



LUANA ALVES FERNANDES

AVQI E CPPS COMO MEDIDA DE EFEITO DE TERAPIA VOCAL INTENSIVA EM  
IDOSOS E SUA CORRELAÇÃO COM A AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA

Marília – SP

2022

LUANA ALVES FERNANDES

AVQI E CPPS COMO MEDIDA DE EFEITO DE TERAPIA VOCAL INTENSIVA EM  
IDOSOS E SUA CORRELAÇÃO COM A AVALIAÇÃO PERCEPTIVO-AUDITIVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia da Faculdade de Filosofia e Ciências, da Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Marília, para obtenção do título de mestre.  
Área de concentração: Distúrbios da comunicação humana.

Orientadora: Profa.Dra. Eliana Maria Gradim Fabbron  
Coorientadora: Profa.Dra. Alcione Ghedini Brasolotto

Marília – SP

2022

F363a

Fernandes, Luana Alves

AVQI e CPPS como medida de efeito de terapia vocal intensiva em idosos e sua correlação com a avaliação perceptivo-auditiva / Luana Alves Fernandes. -- Marília, 2023

83 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília

Orientadora: Eliana Maria Gradim Fabbron

Coorientadora: Alcione Ghedini Brasolotto

1. Voz. 2. Qualidade de voz. 3. Envelhecimento. 4. Análise acústica. 5. Análise perceptual. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVQI E CPPS COMO MEDIDA DE EFEITO DE TERAPIA VOCAL INTENSIVA EM IDOSOS E SUA CORRELAÇÃO COM A AVALIAÇÃO PERCEPTIVO AUDITIVA

**AUTORA: LUANA ALVES FERNANDES**

**ORIENTADORA: ELIANA MARIA GRADIM FABBRON**

**COORIENTADORA: ALCIONE GHEDINI BRASOLOTTO**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Fonoaudiologia, área: Distúrbios da Comunicação Humana pela Comissão Examinadora:

Prof(a). Dr(a). ELIANA MARIA GRADIM FABBRON (Participação Virtual)  
Departamento de Fonoaudiologia / Unesp, Faculdade de Filosofia e Ciências,  
Marília

Profa. Dra. LARISSA CRISTINA BERTI (Participação Virtual)  
Departamento de Fonoaudiologia / Universidade Estadual  
Paulista

Prof(a). Dr(a). LEONARDO WANDERLEY LOPES (Participação Virtual)  
Departamento de Fonoaudiologia / Universidade Federal da Paraíba

Marília, 27 de outubro de 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Luciana Pinato", is positioned above the name of the coordinator.

Prof(a). Dr(a). Luciana Pinato  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho à minha amada mãe Maria Rosalina, ao meu esposo Thainan e aos meus irmãos Laura e Otávio. Obrigada por acreditarem em minha capacidade. Sou grata por toda inspiração, apoio e dedicação de cada um. Este trabalho reflete a capacidade que vem de Deus e seu infinito amor por nós. Eu os amo.

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

A Deus, que me guia, ama e sustenta. Obrigada por mostrar em sua infinita sabedoria o quão amada, protegida e cuidada sou. Ao meu melhor amigo, Jesus Cristo, por seu infinito sacrifício Expiatório, pela oportunidade diária de me tornar alguém melhor.

**“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana.”**

(Carl Jung)

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Filosofia e Ciências, na Pessoa da **Profa.Dra. Claudia Regina Mosca Giroto**.

À comissão de Pós-Graduação em Fonoaudiologia, a Profa.Dra. **Luciana Pinato**.

À minha orientadora **Profa.Dra. Eliana Maria Gradim Fabbion** por toda dedicação, troca e paciência.

À minha coorientadora **Profa.Dra. Alcione Ghedini Brasolotto**, pela prontidão e generosidade.

À **Profa.Dra. Larissa Cristina Berti** e à **Profa.Dra. Viviane Cristina de Castro Marino** por aceitarem o convite de participação da banca de exame de qualificação, pelo carinho, respeito ao longo dos anos, como parceiras do Laboratório de Análise Articulatória e Acústica.

Em especial à **Profa.Dra. Viviane Cristina de Castro Marino**, por ter aceitado **compor** a banca de exame de qualificação, por todos os apontamentos e sugestões que enriqueceram este estudo.

À **Profa.Dra. Larissa Cristina Berti** por aceitar compor a banca de defesa e pelas valiosas sugestões.

