2015;138(2):833–845.
18. Behlau M. *Voz: o livro do especialista*. Vol 1. São Paulo: Revinter; 2001.
19. Monteiro MC. Uma análise computadorizada espectrográfica dos formantes das vogais orais do português brasileiro falado em São Paulo. São Paulo, 1995 (Monografia de Especialização - Universidade Federal de São Paulo).
20. Baken RJ, Orlikoff RF. *Voice Clinical Measurement*. San Diego, CA: Singular Publishing Group; 2000.
21. Lopes LW, Cavalcante DP, Costa PO. Severity of voice disorders: integration of perceptual and acoustic data in dysphonic patients. *CoDAS*. 2014;26(5):382-8.
22. Maryn Y, Weenink D. Objective dysphonia measures in the program Praat: smoothed cepstral peak prominence and acoustic voice quality index. *J Voice*. 2015; 29: 35-43.
23. Fadel CBX, Dassie-Leite AP, Santos RS, Rosa M O, Marques JM. Características acústicas da qualidade vocal metálica. *CoDAS*, 2015. 27 (1), 97–100.
24. Azevedo LL, Passaglio KT, Rosseti MB, Silva CB, Oliveira BFV, Costa RC. Avaliação da performance vocal antes e após a vibração sonorizada de língua. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2010;15(3):343-8.

25. Ramos LA. Análise vocal dos tempos de execução do exercício de fonação com canudo em crianças disfônicas [dissertação]. Belo Horizonte: Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais; 2015.
26. Menezes MHM, Duprat AC, Costa HO. Vocal and laryngeal effects of voiced tongue vibration technique according to performance time. *J Voice*. 2005;19(1):61-70.
27. Sampaio M, Oliveira G, Behlau M. Investigação de efeitos imediatos de dois exercícios de trato vocal semi-ocluido. *Pró-Fono R. Atual. Cient.*, 2008; 20(4): 261-6.
28. Costa CB, Costa LHC, Oliveira G, Behlau M. Immediate effects of the phonation into a straw exercise. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2011; 77(4):461-5.
29. Paes SM, Efeito do tempo de realização do exercício de canudo de alta resistência em mulheres disfônicas e não disfônicas. [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, 2013.
30. Laukkanen AM, Titze IR, Hoffman H, Finnegan E. Effects of a semiocluded vocal tract on laryngeal muscle activity and glottal adduction in a single female subject. *Folia Phoniatr Logop*. 2008; 60:298–311.
31. Moreira F S, Gama A C C. Efeito do tempo de execução do exercício vocal sopro e som agudo na voz de mulheres. *CoDAS*. 2017;29(1): e20160005.
32. Guberfain J, Muller MM, Sarvat M. The perceptual, acoustics and laryngological analysis of tip of tongue sound vibration technique and it's consequences in actors. In: World Voice Consortium. 2nd. World Voice Congress and 5th International Symposium of Phonosurgery Scientific program. São Paulo; 1999.
33. Saenz-Lechon, Nicolas & Osma-Ruiz, Víctor & Fraile, Rubén & godino llorente, Juan & Gomez, Pedro. (2009). Screening voice disorders with the glottal to noise excitation ratio. Universidad Politécnica de Madrid, Espanha, 2009.
34. Lee S-H, Yu J-F, Hsieh Y-H, Lee G-S. Relationships between formant frequencies of sustained vowels and tongue contours measured by ultrasonography. *Am J Speech Lang Pathol*. 2015.
35. Lima MFB, Camargo ZA, Ferreira LP, Madureira S. Qualidade vocal e formantes das vogais de falantes adultos da cidade de João Pessoa.
36. Andrade PA, Wood G, Ratcliffe P, Epstein R, Pijper A, Svec JG. Electrolottographic Study of Seven Semi-Occluded Exercises: LaxVox, Straw, Lip-Trill, Tongue-Trill, Humming, Hand-Over-Mouth, and Tongue-Trill Combined With Hand-Over-Mouth. *Journal of Voice*, Vol.28, 2014, 589-595.

37. Silva FC, Ramos LA, Souza BO, Medeiros AM, Gama ACC. Tempo ideal de vibração sonorizada de língua em crianças disfônicas. *DistúrbComun*, São Paulo, 29(4): 673-682, dezembro, 2017.
38. Meerschman I, Lierde KV, Peeters K, Meersman E, Claeys S, D'Haeseleer E. Short-Term Effect of Two Semi Occluded Vocal Tract Training Programs on the Vocal Quality of Future Occupational Voice Users: "Resonant Voice Training Using Nasal Consonants" Versus "Straw Phonation". *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2017. 18p.
39. Fadel CBX, Dassie-Leite AP, Santos RS, Santos CG Jr, Dias CAS, Sartori DJ. Efeitos imediatos do exercício de trato vocal semiocluído com Tubo LaxVox em cantores. *CoDAS* 2016;28(5):618-624.

4.4 Limitações e perspectivas futuras

Em estudos científicos, habitualmente, é debatido a relevância nas etapas de delineamento amostral e cálculo de tamanho de amostras para as pesquisas realizadas. Isso porque os resultados obtidos apresentam influência direta com esses dois aspectos. Na área de saúde, por exemplo, a determinação do tamanho da amostra ocorre, em algumas situações, por meio da seleção de participantes que são incluídos segundo os critérios de inclusão da pesquisa, como por exemplo, a seleção de mulheres que apresentam nódulos vocais e mulheres sem lesão laríngea.

Em muitas situações é possível acontecer de o pesquisador não dispor de um banco de dados com número expressivo de pacientes para uma seleção segundo os critérios de inclusão da pesquisa. Desse modo, o estudo é realizado conforme as condições acessíveis e número de participantes disponíveis.

Amostras relativamente pequenas podem restringir alguns resultados do estudo, uma vez que o desempenho dos testes estatísticos podem ser comprometidos (COUTINHO e CUNHA, 2005; MIOT, 2011). Na presente pesquisa, acredita-se que o tamanho reduzido da amostra pode ter ocultado alguns resultados pertinentes que são descritos na literatura. Em alguns momentos foi possível associar a significância estatística dos testes à interpretação clínica dos resultados, no entanto, em outros momentos não foi possível verificar essas relações.

É importante destacar ainda que além do tamanho da amostra ser restrito, esse tamanho tornava-se ainda mais reduzido quando realizada às comparações entre os minutos observados (M0, M1, M2, M3, M4 e M5), pois a análise foi realizada nos subgrupos por tipo de exercício. Outro aspecto que deve-se considerar é a importância de uma avaliação perceptiva auditiva da qualidade vocal como critério de inclusão de participantes do grupo controle visto que mulheres podem apresentar desvio na qualidade vocal mesmo na ausência de alteração laríngea. Diante disso, deve-se levar em consideração que as limitações descritas acima não comprometeram o presente estudo, mas que podem ser encontrados resultados

complementares ao nossos achados caso o estudo seja replicado sob outras condições.

Desse modo, sugere-se que mais pesquisas sejam realizadas considerando os efeitos imediatos ou a longo prazo dos exercícios analisados na pesquisa ou até mesmo outros exercícios, utilizando medidas que avaliem fonte e filtro. Outros métodos também podem ser adicionados como por exemplo a autoavaliação das sensações percebidas pelo paciente com execução do exercício para análise de complementar aos achados encontrados na presente pesquisa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados encontrados na presente pesquisa indicaram que mulheres com nódulos vocais apresentam diferenças nos ajustes de filtro quando comparado a mulheres sem lesão laríngea antes mesmo da realização de exercício vocal. Essas apresentam redução nos valores dos formantes F1 e F2 , valores mais elevados para as medidas de perturbação de amplitude (*shimmer*), assim como para as medidas perceptuais referentes a grau geral, rugosidade e soprosidade, o que pode indicar que mulheres com nódulos apresentam vozes mais soprosas, com redução na abertura de boca quando comparadas a mulheres sem lesão laríngea. No 4º minuto de execução de exercício com canudo de alta resistência mulheres com nódulos apresentam o melhor efeito na medida de fonte (*GNE*). No 5º minuto de exercício de vibração sonorizada de língua apresentam mudanças na medida de filtro, com redução de F2 e no 5º minuto de exercício de sobrearticulação apresentaram redução no *GNE*.