Ao **Prof. Dr Leonardo Wanderley Lopes** por ter aceitado compor a banca de exame de qualificação e defesa, pela leitura atenta e minuciosa que contribuiu grandemente para o aprimoramento deste trabalho

Aos meus **familiares**, por todo apoio e amor.

A **todos** os que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

## RESUMO

**Introdução:** O *Cepstral Peak Prominence Smoothed* (CPPS) e o *Acoustic Voice Quality Index* (AVQI) são indicados na investigação de vozes com desvios vocais e fornecem estimativas válidas da severidade da disfonia e são robustas para verificar os resultados de intervenção terapêutica. **Objetivos:** Investigar os índices CPPS e AVQI na voz de idosos submetidos à terapia intensiva com progressão de intensidade e de frequência da voz e de duração do tempo máximo de fonação com e sem o uso da eletroestimulação na reabilitação vocal em idosos, além de correlacionar tais medidas acústicas com a avaliação perceptivo-auditiva. **Metodologia:** foram analisadas as gravações de vozes, de estudo anteriormente desenvolvido, de 35 idosos de ambos os sexos, com idades entre 61 e 82 anos, divididos em Grupo Experimental (GE) e Grupo Controle (GC). O GE realizou a terapia vocal intensiva com progressão de intensidade e de frequência da voz e de duração do tempo máximo de fonação associada à eletroestimulação neuromuscular, e GC, sem tal associação. As gravações foram coletadas nos momentos Pré-terapia vocal (Pré), imediatamente após (PI) e após um mês de finalizadas as sessões terapêuticas (P1M), em sala com tratamento acústico. Foram utilizadas as gravações editadas da vogal “a”, com duração de 3 segundos, e a contagem de números de 1 a 20. Com essas gravações, foi extraído o AVQI por um *script* do programa PRAAT e, das medidas oferecidas pelo índice, foi de interesse neste estudo, a medida CPPS. Os resultados da avaliação perceptivo-auditiva analisados em estudo anterior foram utilizados para realizar a correlação com as medidas acústicas de interesse. Os desfechos foram analisados em função do grupo de intervenção e do momento de avaliação utilizando-se o teste ANOVA de medidas pareadas. O tamanho de efeito foi mensurado com o teste Eta Quadrado Parcial. Para os valores com diferença estatística, foram realizadas as comparações múltiplas com o Teste de Tukey, com correção de Bonferroni. Para a correlação dos parâmetros de análise perceptivo-auditiva e as medidas acústicas, foi utilizado o Teste de Correlação de Spearman. Considerou-se um nível de significância de 5%. **Resultados:** Não houve diferença entre os grupos em nenhuma das medidas. Em relação aos momentos de avaliação, houve diferença na comparação das medidas CPPS ( $p < 0,001$ ;  $\eta^2 p = 0,680$ ) e AVQI ( $p < 0,001$ ;  $\eta^2 p = 0,602$ ). Para o AVQI, o momento Pré apresentou valores maiores que os momentos PI ( $p < 0,001$ ) e P1M ( $p < 0,001$ ).

Para o CPPS, o Pré apresentou valores menores que os momentos P1 ( $p<0,001$ ) e P1M ( $p<0,001$ ). Para a análise de correlação foram utilizados os dados dos dois grupos conjuntamente. Houve correlação positiva entre AVQI e avaliação perceptivo-auditiva e correlação negativa entre CPPS e avaliação perceptivo-auditiva para os parâmetros grau geral, rugosidade, sopro e tensão na emissão de vogal sustentada e contagem de números nos diferentes momentos de intervenção. **Conclusão:** As medidas AVQI e CPPS permitiram detectar mudanças na qualidade vocal após a realização das duas propostas terapêuticas, não mostrando diferenças entre as propostas. Essas medidas acústicas se relacionaram com parâmetros da análise perceptivo-auditiva tanto no momento pré terapia como nos dois momentos após a terapia.