Diferentemente, mulheres sem lesão laríngea apresentam valores de F1 elevados antes de qualquer execução de exercício. Estas apresentam modificações na medida de filtro evidenciando melhor efeito no 3º minuto de execução de exercício com canudo de alta resistência e no 5º minuto de realização de exercício de sobrearticulação apresentam aumento na média de *f0*.

Os resultados obtidos no presente estudo destacam a importância de abordar medidas que investiguem as modificações ocorridas na fonte e no filtro, favorecendo assim, a escolha do exercício adequado para a necessidade do indivíduo, bem como o tempo ideal para realização do mesmo. Vale refletir que pesquisas que investiguem modificações de fonte glótica e comportamento supraglótico (posicionamento dos articuladores) são importantes, pois a aplicação de determinado tipo e tempo de exercício podem gerar adaptações diferentes a diferentes impedâncias de carga do trato vocal.

A presente pesquisa mostra a importância do monitorar a execução do exercício por múltiplas vias, afim de investigar possíveis modificações a nível de fonte e de filtro, sendo importante o monitoramento minuto a minuto. Tais achados contribuem para fonoaudiólogos que atuam na reabilitação e aperfeiçoamento vocal, servindo de auxílio na construção de programas de treinamento.

6. REFERÊNCIAS

1. Agüena AM. Contribuições da fonética acústica para a formação do professor de inglês: um estudo de caso. [Dissertação]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC; 2006.
2. Andrade SR, Cielo CA, Schwarz K, Ribeiro VV. Terapia e sons nasais: efeitos sobre disfonias hiperfuncionais. Rev. CEFAC. 2016; 18(1):263-272
3. Aronson AE, Clinical Voice Disorders. 3rd edition. New York: Thieme:1990.
4. Awan SN, Solomon NP, Helou LB, Stojadinovic A. Spectral-Cepstral estimation of dysphonia severity: external validation, Annals of Otology, Rhinology and Laryngology. 2013; 122(l):40-48.
5. Awan SN, Roy N, Zhang D, Cohen SM. Validation of the Cepstral Spectral Index of Dysphonia (CSID) as a Screening Tool for Voice Disorders: development of Clinical Cutoff Scores. J Voice, 2015; Vol.30, No. 2, pp. 1-15.
6. Azevedo LL, Passaglio KT, Rosseti MB, Silva CB, Oliveira BFV, Costa RC. Avaliação da performance vocal antes e após a vibração sonorizada de língua. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2010;15(3):343-8
7. Baken RJ, Orlikoff RF. Voice Clinical Measurement. San Diego, CA: Singular Publishing Group; 2000.
8. Balata PMM, Silva HJ, Pernambuco LA, Amorim GO, Braga RSM, Fernandes da Silva EG, Moraes SRA. Electrical Activity of Extrinsic Laryngeal Muscles in Subjects With and Without Dysphonia. Journal of Voice. 2015; 29(1), 129.e9–129.e17.
9. Baldi, A F. Qualidade vocal e acromegalia: acústica e percepção. Revista Intercâmbio, v. XXXIV: 1-16, 2017. São Paulo: LAEL/PUCSP. ISSN 2237-759X
10. Barata LF, Madazio G, Behlau M, Brasil O. Análise vocal e laríngea na hipótese diagnóstica de nódulos e cistos. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2010;15(3):349-54.
11. Barbosa P, Madureira, S. Manual de fonética acústica experimental: aplicações a dados do português. São Paulo: Cortez, 2015.
12. Barbosa P, Madureira, S. A Interação entre Fala e Respiração em três Estilos de Língua Portuguesa Brasileira. Proc. 9ª Conferência Internacional sobre Fala Prosódica 2018, 369-373; 2018.

13. Barros APB, Angelis EC. Análise acústica da voz. In: Dedivitis RA, Barros APB. Métodos de avaliação e diagnóstico da laringe e voz. São Paulo: Lovise, 2002.
14. Bele IV. Artificially lengthened and constricted vocal tract in vocal training methods. Logoped Phoniatr Vocol. 2005; 30(1): 34-40.
15. Behlau M. Considerações sobre a análise acústica em laboratórios computadorizados de voz. In: Araujo B. Fonoaudiologia Atual. São Paulo: Revinter; 1997, 93-115.
16. Behlau M, Madazio G, Feijó D, Pontes P. Avaliação de Voz. In: Behlau M. Voz: o livro do especialista I. Rio de Janeiro: Revinter; 2001. P85-245.
17. Behlau M. Voz: o livro do especialista. Vol 1. São Paulo: Revinter; 2001.
18. Behlau M. Técnicas vocais. In: Ferreira LP, Lopes DM, Limongi SC. Tratado de fonoaudiologia. São Paulo: Roca; 2005.p. 42-58.
19. Bekerman AL. Uso del análisis acústico en el seguimiento de pacientes con patología vocal: estudio preliminary. Revista Faso Año 24 N°3 2017.
20. Benninger MS, Murry T. The Performer's Voice. San Diego, CA: Plural Publishing; 2006.
21. Bielamowicz S, Kreiman J, Gerratt BR, Dauer MS, Berke GS. Comparison of voice analysis systems for perturbation measurement. J Speech Hear Res. 1996;39(1):126-34.
22. De Bodt MS, Wuyts FL, Van de Heyning PH, Croux C. Test-retest study of the GRBAS scale: influence of experience and professional background on perceptual rating of voice quality. Journal of Voice. 1997; 11(1), 74-80.
23. Brandalise JD, Gonçalves MIR. Análises perceptivo-auditiva e acústica computadorizada pré e pós técnica de sobrearticulação em repórteres de televisão. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia, 2005.
24. Brinca LF, Batista AP, Tavares AI, Gonçalves IC, Moreno ML. Use of cepstral analyses for differentiating normal from dysphonic voices: a comparative study of connected speech versus sustained vowel in European Portuguese female speakers. J Voice. 2014; 28(3):282-6.
25. Boone D, McFarlane S. The voice and voice therapy. New York, NY: Prentice Hall; 1994.
26. Brockmann M, Drinnan MJ, Storck C, Carding P. Reliable *jitter* and *shimmer* measurements in voice clinics: the relevance of vowel, gender, vocal intensity,

- and fundamental frequency effects in a typical clinical task. *J Voice*. 2011; 25(1):44-53.
27. Bhuta T, Patrick I, Garnett JD. Perceptual evaluation of voice quality and its correlation with acoustic measurements. *Journal of Voice*. 2004; 18 (3): 299-304.
 28. Bueno TC. Técnica de vibração de língua: aspectos do aprendizado, dos efeitos acústicos e das imagens do trato vocal e da face. [Dissertação]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC; 2006.
 29. Carding P, Steen IN, Webb A, Mackenzie K, Deary IJ, Wilson JA. The reliability and sensitivity to change of acoustic measures of voice quality. *Clinical Otolaryngology and Allied Sciences*. 2004; 29(5): 538-544.
 30. Camargo, Z. Da fonação à articulação: princípios fisiológicos e acústicos. *Revista Fonoaudiologia Brasil*. 1999; 2(2): 14-19.
 31. Camargo ZA. Análise da qualidade vocal de um grupo de indivíduos disfônicos: uma abordagem interpretativa e integrada de dados de natureza acústica, perceptiva e eletroglotográfica [tese]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo-PUC; 2002.
 32. Camargo Z, Madureira S, Tsuji DH. Analysis of dysphonic voices based on the interpretation of acoustic, physiological and perceptual data. In: 16th International Seminar on Speech Production Proceedings. Sidney; 2003.
 33. Camargo ZA, Madureira S. Análise acústica: revisão crítica de estudos no campo das disfonias. In: Ferreira LP, Befi-Lopes DM, Limongi SCO. *Tratado de Fonoaudiologia*. São Paulo: Roca; 2004. p.25-33.
 34. Camargo Z, Guedes SDR. Perfil de qualidade vocal de um grupo de indivíduos disfônicos. In: 14 INPLA, 2004, São Paulo. *Caderno de Resumos*. São Paulo; 2004.
 35. Camargo Z, Madureira S. Voice quality analysis from a phonetic perspective: Voice Profile Analysis Scheme Profile for Brazilian Portuguese (BPVPAS). In: *Speech Prosody*, 4, 2008, Campinas. Fourth Conference on Speech Prosody - Abstract Book and CD-Rom Proceedings, v. 1. p. 57–60.2008.
 36. Camargo Z, Madureira S. Dimensões perceptivas das alterações de qualidade vocal e suas correlações aos planos da acústica e da fisiologia. *Revista Delta*, 25(1): 285 – 317; 2009.
 37. Camargo ZA, Vilarim GS, Cukier S. Parâmetros perceptivo-auditivos e acústicos de longo prazo da qualidade vocal de indivíduos disfônicos. *Rev CEFAC*. 2004;6(2):189-96.

38. Cannito MP, Buder EH, Chorna LB. Spectral amplitude measures of adductor spasmodic dysphonic speech. *J Voice*. 2005;19(3):391-410.
39. Cartei V, Cowles HW, Reby D. Spontaneous Voice Gender Imitation Abilities in Adult Speakers. *Plos One*. 2012; 7(2), e31353.
40. Castellana, A., Carullo, A., Corbellini, S., Astolfi, A., Spadola Bisetti, M., & Colombini, J. Cepstral peak prominence smoothed distribution as discriminator of vocal health in sustained vowel. 2017 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2017.
41. Cecconello L, Farías P, Gurlekian JA. Aplicación del cepstrum en la clínica vocal. *Revista de la FASO, Edición especial, 30º Congreso Argentino de Otorrinolaringología*, 2008;15(1):12-14.
42. Cielo CA, Finger LS, Rosa JC, Brancalioni AR. Lesões organofuncionais do tipo nódulos, pólipos e edema de reinke. *Rev. CEFAC*. 2010.
43. Cielo CA, Lima JPM, Christmann MK, Brum R. Semioccluded vocal tract exercises: literature review. *Rev. CEFAC*. 2013; 15(6): 1679-1689.
44. Cielo CA, Christmann MK. *Finger kazoo*: modificações vocais acústicas espectrográficas e autoavaliação vocal. *Rev CEFAC*. 2014;16(4):1239-54.
45. Cielo CA, Ribeiro VV, Bastilha GR, Schilling NO. Qualidade de vida em voz, avaliação perceptivoauditiva e análise acústica da voz de professoras com queixas vocais. *Audiol., Commun. Res*. 2015; 20(2): 130-140.
46. Couras FKB, Pinho PHU, Costa SLNC, Correia SEN. Classificação de desvios vocais baseadas em Características do Modelo Linear de Produção da Fala.XXXV Simpósio brasileiro de telecomunicações e processamento de sinais – SBrt2017. São Paulo. 2017.
47. Coutinho ESF, Cunha GM. Conceitos básicos de epidemiologia e estatística para a leitura de ensaios clínicos controlados. *Rev Bras Psiquiatr*. 2005; 27(2): 146-51.
48. Cordeiro GF, Montagnoli AN, Nemr NK, Menezes MHM, Tsuji Dh. Comparative analysis of the closed quotient for lip and tongue trills in relation to the sustained vowel /ε/. *J Voice*. 2012; 26(1), e17-e22.
49. Cordeiro GF. Análise comparativa da amplitude de vibração das pregas vocais e do coeficiente de contato durante a emissão da vogal /ε/ prolongada e vibração sonorizada de lábios e língua. [Dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2010.

50. Cordeiro GF, Cunha MGB, Menezes MHM, Ubrig-Zancanella MT, Nemr K. Discriminação entre vozes adaptadas, levemente soprosas e tensas: diferenças entre os dois primeiros harmônicos. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2010;15(2):238-42.
51. Costa SLN. Análise acústica, baseada no modelo linear de produção da fala, para discriminação de vozes patológicas. [Tese]. Universidade Federal de Campina Grande- UFCG; 2008.
52. Costa CB, Costa LHC, Oliveira G, Behlau M. Immediate effects of the phonation into a straw exercise. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2011; 77(4):461-5.
53. Costa SC, Costa WCA, Correia SEN, Araújo JMFR, Vieira VJD. Análise de Sinais de Voz para Caracterização de Patologias na Laringe. *Revista de tecnologia da informação e comunicação*. 2014; 4(2):63-70
54. Cury RWI. Análise da fala na acromegalia. [Tese]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC; 2014.
55. Dagli M, Sati I, Acar A, Stone, R E Jr, Dursun G, Eryilmaz A. Mutational falsetto: intervention outcomes in 45 patients. *JLaryngol Otol*. 2008;122(3):277-81.
56. Dajer M E. Padrões visuais de sinais de voz através de técnica de análise não linear. [Dissertação]. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo; 2006.
57. Dajer ME, Andrade FAS, Montagnoli AN, Pereira JC, Tsuji DH. Vocal Dinamic Visual Pattern for voice characterization. *Journal of Physics Conference Series*. 2011; 332(1), 012026.
58. Dargin TC, Searl J. Semi-Occluded Vocal Tract Exercises: Aerodynamic and Electroglottographic Measurements in Singers. *Journal of Voice*, March 2015. 29(2): 155–164.
59. Dejonckere P. Principal components in voice pathology. *J Voice*.1995; 4:96-105.
60. Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P, Cornut G, Crevier-Buchman L, Friedrich G. A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating assessment techniques. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2001; 258(2):77-82.
61. Dejonckere PH, Obbens C, Demoor GM, Wienecke GH. Perceptual evaluation of dysphonia: Reliability and relevance. *Folia Phoniat Logopaed*.1993; 45: 76-83.
62. Dejonckere PH, Wienecke GH. Cepstral of normal and pathological voices:

Correlation with acoustic, aerodynamic and perceptual data. In M. J. Ball, & M. Duckworth (Eds.), *Advances in Clinical Phonetics*. 1996: 217–226.

63. Dejonckere PH, Kob M. Pathogenesis of vocal fold nodules: New Insights from modeling approach. *Folia Phoniatr Logop*. 2009; 61: 171-9.
64. Demirhan E, Unsal EM, Yilmaz C, Ertan E. Acoustic voice analysis of young Turkish speakers. *J Voice*. 2016; 30(3):378.e21-5.
65. Delgado-Hernández J, León-Gómez NM, Izquierdo-Arteaga LM, Llanos-Fumero Y. Análisis cepstral de la voz normal y patológica en adultos españoles. Medida de la prominência del pico cepstral suavizado en vocales sostenidas versus habla conectada. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2018; 69(3):134-140.
66. Dibazar AA, Berger, TW, Narayanan SS. Pathological Voice Assessment. *Proceedings of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference*, New York: USA. 2006; 1669- 1673.
67. Dias B. Análise Acústica de vozes com alteração organofuncional do tipo nódulos. [Monografia]. Florianópolis: Universidade Federal de SantaCatarina – UFSC; 2014.
68. Eadie T, Sroka A, Wright DR, Merati A. Does knowledge of medical diagnosis bias auditory-perceptual judgments of dysphonia? *J Voice*. 2011; 25: 420–429.
69. EadieTL, Boven LV, Stubbs K, Giannini E. The Effect of
70. Musical Background on Judgments of Dysphonia. *Journal of Voice*. 2010a; 24(1): 93-101.
71. Eadie TL, Baylor CR. The Effect of Perceptual Training on Inexperienced Listeners Judgments of Dysphonic Voice. *Journal of Voice*. 2006; 20(4): 527-544.
72. Enflo L, Sundberg J, Romedahl C, McAllister A. Effects on vocal fold collision and phonation threshold pressure of resonance tube phonation with tube end in water. *J Speech Lang Hear Res* 2013;56:1530–8.
73. Eskenazi L, Childers DG, Hicks DM. Acoustic correlates of vocal quality. *J Speech Hear Res*. 1990; 33:298-306.
74. Fant G. *Acoustic theory of speech production*. 2^a ed. Paris: Mouton; 1970.
75. Fadel CBX, Dassie-Leite AP, Santos RS, Rosa M O, Marques JM. Características acústicas da qualidade vocal metálica. *CoDAS*, 2015. 27 (1), 97–100.
76. Feijoo S, Hernández C. Short-term stability measures for the evaluation of vocal quality. *Journal of Speech and Hearing Research*. 1990; 33: 324-334