**Palavras-chave:** Voz, qualidade de voz, envelhecimento, análise acústica, análise perceptiva

## ABSTRACT

**Introduction:** The Cepstral Peak Prominence Smoothed (CPPS) and the Acoustic Voice Quality Index (AVQI) are indicated in the investigation of voices with vocal deviations and provide valid estimates of the severity of dysphonia and are robust to verify the results of therapeutic intervention. **Objectives:** To investigate the CPPS and AVQI indices in the voice of elderly people undergoing intensive care with progression of intensity and voice frequency and duration of maximum phonation time with and without the use of electrostimulation in vocal rehabilitation in the elderly, in addition to correlating such acoustic measurements with auditory-perceptual assessment. **Methodology:** voice recordings from a previously developed study of 35 elderly people of both genders, aged between 61 and 82 years, divided into Experimental Group (EG) and Control Group (CG) were analyzed. The EG performed intensive vocal therapy with progression of intensity and voice frequency and duration of maximum phonation time associated with neuromuscular electrostimulation, and CG, without such association. The recordings were collected in the pre-vocal therapy (Pre), immediately after (PI) and one month after the end of the therapeutic sessions (P1M), in a room with acoustic treatment. edited recordings of the vowel “a”, lasting 3 seconds, and counting numbers from 1 to 20 were used. With these recordings, the AVQI was extracted by a PRAAT program script and, from the measures offered by the index, it was of interest in this study, also the CPPS measure. The results of the auditory-perceptual evaluation analyzed in a previous study were used to perform the correlation with the acoustic measures of interest. The outcomes were analyzed according to the intervention group and the time of assessment using the ANOVA test for paired measures. The effect size was measured using the Partial Eta Squared test. For values with statistical difference, multiple comparisons were performed using Tukey's test, with Bonferroni correction. For the correlation of the auditory-perceptual analysis parameters and the acoustic measurements, the Spearman Correlation Test was used. A significance level of 5% was considered. **Results:** There was no difference between groups in any of the measurements. Regarding the evaluation times, there was a difference in the comparison of CPPS measures ( $p < 0.001$ ;  $\eta^2 p = 0.680$ ) and AVQI ( $p < 0.001$ ;  $\eta^2 p = 0.602$ ). For the AVQI, the Pre moment presented higher values than the PI moments ( $p < 0.001$ ) and P1M ( $p < 0.001$ ). For the CPPS, the Pre presented lower

values than the PI ( $p<0.001$ ) and P1M ( $p<0.001$ ) moments. For the correlation analysis, data from both groups were used together. There was a positive correlation between AVQI and auditory-perceptual assessment and a negative correlation between CPPS and auditory-perceptual assessment for the parameters overall degree, roughness, breathiness and tension in sustained vowel emission and number count at different intervention times. Conclusion: The AVQI and CPPS measures allowed detecting changes in voice quality after carrying out the two therapeutic proposals, showing no differences between the proposals. These acoustic measures were related to parameters of the auditory-perceptual analysis both in the pre-therapy moment and in the two moments after the therapy.

**Key-words :** Voice, voice quality, aging, acoustic analysis, perceptual analysis

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVQI - Acoustic Voice Quality Index

CAPE-V - Protocolo de Avaliação perceptivo-auditiva Clínica Vocal

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa

CPP - Cepstral Peak Prominence

CPPS - Cepstral Peak Prominence Smoothed

EENM - Eletroestimulação neuromuscular

$f_0$  - Frequência fundamental <sup>1</sup>

GRBASI – G: Grau geral; R: Rugosidade; B: Soprosidade; A: Astenia; S: Tensão; e I: Instabilidade.

---

<sup>1</sup> Será utilizado neste estudo a abreviação de  $f_0$  conforme a literatura de TITZE et al., (2015)

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Principais estudos sobre terapia vocal para idosos e seus desfechos.

Quadro 2 - Valores do CPPS em estudos comparativos entre vozes saudáveis e com desvios.

Quadro 3 - Valores de CPPS em falantes do Português Brasileiro sem queixas vocais.

Quadro 4 - Valores de corte do AVQI versão 03.01 para classificação de vozes com e sem desvio vocal em diferentes idiomas e faixa etária.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Comparação do CPPS e AVQI em função do momento de avaliação e do grupo de intervenção.

Tabela 2 – Correlação entre CPPS e as medidas de avaliação perceptivo-auditiva da amostra de vogal e contagem nos momentos PRÉ, PI e P1M em todos os participantes.

Tabela 3- Correlação entre AVQI e as medidas de avaliação perceptivo-auditiva da amostra de vogal e contagem nos momentos PRÉ, PI e P1M em todos os participantes.