77. Fechine JM. Reconhecimento automático de identidade vocal utilizando modelagem híbrida: paramétrica e estatística. [tese]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba-UFPB; 2000.
78. Felipe ACN, Grillo MHMM, Grechi TH. Normatização de medidas acústicas para vozes normais. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 1997, 72:659-664.
79. Ferrer CA, De Bodt M, Maryn Y, Van de Heyning P, Hernandez-Diaz ME. Properties of the cepstral peak prominence and its usefulness in vocal quality measurements. 5th international workshop MAVEBA. Florencia: Firenze University Press. 2007;93-96).
80. Figueiredo DC, Souza PRF, Gonçalves MIR, Biase NG. Análise perceptivo-auditiva, acústica computadorizada e laringológica da voz de adultos jovens fumantes e não-fumantes. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2003; 69(6):791-799.
81. Figueiredo LC, Gonçalves MIR, Pontes A, Pontes P. Estudo do comportamento vocal no ciclo menstrual: avaliação perceptivo-auditiva, acústica e auto-perceptiva. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*. 2001; 7(3).
82. Freitas SAVS. Avaliação acústica e áudio perceptiva na caracterização da voz humana. [Tese]. Porto: Faculdade de Engenharia Universidade do Porto – FEUP, 2012.
83. Frohlich M, Michaelis D, Strube, HW, Kruse E. Acoustic voice analysis by means of the hoarseness diagram. *J Speech Lang Hear Res*. 2000;43(3):706-20.
84. FukazawaT, El-Assuooty A, Honjo I. A new index for evaluation of the turbulent noise in pathological voice. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1988; 83: 1189-1192.
85. França FP. Configuração acústico-articulatória das vogais orais do português brasileiro pré e pós-exercício vocal. [Dissertação]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba –UFPB, 2018.
86. Galdino DG. Análise Acústica Não Linear dos Padrões Visuais de Dinamica Vocal (PVDV) de Homens Adultos. [Dissertação]. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2012.
87. Gama ACC, Behlau M. Estudo da constância de medidas acústicas em mulheres sem queixa de voz e em mulheres com disfonia. *Rev. Soc. Bras. Fonoaudiol*. 2009; 14(1):8-14.
88. Gama ACC. Análise acústica de voz: estudo comparativo entre mulheres sem queixa vocal e com disfonia.[Dissertação]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo- UNIFESP,1997.

89. Gaskill CS, Erickson ML. The effect of a voiced lip trill on estimated glottal closed quotient. *Journal of Voice*. 2008;22:634–643.
90. Gelfer MP, Fendel DM, Comparisons of *jitter*, *shimmer*, and signal-to noise ratio from directly digitized versus taped voice samples. *J Voice*.1995; 9(4):378-82.
91. Gelfer MP, Van Dong BR. A preliminary study on the use of vocal function exercises to improve voice in male-to-female transgender clients. *J Voice*. 27(3):321-34; 2013.
92. Godino-Llorente JI, Osma-Ruiz V, Sáenz-Lechón N, Gómez-Vilda P, Blanco-Velasco M, Cruz-Roldán F. effectiveness of the glottal to noise excitation ratio for the screening of voice disorders. *J Voice*. 2010;24(1):4756.
93. González CMT, Hernandez JBA, Orozco-Arroyave JR, Casals JS, GallegoJutgla E. Automatic detection of laryngeal pathologies in running speech based on the HMM transformation of the nonlinear dynamics. *Lect Notes Comput Sci*. 2013;1:136-43.
94. Gregio FN. Configuração do trato vocal supraglótico na produção das vogais do Português Brasileiro: Dados de Imagens de ressonância. [Dissertação] São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC; 2006.
95. Guimarães, I. A Ciência e a Arte da Voz Humana. Alcoitão: Escola Superior de Saúde de Alcoitão- ESSA; 2007.
96. Guberfain J, Muller MM, Sarvat M. The perceptual, acoustics and laryngological analysis of tip of tongue sound vibration technique and it's consequences in actors. In: World Voice Consortium. 2nd. World Voice Congress and 5th International Symposium of Phonosurgery Scientific program. São Paulo; 1999.
97. Guzman M, Laukkanen AM, Krupa P, Horáček J, Švec JG, Geneid A. vocal tract and glottal function during and after vocal exercising with resonance tube and straw. *Journal of Voice*, 27(4), 2013; 523.e19–523.e34.
98. Guzman M, Acuña G, Pacheco F, Peralta F, Romero C, Vergara C, Quezada C. The impact of double source of vibration semioccluded voice exercises on objective and subjective outcomes in subjects with voice complaints. *J Voice*, 2017; 32 (6): 770.e1-770.e9.
99. Hammarberg B. Clinical applications of methods for acoustic voice analysis- brief research report. *Int J Rehab Research* 1980;3(4):548-549.
100. Hammarberg B, Fritzell B, Gauffin J, Sundberg J, Wedin L. Perceptual and acoustics correlates of abnormal voice qualities. *Acta Otolaryngol*. 1980;90(5-6):441-51.
101. Hanayama EM, Tsuji DH, Pinho SMR. Voz Metálica: Estudo das Características Fisiológicas e Acústicas. *Revista CEFAC*. 2004;6(4):436-45.

102. Hanson HM, Chuang ES. Glottal characteristics of male speakers: acoustic correlates and comparison with female data. *J Acoust Soc Am.* 1999; 106(2): 1064-77.
103. Hasanvand A, Salehi A, Ebrahimipour M. Uma análise cepstral das qualidades vocais normal e patológica em adultos iranianos: um estudo comparativo. *Journal of Voice.* 2017; 31 (4), 508.e17-508.e23.
104. Houte EV, Lierde KV, Claeys S. Pathophysiology and treatment of muscle tension dysphonia: a review of the current knowledge. *J Voice.* 2011;25(2):202-7.
105. Hart DA, Hans S, Vaissière J, Brasnu DA. Objective acoustic and aerodynamic measures of breathiness in paralytic dysphonia. *Eur Arch Otorinolaringol.* 2003;260(4):175-82.
106. Hillenbrand J, Cleveland RA, Erickson RL. Acoustic correlates of breathy vocal quality. *J Speech Hear Res.* 1994;37:769–778.
107. Hillenbrand J, Houde RA. Acoustic correlates of breathy vocal quality: dysphonic voices and continuous speech. *J Speech Hear Res.* 1996;39: 311–321.
108. Hillenbrand J. Perception of aperiodicities in synthetically generated voices. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1988; 83: 2361-2371
109. Holmberg EB, Hillman RE, Perkell JS, Guiod PC, Goldman SL. Comparisons among aerodynamic, electroglottographic and acoustic spectral measures of female voice. *J Speech Hear Res.* 1995;38(6):1212-23.
110. Jiang JJ, Zhang Y, McGilligan, C. Chaos in voice, from modeling to measurement. *Journal of Voice.* 2006; 20:2-17.
111. Jiang JJ, Zhang Y, Maccallum J, Sprecher A, Zhou L. Objective acoustic analysis of pathological voices from patients with vocal nodules and polyps. *Folia Phoniatr Logop.* 2009;61(6):342-9.
112. Kostyk BE, Putnam Rochet A. Laryngeal airway resistance in teachers with vocal fatigue: a preliminary study. *J Voice.* 1998;12(3):287-99
113. Klatt DH, Klatt LC. Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among females and male talkers. *J Acoust Soc Am.* 1990;87(2):820-57.
114. Kent RD, Read C. *The Acoustic Analysis Of Speech.* San Diego, Singular Publishing Group, Inc. 1992.

115. Kent RD, Kim Y. Acoustic Analysis of Speech. In: The Handbook of Clinical Linguistics. Edited by Martin J. Ball, Michael R. Perkins, Nicole Müller and Sara Howard. Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 978-1-405-13522-1. 2008.
116. Kent RD, Read C. Análise Acústica da fala. Tradução de Alexsandro Rodrigues Meireles. 1ª ed. São Paulo: Cortez, 2015.
117. Kempster GB, Gerratt BR, Verdolini Abbott K, Barkmeier-Kraemer J, Hillman RE. Consensus auditory-perceptual evaluation of voice: development of a standardized clinical protocol. Am J Speech Lang Pathol. 2009.
118. Kojima H, Gould WJ, Lambiase A, Isshiki N. Computer analysis of hoarseness. Acta Otolaryngol. 1980;89:547-554.
119. Krom G. A cepstrum-based technique for determining a harmonics-tonoise ratio in speech signals. Journal of Speech and Hearing Research. 1993. 36: 254-266
120. Ladefoged P. Vowels and consonants: an introduction to the sounds of languages. 2. ed. Los Angeles: Blackwell Publishing, 2007.
121. Laukkanen AM, Horáček J, Krupa P, Svec JG. The effect of phonation in to a straw on the vocal tract adjustments and formant frequencies. A preliminary MRI studyon a single subject completed with acoustic results. Biomedical Signal Processing and Control. 2012; 7(1):50-57.
122. Laukkanen AM, Titze IR, Hoffman H, Finnegan E. Effects of a semiocluded vocal tract on laryngeal muscle activity and glottal adduction in a single female subject. Folia Phoniatr Logop. 2008; 60:298–311
123. Laver J. Phonetic evaluation of voice quality. In: Kent RD, Ball MJ. Voice quality measurement. San Diego: Singular Publishing Group. 2000; 37-48.
124. Laver J. The phonetic description of voice quality. New York, Cambridge University Press. 2009.
125. Lee JW, Kang HG, Choi JY, Son YI. An investigation of vocal tract characteristics for acoustic discrimination of pathological voices. BioMed Research International. 2013.
126. Lee S-H, Yu J-F, Hsieh Y-H, Lee G-S. Relationships between formant frequencies of sustained vowels and tongue contours measured by ultrasonography. Am J Speech Lang Pathol. 2015.
127. Lind K, Wermke K. Development of the vocal fundamental frequency of spontaneous cries during the first 3 months. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2002;64(2):97-104.
128. Lima JPM, Cielo CA, Scapini F. Fonação em tubo de vidro imerso em água: análise vocal perceptivo auditiva e videolaringoestroboscópica de mulheres

- sem afecções laríngeas, queixas ou alterações vocais. *Rev. CEFAC*. 2015;17(6): 1760-1772.
129. Lima-Silva MFB, Madureira S, Rusilo LC.; Camargo Z. Perfil vocal de professores: análise integrada de dados de percepção e acústica. IN: CAMARGO, Z. *Fonética Clínica*. São Paulo. Pulso, 2016.
 130. Lindblom EF, Sundberg JEF. Acoustical consequences of lip, tongue, jaw, and larynx movement. *J Acoust Soc Am*.1971; 50:1166-79.
 131. Linville SE, Korabic EW; Rosera M. Intraproduction variability in jitter measures from elderly speakers. *Journal of Voice*. 4: 45-51, 1990.
 132. Lopes LW, Lima ILB, Almeida LNA, Cavalcante DP, Almeida AAF. Severity of voice disorders in children: Correlations between perceptual and acoustic data. *Journal of voice*. 2012; 26(6): 819.e7-12.
 133. Lopes LW, Cavalcante DP, Costa PO. Severity of voice disorders: integration of perceptual and acoustic data in dysphonic patients. *CoDAS*. 2014;26(5):382-8.
 134. Lopes LW, Costa SLNC, Costa WCA, Correia SEN, Vieira VJD. Acoustic assessment of the voices of children using nonlinear analysis: proposal for assessment and vocal monitoring. *J Voice*. 2014;28(5):565-73.
 135. Lopes LW, Freitas JA, Almeida AA, Silva PO, Alves GÂ. Performance of the phonatory deviation diagram in the evaluation of rough and breathy synthesized voices. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2018;84:460-72
 136. Lopes LW, Vieira VJD, Costa, SLNC, Correia SÉN, Behlau M. Effectiveness of Recurrence Quantification Measures in Discriminating Subjects With and Without Voice Disorders. *Journal of Voice*, 2018.
 137. Lopes LW et al. Acurácia das medidas acústicas tradicionais e formânticas na avaliação da qualidade vocal. *Codas*. 2018;30(5) e20170282.
 138. Lotto AJ, Holt LL, Kluender KR. Effect of voice quality on perceived height of English vowels, *Phonetica*. 1997;54(2):76–93.
 139. Lowell SY, Colton RH, Kelley RT, Hahn YC. Spectral and cepstralbased measures during continuous speech: capacity to distinguish dysphonia and consistency within a speaker. *Journal of Voice*.2011; 25: 223-232.
 140. Luchesi KF, Mourao LF, Kitamura S. Efetividade de um programa de aprimoramento vocal para professores. *Rev. CEFAC*. 2012;14(3):459-7.
 141. Madazio G, Leão S, Behlau M. The phonatory deviation diagram: A novel objective measurement of vocal function. *Folia Phoniatica et Logopaedica*. 2011;63(6): 305-311.
 142. Ma EPM, Yiu EML. Multiparametric Evaluation of Dysphonic Severity. *Journal of Voice*. 2006; 20: 380-390.

143. Magri A, Cukier S, Karman DF, Camargo ZA. Correlatos perceptivos e acústicos dos ajustes supraglóticos na disfonia. *Revista CEFAC*. 2007; 9(4):512-518.
144. Magri A, Stamado T, Camargo ZA. Influência da largura de banda de formantes na qualidade vocal. *Rev CEFAC*. 2009;11(2):296-304.
145. Martens JWAF, Versnel H, Dejonckere PH. The effect of visible speech in the perceptual rating of pathological voices. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2007;133(1):178-5.
146. Maryn Y, Roy N, De Bodt M, Paul MD, Van Cauwenberge P, Corthals P. Acoustic measurement of overall voice quality: a meta-analysis. *J Acoust Soc Am*. 2009;126:2619–2634.
147. Maryn Y, Weenink D. Objective dysphonia measures in the program Praat: smoothed cepstral peak prominence and acoustic voice quality index. *J Voice*. 2015; 29: 35-43.
148. Martens, J.; Versnel, H.; Dejonckere, P. The Effect of Visible Speech in the Perceptual Rating of Pathological Voices. *Journal of Voice*. 2007; 133: 178-185.
149. Martin DP, Fitch J, Wolfe VI. Pathological voice type and the acoustic prediction of severity. *Journal of Speech and Hearing Research*. 1995; 38: 765-771.
150. Ma EP, Yiu EM. Multiparametric evaluation of dysphonic severity. *J Voice*. 2006; 20(3): 380-90.
151. Maxfield L, Palaparthi A, Titze I. New Evidence That Nonlinear Source-Filter Coupling Affects Harmonic Intensity and foStability During Instances of Harmonics Crossing Formants. *J. Voice*. 2016; 31(2):149-156.
152. Meerschman I, Lierde KV, Peeters K, Meersman E, Claeys S, D’Haeseleer E. Short-Term Effect of Two Semi Occluded Vocal Tract Training Programs on the Vocal Quality of Future Occupational Voice Users: “Resonant Voice Training Using Nasal Consonants” Versus “Straw Phonation”. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2017. 18p
153. Menezes MHM. Análise perceptivo-auditiva e acústica da voz relacionada ao tempo de execução do exercício de vibração sonorizada de língua em mulheres com nódulos vocais [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina; 2010.
154. Menezes MHM, Duprat AC, Costa HO. Vocal and laryngeal effects of voiced tongue vibration technique according to performance time. *J Voice*. 2005;19(1):61-70.