# **SUMÁRIO**

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                                                     | <b>14</b> |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>                                          | <b>21</b> |
| <b>3 OBJETIVO</b>                                                       | <b>45</b> |
| <b>4 MATERIAL E MÉTODO</b>                                              | <b>47</b> |
| 4.1 Casuística                                                          |           |
| 4.2 Procedimento para coleta e armazenamento das amostras de fala e voz |           |
| 4.2.1. Grupos de participantes                                          |           |
| 4.2.2 Intervenção                                                       |           |
| 4.2.3 Gravação das vozes                                                |           |
| 4.2.4 Avaliação perceptivo-auditiva das gravações                       |           |
| 4.3 Procedimento do projeto ora proposto                                |           |
| 4.4 Análise dos dados                                                   |           |
| <b>5 RESULTADOS</b>                                                     | <b>54</b> |
| <b>6 DISCUSSÃO</b>                                                      | <b>61</b> |
| <b>7 CONCLUSÃO</b>                                                      | <b>74</b> |
| <b>8 REFERÊNCIAS</b>                                                    | <b>76</b> |

## **1- INTRODUÇÃO**

O aumento do índice de envelhecimento populacional tornou-se uma realidade mundial. As melhorias advindas de um rigoroso controle de doenças infecciosas, avanços econômicos, melhorias nutricionais e acesso a redes sanitárias geraram evoluções na saúde geral da população (OLIVEIRA; CRUZ, 2015).

De acordo com a OMS (2015), em 25 anos, o Brasil dobrará a taxa de idosos, alcançando 20% da população. Com o crescimento da população idosa, são necessários estudos voltados às demandas da mesma.

O envelhecimento acarreta mudanças físicas, sociais e psíquicas no idoso, como alteração no ciclo sono vigília, depressão e mudanças sociais vivenciadas por esta população (MOREIRA et al., 2016). Tais adequações às mudanças biopsicossociais afetam diretamente a vida desses indivíduos em situações cotidianas.

Dentre as mudanças físicas decorrentes do avanço da idade, incluem-se as que ocorrem nas estruturas responsáveis pela fonação. Especificamente na laringe, pode ocorrer arqueamento e atrofia das pregas vocais, perda de tecido conjuntivo, redução da espessura da camada superficial da mucosa das pregas vocais e o fechamento glótico incompleto durante a fonação (PONTES; BRASOLOTTO; BEHLAU, 2005; AWAN, 2006; LIMA et al., 2009). Adicionalmente, as estruturas musculares e a mucosa também podem sofrer redução na elasticidade (FRIEDRICH; LICHTENEGGER, 1997). Tais mudanças laríngeas advindas do envelhecimento contribuem para a denominação de presbilaringe.

As mudanças na estrutura da laringe acarretam alterações funcionais que podem refletir na voz do idoso e esta condição é chamada de presbifonia (MALLICK; GARAS; MCGLASHAN, 2019). Embora possam haver aspectos distintos entre

homens e mulheres, alguns aspectos na qualidade vocal do idoso em geral são rugosidade, soprosidade, tensão, instabilidade (GREGORY et al., 2010; SOARES et al., 2007), astenia (MENEZES et al., 2014), além de diminuição de *pitch* e *loudness* (PESSIN, 2015). Estudos apontam diminuição do tempo de fonação (CERCEAU; ALVES; GAMA, 2009) e aumento das medidas de perturbação e ruído na análise acústica da voz de idosos ( SPAZZAPAN, 2018).

As terapias vocais voltadas à população idosa têm demonstrado benefícios. As abordagens terapêuticas que indicam efetividade no tratamento da presbifonia foram estudadas por diversos autores, dentre eles Berg et al. (2008), Gorman et al. (2008), Kaneko et al. (2015), Sauder et al.(2010) e Tay; Phyland; Oates (2012), que realizaram a proposta de intervenção com Exercícios de Função Vocal (EFV); Lu, Presley e Lammers (2013), que propuseram exercícios da proposta do método de terapia vocal Lee Silverman (*Lee Silverman Voice Treatment - LSVT*); Siracusa et al.(2011) e Santos et al. (2013), que verificaram a ação da técnica com trato vocal semiocluído; Ziegler et al. (2014), que propuseram o método PhoRTE (*Phonation Resistance Training Exercise*) e compararam os resultados com EFV; Ziegler et al. (2014), que estudaram a diferença de adesão e satisfação de pacientes referentes a dois tipos de terapia de voz, EFV e PhoRTE, no tratamento de presbifonia; Belsky et al. (2021), que compararam o desempenho obtido em terapia vocal do método PhoRTE e o desempenho da terapia de voz PhoRTE associada ao treinamento de força muscular expiratória (EMST); Godoy, Silvério e Brasolotto (2019), que verificaram a diferença da Terapia Vocal para Idosos (TVI) administrada de forma intensiva e de forma convencional; LaGorio, Carnaby-Mann e Crary (2010) que realizaram intervenção fonoaudiológica com o uso da eletroestimulação neuromuscular; Fabbron et al. (2018) que propuseram intervenção fonoaudiológica

por meio da terapia com progressão de intensidade e de frequência da voz e de duração do tempo de fonação e; ainda, Fabron (2019) que realizou ensaio clínico controlado, randomizado e cego com a mesma terapia intensiva em um grupo com e outro sem eletroestimulação associada. Tais estudos demonstraram que a intervenção terapêutica melhora a qualidade vocal do idoso, bem como sua comunicação, podendo-se afirmar que os avanços obtidos em terapia refletem na qualidade de vida em geral. Os resultados terapêuticos foram avaliados por ferramentas, como avaliação laríngea, análise acústica, avaliação perceptivo-auditiva e a autoavaliação vocal.

A análise acústica consiste na conversão vocal em sinal sonoro, a partir de *softwares*, e fornece medidas instrumentais que determinam e quantificam a qualidade vocal analisada de acordo com a periodicidade, amplitude, duração e composição espectral da voz (KENT, 2015).

A análise acústica tradicional é indicada para avaliar vozes com desvios vocais leves. Diferentemente, medidas cepstrais isoladas ou associadas a outras foram indicadas como promissoras na investigação de vozes com maior desvio (AWAN et al., 2016; MARYN; BODT; ROY, 2010).

Em indivíduos disfônicos, os sinais de voz podem variar de quase periódicos a completamente aperiódicos, de forma que a complexidade de um sinal com desvios moderados e intensos pode comprometer a confiabilidade das medidas tradicionais baseadas em modelos lineares (LOPES et al., 2019). Medidas tradicionais apresentam uma correlação de moderada a forte com a percepção auditiva do desvio vocal (AWAN; ROY, 2009), entretanto elas podem ter uma aplicação restrita na análise de vozes com desvios mais intensos.

O cepstrum é um espectro de energia logarítmica obtido por meio de duas transformadas de Fourier. A diferença entre o primeiro pico de energia (também chamado de primeiro *Rahmonic*) e a linha que está abaixo do pico (chamada de linha de regressão) resulta na medida Cepstral Peak Prominence (CPP) (HILLENBRAND; CLEVELAND, 1994). Uma modificação simples no CPP produz uma melhora notável na precisão da medida quando antes da extração do pico cepstral é realizada a suavização do CPP, então é obtida a medida Cepstral Peak Prominence Smoothed (CPPS) (HILLENBRAND; HOUDE, 1996). Vozes mais periódicas apresentam uma configuração harmônica bem definida dentro do espectro e, portanto, um pico cepstral mais proeminente. Ao contrário, vozes com maior ruído e menor qualidade vocal apresentam diminuição do pico cepstral (DELGADO-HERNÁNDEZ et al., 2018). A amplitude do pico cepstral é determinada não só pelo grau de periodicidade, mas também pela energia e o tamanho da janela de análise do espectro, sendo que o CPP é uma medida com janela de análise de 10ms e o CPPS tem janela de análise de 2ms. (HILLENBRAND; CLEVELAND, 1994). O cepstrum também é considerado um método de obtenção de  $f_0$ , em que seus valores refletem a convolução do sinal da fonte (laringe) e da resposta do trato vocal (sistema de ressonância), sendo a convolução uma interação de dois conjuntos de propriedades espectrais (DE KRON, 1993)

O *Acoustic Voice Quality Index* (AVQI) é um índice multiparamétrico que utiliza diversos parâmetros para fornecer um escore único da qualidade vocal e tem melhores chances de refletir de modo mais fidedigno a qualidade vocal do indivíduo. O AVQI considera diversos parâmetros acústicos e seu escore é extraído a partir da vogal sustentada e da fala encadeada. Para quantificar a intensidade de desvio da qualidade vocal, considerando concomitantemente a fala encadeada e a vogal

sustentada, seis medidas acústicas são utilizadas: CPPS; *Harmonic-to-noise ratio* (HNR); *Shimmer local* (Shim); *Shimmer local* dB (ShdB); *General slope of the spectrum* (Slope) e *Tilt of the regression line through the spectrum* (Tilt), para fornecer um único escore de zero a dez pontos (MARYN et al., 2010). Para extração do AVQI, utiliza-se um *script* no programa Praat, que é um *software* livre que pode ser baixado gratuitamente pela internet (BOERSMA et al., 2007). Como medida da gravidade da disfonia, descobriu-se que a medida AVQI tem precisão, confiabilidade e validade diagnóstica (MARYN; DE BODT; ROY, 2010).