155. Menezes MHM, Ubrig-Zancanella MT, Cunha MGB, Cordeiro GF, Nemr K, Tsuji DH. The relationship between tongue trill performance duration and vocal changes in dysphonic women. *J Voice*. 2011;25(4):167-75.
156. Mendonça RA, Sampaio TMM, Oliveira DSF. Avaliação do programa de exercícios funcionais vocais de Stemple e Gerdeman em professores. *Revista CEFAC*. 2010; 12(3): 471-482.
157. Michaelis D, Gramss T, Strube HW. Glottal-to-noise excitation ratio – a new measure for describing pathological voices. *Acta Acustica*. 1997;83:700-6.
158. Michaelis D, Fröhlich M, Strube HV. Selection and combination of acoustic features for the description of pathologic voices. *J Acoust Soc Am*. 1998;103(3):1628-39.
159. Miot HA. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. *Jornal Vascular Brasileiro*. 2011; 10 (4):275-278.
160. Moers C, Mobius B., Rosanowski F, Noth E, Eysholdt U, Haderlein T. Vowel- and text-based cepstral analysis of chronic hoarseness. *J. Voice*. 2012; 26: 416-424.
161. Moreira F S, Gama A C C. Efeito do tempo de execução do exercício vocal sopro e som agudo na voz de mulheres. *CoDAS*. 2017;29(1): e20160005.
162. Muhammad G, Mesallam TA, Malki KH, Farahat M, Alsulaiman M, Bukhari M. Formant analysis in dysphonic patients and automatic Arabic digit speech recognition. *Biomed Eng Online*. 2011;10:41.
163. Myers, B. R., & Finnegan, E. M. (2015). The Effects of Articulation on the Perceived Loudness of the Projected Voice. *Journal of Voice*, 2015; 29(3), 390.e9-.
164. Nalesso KS. Efeito terapêutico do uso exclusivo do tubo de ressonância flexível na região glótica e no trato vocal supraglótico. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas. 2015.
165. Narasimhan SV, Vishal K. Spectral Measures of Hoarseness in Persons with Hyperfunctional Voice Disorder. *J. Voice*. 2016; 31(1): 57–61.
166. Nemr K, Simões-Zenari M, Cordeiro GF, Tsuji D, Ogawa AI, Ubrig MT, et al. GRBAS and Cape-V Scales: high reliability and consensus when applied at different times. *J Voice*. 2012;26(6):812e17-22.
167. Neves BM, Neto JG, Pontes P. Diferenciação histopatológica e imunohistoquímica das alterações epiteliais no nódulo vocal em relação aos pólipos e ao edema de laringe. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2004; 70(4): 439-48

168. Niebudek-Bogusz E, Woźnicka E, Korczak I, Śliwińska-Kowalska M. The applicability of formant voice analysis in diagnostics of functional voice disorders. *Otorynolaryngologia*. 2009; 8(4): 184-192.
169. Nunes IEF, Costa MLG, Vieira ACC, Cruz TVS, Lira, ZS. Efeito imediato de exercícios do trato vocal semiocluído na voz de pacientes com parkinson. In: XV ENEXT/I ENExC. Recife: UFPE, 2015. P.
170. Núñez-Batalla, F., Cartón-Corona, N., Vasile, G., García-Cabo, P., Fernández-Vañes, L., & Llorente-Pendás, J. L. Validez de las medidas del pico cepstral para la valoración objetiva de la disfonía en sujetos de habla hispana. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 2018.
171. Razera DE. Determinadores de Pitch. [Dissertação]. Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo, 2004.
172. Santos M O. Análise acústica de desvios vocais infantis utilizando a transformada Wavelet. [Dissertação de mestrado]. João Pessoa: Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB; 2015.
173. Saxon KG, Berry SL. Vocal exercise physiology: same principles, new training paradigms. *J Sing*. 2009;66(1):51-7.
174. Silva AHP. Para a descrição fonético-acústica das líquidas no português brasileiro: dados de um informante paulistano. Sínteses. *Revista dos Cursos de Pós-Graduação*. 1997;2: 367-377.
175. Silva MFBL, Madureira S, Rusilo LC, Camargo Z. Avaliação perceptiva da qualidade vocal. *Rev. CEFAC*. 2017;19(6): 831-841.
176. Silva FC, Ramos LA, Souza BO, Medeiros AM, Gama ACC. Tempo ideal de vibração sonorizada de língua em crianças disfônicas. *DistúrbComun*, São Paulo, 29(4): 673-682, dezembro, 2017.
177. Siqueira, L.T.D.; Silverio, K.C.A.; Brasolotto, A.G.; Guirro, R.R.J.; Carneiro, C.G.; Behlau, M. Effects of laryngeal manual therapy (LMT) and transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in vocal folds diadochokinesis of dysphonic women: a randomized clinical trial. *Codas*. 2017;29(3):e20160191.
178. Sweeney, T. and Sell, D. Relationship between perceptual ratings of nasality and nasometry in children/adolescents with cleft and/or velopharyngeal dysfunction. *International Journal of Language and Communication Disorders*. 2008;43(3): 265-82.

179. Schwarz K. Modificações laríngeas e vocais produzidas pela técnica de vibração sonorizada de língua [dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria -UFSM; 2006.
180. Schwarz K, Cielo CA. Modificações laríngeas e vocais produzidas pela técnica de vibração sonorizada de língua. *Pró-Fono*. 2009;21(2):161-6
181. Orlikoff, R.F.; Dejonckere, P.H.; Dembowski, J.; Fitch, J.; Gelfer, M.P.; Gerratt, B.R. et al. The perceived role of voice perception on clinical practice. *Phonoscope*. 1999; 2: 89-106.
182. Paes SM, Behlau M. Dosage dependent effect of high-resistance straw exercise in dysphonic and non-dysphonic women. *CoDAS* 2017; 29(1):e20160048.
183. Phadke K V, Laukkanen A.-M, Ilomäki I, Kankare E, Geneid A, & Švec JG. *Cepstral* and Perceptual Investigations in Female Teachers With Functionally Healthy Voice. *Journal of Voice*. 2018; 09.010
184. Parsa V, Jamieson DG. Acoustic discrimination of pathological voice: sustained vowels versus continuous speech. *JSLHR*. 2001;44(2):327-39.
185. Patel S, Shrivastav R. Perception of dysphonic vocal quality: some thoughts and research update. *Perspectives on Voice and Voice Disorders*. 2007;17(2):3-6.
186. Patel RR, Awan SN, Barkmeier-Kraemer J, et al. Recommended protocols for instrumental assessment of voice: American speech-language-hearing association expert panel to develop a protocol for instrumental assessment of vocal function. *AJSLP*. 2018;27:887-905
187. Phadke K V, Laukkanen A M, Ilomäki I, Kankare E, Geneid A, Švec J G. *Cepstral* and Perceptual Investigations in Female Teachers With Functionally Healthy Voice. *J Voice*. 2018; (18)30310-2.
188. Pereira EC, Silvério KCA, Marques JM, Camargo PAM. Efeito imediato de técnicas vocais em mulheres sem queixa vocal. *Revista CEFAC*. 2011; p.886(9).
189. Pifaia LR, Madazio G, Behlau M.. Diagrama de desvio fonatório e análise perceptivo-auditiva pré e pós-terapia vocal. *CoDAS*. 2013;25(2):140-7.
190. Pinho SMR. Fundamentos em Fonoaudiologia. Tratando os distúrbios da voz. Guanabara Koogan, 1998. 125 p

191. Pinho SMR, Camargo Z. Introdução à análise acústica da voz e da fala. In: Pinho SMR.(org.) Tópicos em voz. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2001. p. 19-44
192. Pinho SMR, Pontes PAL. Músculos intrínsecos da Laringe e Dinâmica Vocal. Rio de Janeiro: Revinter; 2008.
193. Pisanski K, Cartei V, Mcgettigan C, Raine J, Reby D. Voice Modulation: A Window into the Origins of Human Vocal Control. *Tendências CognSci* . 2016; 20 (4): 304-18.
194. Pontes PAL, Vieira VP, Gonçalves MIR, Pontes AAL. Características das vozes roucas, ásperas e normais: análise acústica espectrográfica comparativa. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2002; 68:182-84.
195. Queiroz, RM. Qualidade vocal: análise acústica de ajuste fonatório e de tensão laríngea [mestrado]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC -SP; 2012.
196. Ramos LA. Análise vocal dos tempos de execução do exercício de fonação com canudo em crianças disfônicas [dissertação]. Belo Horizonte: Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais; 2015.
197. Rabinov CR, Kreiman J, Gerratt B, Bielamowicz S. Comparing reliability of perceptual ratings of roughness and acoustic measures of jitter. *JSHR*. 1995;38: 26–32.
198. Rodrigues S, Behlau M, Pontes P. Proporção harmônico–ruído: valores para indivíduos adultos brasileiros. *Acta AWHO*. 1994;13:112-16.
199. Roy N, Nissen SI, Dromey C, Sapir S. Articulatory changes in muscle tension dysphonia: evidence of vowel space expansion following manual circumlaryngeal therapy. *J Commun Disord*. 2009; 42(2):124-35.
200. Roy N, Barkmeier-Kraemer J, Eadie T, Sivasankar MP, Mehta D, Paul D, Hillman R. Evidence-Based Clinical Voice Assessment: A Systematic Review. *Am J Speech Lang Pathol*. 2013; 22:212-26.
201. Roman-Niehues G, Cielo CA. Modificações vocais acústicas produzidas pelo som hiperagudo. *Rev. CEFAC*. 2010;12(3):462-70.
202. Sampaio M, Oliveira G, Behlau M. Investigação de efeitos imediatos de dois exercícios de trato vocal semi-ocluido. *Pró-Fono R. Atual. Cient.*, 2008; 20(4): 261-6.

203. Scarpel R D, Fonseca M D L. Parâmetros de vozes de mulheres na pós-menopausa. *Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.* 2014; 17(4):741-750.
204. Sauder C, Bretl M y Eadie, T. Predicting Voice disorder status from smoothed measures of cepstral peak prominence using Praat and Analysis of Dysphonia in Speech and Voice (ADSV). *Journal of Voice.* 2017;31: 557-566.
205. Saenz-Lechon N, Godino-Llorente JI, Osma-Ruiz V, Blanco-Velasco M, Cruz-Roldan F. Automatic assessment of voice quality according to the GRBAS scale. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2006;1:2478–2481.
206. Saenz-Lechon, Nicolas & Osma-Ruiz, Víctor & Fraile, Rubén & godino llorente, Juan & Gomez, Pedro. (2009). Screening voice disorders with the glottal to noise excitation ratio. Universidad Politécnica de Madrid, Espanha, 2009.
207. Salomão GI, Sundberg J. Relation between perceived voice register and flow glottogram parameters in males. *J Acoust Soc Am.* 2008;124(1):546-51.
208. Siqueira LTD, Silverio, K C A, Brasolotto, A G, Guirro R R J, Carneiro C G, Behlau M. Effects of laryngeal manual therapy (LMT) and transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in vocal folds diadochokinesis of dysphonic women: a randomized clinical trial. *Codas.* 2017; 29(3):e20160191.
209. Silva PLA. Hormônios e Voz: flutuações vocais durante o ciclo menstrual. [mestrado] João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 2017.
210. Stemple JC, Lee L, D'Amico B, Pickup B. Efficacy of vocal function exercises as a method of improving voice production. *J Voice.* 1994;8(3):271-8.
211. Stevens KN, House AS. An acoustical theory of vowel production and some of its implications. *J Speech Hear Res* 1961;4:303-20.
212. Takahashi H, Koike Y. Some perceptual dimensions and acoustical correlates of pathologic voices. *Acta Oto-Laryngologica*, 1976; 338: 2-22.
213. Teles VC, Rosinha ACU. Análise Acústica de Formantes e Medidas da Perturbação do Sinal Sonoro em Mulheres Não Fumantes e Não-Alcoólicas Sem Queixas Vocais. *Int. Arco. Otorrinolaringol.* 2008;12 (4): 523-530.
214. Titze I, Baken RJ, Herzel H. Evidence os chaos in vocal fold vibration. In: Titze I. (ed.) *Vocal fold physiology: new frontiers in basic science.* San Diego: singular publishing group; 1993.

215. Titze I. Voice training and therapy with a semioccluded vocal tract: rational and scientific underpinnings. JSLHR. 2006;49(2)448-59.
216. Titze I, Riede T, Popolo P. Nonlinear source-filter coupling in phonation: vocal exercises. J Acoust Soc Am . 2008 Abr; 123 (4): 1902-1915.
217. Titze I, Palaparthi A. Sensitivity of source-filter interaction to specific vocal tract shapes. IEEE Trans Audio Speech Lang Process. 2016;24(12): 2507-15. 2616543.
218. Titze IR. Workshop on acoustic analysis. Summary statement. Iowa City: National Center for Voice and Speech, USA; 1995.p. 26-30.
219. Titze, I. R., & Laukkanen, A.-M. (2007). *Can vocal economy in phonation be increased with an artificially lengthened vocal tract? A computer modeling study. Logopedics Phoniatrics Vocology, 32(4), 147–156.*
220. Tosi O. Voice identification: theory and legal applications. University Park, Baltimor, 1979.
221. Treole K, Trudeau MD. Changes in sustained production tasks among women with bilateral vocal nodules before and after voice therapy. J Voice. 1997;11(4):462-9.
222. Uloza V, Verikas A, Bacauskiene M, Gelzinis A, Pribuisiene R, Kaseta M, et al. Categorizing normal and pathological voices: automated and perceptual categorization. J Voice. 2010; 25(6):700-8.
223. Valença E, Salvatori R, Souza A H, Oliveira-Neto L A, Oliveira A H, Gonçalves M I, Oliveira C R, D'ávila J S, Melo V A, Carvalho S, Barreto V M, Melo E V, Aguiar-Oliveira M H. Voice Formants in Individuals With Congenital, Isolated, Lifetime Growth Hormone Deficiency. J Voz. 2016;30 (3): 281-6.
224. Van Lierde K MV, D`Haeseleer E, Baudonck N, Claeys S, Bodt MD, Behlau M. The impact of vocal warm-up exercises on the objective vocal quality in female students training to be speech language pathologists. J Voice. 2011;25(3)115-21.
225. Vampola T, Laukkanen AM, Horáček J, Svec JG. Vocal tract changes after tubephonation. J Acoust Soc Am. 2011; 129(1):310-5.
226. Vieira, Maurílio Nunes. Princípios da Produção e Análise de Voz. XV Escola de Inverno da UFMG. ICEx/UFMG: Departamento de Física, 2004.
227. Vieira MN, Maran AG, McInnes FG, Jack M A. Detecting arytenoids cartilage misplacement through acoustic and electroglottographic jitter analysis. In: 4th International Conference on Spoken Language Processing. 1996; Philadelphia.

228. Vieira R T, Monteiro N A B, Costa S C, Correia S E N, Aguiar Neto B G, Fechine J M. Combining Entropy Measurements and Cepstral Analysis for Pathological Voice Assessment. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 2012.
229. Vorperian HK, Kurtzweil SL, Fourakis M, Kent RD, Tillman KK Austin D. Effect of body position on vocal tract acoustics: Acoustic pharyngometry and vowel formants. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2015;138(2):833–845.
230. Vasconcelos D, Gomes AOC, Araújo CMT. Técnica de vibração sonorizada de lábios e língua: revisão de literature. *Distúrbios Comun*. 2016; 28(3): 581-593.
231. Watts, C.R.; Awan, S. N. Use of spectral/cepstral analyses for differentiating normal from hypofunctional voices in sustained vowel and continuous speech contexts. *JSLHR*. 2011;54: 1525–1537.
232. Watts CR., Awan SN. An Examination of Variations in the Cepstral Spectral Index of Dysphonia Across a Single Breath Group in Connected Speech, *J Voice*. 2015; 29(1):26-34.
233. Wolfe VI, Martin DP, Palmer CI. Perception of dysphonic voice quality by naive listeners. *Journal of Speech and Hearing Research*. 2000; 43, 697–705.
234. Yamasaki R, Murano EZ, Gebrim E, Hachiya A, Montagnoli A, Behlau M, Tsuji D. Vocal Tract Adjustments of Dysphonic and non-Dysphonic Women Pre- and Post-Flexible Resonance Tube in Water Exercise: A Quantitative MRI Study. *Journal of Voice*. 2016; 31(4): 442-454.
235. Yamasaki R. Morfometria do trato vocal de indivíduos disfônicos com nódulos vocais em postura de repouso: um estudo de ressonância magnética. [doutorado]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de medicina, 2009.
236. Zhang Y, McGilligan C, Zhou L, Vig M, Jiang J. Nonlinear dynamic analysis of voices before and after surgical excision of vocal polyps. *J Acoust Soc Am*. 2004;115:2270– 2277.
237. Zhang Y, Wallace SM, Jiang JJ. Comparison of nonlinear dynamic methods and perturbation methods for voice analysis. *J Acoust Soc Am*. 2005;118(4):2251-2560.

238. Zhang Y, Jiang JJ. Acoustic analysis of sustained and running voices from patients with laryngeal pathologies. *J Voice*. 2008;22(1):1-9.
239. Zraick, R R, Wenderl K, Smith-Olinde L. The effect of speaking task on perceptual judgment of the severity of dysphonic voice. *Journal of Voice*. 2005;19: 574-581.
240. Zimmer V. Tempo ideal de vibração lingual sonorizada e qualidade vocal de mulheres [dissertação]. Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria - UFSM; 2011.

ANEXO A



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FONOAUDIOLOGIA



CERTIDÃO

CERTIFICO que foi aprovado, por unanimidade, na 65ª Reunião Ordinária do Colegiado do Departamento de Fonoaudiologia, o Projeto de Pesquisa intitulado “**Parâmetros acústico-articulatórios e perceptuais pré e pós-exercício vocal**”, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Leonardo Wanderley Lopes.

João Pessoa – PB, 05 de setembro de 2016.


LUCIANE SPINELLI DE FIGUEIREDO PESSOA
Chefe do Deptº de Fonoaudiologia
e-mail: depfono@ccs.ufpb.br
telefone: 2887425

Departamento de Fonoaudiologia
Centro de Ciências da Saúde / Universidade Federal da Paraíba
Campus I – João Pessoa / PB
e-mail: depfono@ccs.ufpb.br
(83) – 3216-7831

ANEXO B

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Parâmetros acústico-articulatórios e perceptuais pré e pós-exercício vocal

Pesquisador: FERNANDA PEREIRA FRANCA

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 64573817.5.0000.5188

Instituição Proponente: Centro De Ciências da Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.158.960

Apresentação do Projeto:

Pouco ainda se entende sobre a influência da fonte sonora sobre o trato vocal. Emergindo o interesse da compreensão dos mecanismos acústicos da produção da fala, em especial das vogais orais /a/, /i/ e /u/, que compreendem as extremidades do triângulo acústico das vogais, com a finalidade de refinar o conhecimento fonético.

Objetivo da Pesquisa:

Analisar o triângulo acústico das vogais orais do português brasileiro /a/, /i/ e /u/ pré e pós exercício vocal.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os benefícios superam os riscos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Será realizada análise estatística descritiva para todas as variáveis independentes analisadas, incluindo-se os

valores de média e desvio padrão.

A coleta das vozes acontecerá no Laboratório de Voz e Fala do Departamento

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



Continuação do Parecer: 2.158.960

de Fonoaudiologia da Universidade Federal da Paraíba.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Quanto ao local de pesquisa está registrado no projeto que registre-se nas informações básicas e apresentar carta de anuência.

Colocar no TCLE que, por se tratar de pesquisa com realização de entrevista com sujeitos, de acordo com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde-CNS, oferece riscos mínimos ou imprevisíveis.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências sinalizadas foram cumpridas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa.

Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_858720.pdf	20/05/2017 10:15:32		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	20/05/2017 10:14:05	FERNANDA PEREIRA FRANCA	Aceito
Outros	CARTA_DE_ANUENCIA.pdf	20/05/2017 10:13:31	FERNANDA PEREIRA FRANCA	Aceito
Outros	EXAME.pdf	05/04/2017 09:50:59	FERNANDA PEREIRA FRANCA	Aceito
Outros	certidao.pdf	05/04/2017 09:40:15	FERNANDA PEREIRA FRANCA	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	06/02/2017 10:28:24	FERNANDA PEREIRA FRANCA	Aceito

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



Continuação do Parecer: 2.158.960

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	03/02/2017 09:47:00	FERNANDA PEREIRA FRANCA	Aceito
---	-------------	------------------------	----------------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 06 de Julho de 2017

Assinado por:

Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador)

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

ANEXO C

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, Fernanda Pereira França, mestrando do Programa de pós graduação em Linguística da Universidade Federal da Paraíba, estou desenvolvendo uma pesquisa intitulada “Parâmetros acústico-articulatórios e perceptuais pré e pós-exercício vocal”, cujo objetivo é analisar o triangulo acústico das vogais orais do português brasileiro /a/, /i/ e /u/ pré e pós exercício vocal.

Para que seja possível a realização desta pesquisa será necessária a participação de pacientes com diagnóstico laríngeo de nódulos vocais.

A sua participação enquanto voluntário estará restrita à gravação da voz durante emissão das vogais orais prolongadas /a/, /i/ e /u/ pronunciadas isoladamente, e dentro de palavras através de frases-veículo, e submeter-se-á a execução de uma técnica vocal.

Todos os voluntários da pesquisa terão liberdade para abster-se de participar sem que haja nenhum prejuízo, podendo até mesmo retirar-se da pesquisa em qualquer momento, apenas comunicando ao responsável. Ao longo de todo o estudo não haverá despesas pessoais para os voluntários, assim como não haverá benefício financeiro concedido.

De acordo com a literatura consultada, os procedimentos utilizados nesta pesquisa não trazem nenhum risco previsível para a saúde física e psicológica dos participantes e, em contrapartida, os resultados da pesquisa trarão grandes contribuições para a reabilitação da alteração vocal. A identidade de todos os voluntários será mantida em sigilo e os dados analisados em conjunto. Os resultados serão divulgados apenas em eventos e revistas de cunho científico. A todo o momento da realização, os sujeitos poderão solicitar esclarecimentos ao pesquisador no Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal da Paraíba, situado no Campus I, e também pelo telefone (83) 3216-7831 ou via e-mail: fgafernandap@hotmail.com.

Eu, _____, declaro ter sido suficientemente informado em relação a essa pesquisa, estando ciente dos meus direitos e da garantia de receber respostas em casos de dúvidas, assim como a garantia de poder retirar o meu consentimento para a participação em qualquer momento da pesquisa. Afirmando que fui devidamente esclarecido acerca da confidencialidade dos dados e que minha participação é isenta de despesas e não conta com compensação financeira. Desse modo, concordo voluntariamente em participar desse estudo.

Assinatura do voluntário

Pesquisador responsável

Contato pesquisador:

Fernanda Pereira França

Tel.: 32167831 | E-mail: fgafernandap@hotmail.com

Endereço Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde:

Campus I - Cidade Universitária - Cidade Universitária - João Pessoa/PB - 58.051--
90

ANEXO D

EXAME CLÍNICO DA MOTRICIDADE OROFACIAL (QUEIROGA *et al.*, 2008)

(Adaptação)

Data da avaliação: _____

Nome: _____

Data de Nascimento: _____ Idade: _____

Profissão: _____

Exame:	SIM	NÃO
I-Morfologia (Apresenta alguma alteração?)		
Nariz		
Lábios		
Bochechas		
Língua		
Tonsilas palatais (amígdalas)		
Palato duro		
Palato Mole		
II- Mobilidade:		
Lábios		
Protrusão		
Retração		
Vibração		
Apertamento		

Língua:		
Protrusão		
Retração		
Lado direito (dentro da boca)		
Lado esquerdo (dentro da boca)		
Para cima (dentro da boca)		
Para baixo (dentro da boca)		
Bochechas:		
Inflar uma e outra (alternar)		
Inflar as duas ao mesmo tempo		
Palato mole:		
Pronúncia do (a)		
Pronúncia do (ã)		
III-Tonicidade:		
Lábios		
Língua		
Bochechas		

Apresenta disfunção na articulação temporomandibular?

☐ Sim ☐ Não

Apresenta rinite, sinusite ou alguma infecção nas vias aéreas superiores?

☐ Sim ☐ Não