O CPPS e AVQI fornecem estimativas válidas da severidade da disfonia (LEE et al., 2018; ANTONETTI et al., 2020). Além disso, outros benefícios dos índices CPPS e AVQI podem ser considerados, como o custo (o *software Praat* é de acesso livre e gera ambas as medidas), a disponibilidade da ferramenta e a precisão diagnóstica.

Tais medidas acústicas, que compõem o processo de avaliação multidimensional da voz, podem ser utilizadas com diversos objetivos a saber: no rastreio de alterações vocais, no diagnóstico do distúrbio vocal, na confirmação diagnóstica, no monitoramento do efeito de uma determinada estratégia vocal, bem como, no monitoramento de intervenção terapêutica. O presente estudo se enquadra no monitoramento do efeito. Medidas cepstrais e os índices acústicos têm sido apontados como uma das principais ferramentas para monitoramento de efeito de terapia vocal, uma vez que, melhor refletem as mudanças no mecanismo de produção da fisiologia da fonação e da qualidade vocal.

Diante disso, levantou-se a questão de que as medidas de análise acústica CPPS e AVQI poderiam apontar resultados mais detalhados na avaliação dos

efeitos de uma proposta terapêutica, uma vez que, essas medidas têm sido utilizadas em diversas populações e patologias e que há necessidade de entender cada vez mais a população de idosos.

A hipótese do presente estudo é que há mudanças nas medidas cepstrais, como a diminuição do valor AVQI e o aumento daquela referente ao CPPS após intervenção terapêutica. Além disso, haverá correlação negativa do CPPS com os parâmetros da avaliação perceptivo-auditiva e positiva para AVQI.

Este trabalho trará contribuições para a prática clínica com a população idosa. Além disso, por usar dados de um ensaio clínico randomizado cego, também fornecerá dados para comparação em futuros estudos.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

---

Inicialmente serão apresentados os trabalhos relevantes no tema terapia vocal, em seguida serão abordados estudos de avaliação vocal e seus desfechos em idosos.

A uniformização da avaliação vocal é importante para que se tenham dados de diferentes populações, comparação de resultados de pesquisas. Nesse contexto, houve o interesse de pesquisadores em buscar formas de avaliações vocais que pudessem dar suporte no diagnóstico e acompanhamento terapêutico, bem como propostas de tratamento. A avaliação vocal no idoso envolve várias etapas que se complementam, dentre elas um levantamento detalhado do histórico clínico do paciente, avaliação perceptivo-auditiva, análise acústica e instrumentos de autoavaliação, além do exame laríngeo, que norteia junto a outras avaliações vocais o processo terapêutico (PATEL et al., 2018). Por meio de instrumentos diversificados de avaliação da voz do idoso, é possível definir a conduta mais apropriada de tratamento para cada indivíduo (FABBRON et al., 2020).

Nos últimos anos, diversas propostas terapêuticas para a reabilitação vocal no idoso foram reportadas e seus efeitos analisados (BERG et al., 2008; GORMAN et al., 2008; KANEKO et al., 2015; SAUDER et al., 2010; TAY et al., 2012; LU FANG-LING et al., 2013; SIRACUSA et al., 2011; SANTOS et al., 2013; ZIEGLER et al., 2014; NEMR et al., 2014; GODOY; SILVERIO; BRASOLOTTO, 2019 ; LAGORIO; CARNABY-MANN; CRARY, 2008; LAGORIO; CARNABY-MANN; CRARY, 2010; FABRON et al., 2018; FABBRON, 2019; GODOY et al., 2020; BELSSKY et al., 2021), sendo que a maioria apresentou bons resultados na qualidade vocal. Para a análise de resultados, foram utilizadas medidas de avaliação perceptivo-auditiva, análise acústica, autorrelato de qualidade vocal, qualidade de

vida em voz e desvantagem vocal, além de sintomas vocais. A seguir, o Quadro 1 mostra os principais estudos sobre terapia vocal para idosos e seus desfechos.

| Autores/ano                          | Proposta terapêutica                                                                   | Avaliações                                                                                                | Resultados                                                                                                                   |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Berg et al. (2008)                   | Exercícios de Função Vocal (EFV)                                                       | Voice-Related Quality of Life (VRQOL) measure                                                             | Houve melhora nos resultados do VRQOL.                                                                                       |
| Gorman et al. (2008)                 | Exercícios de Função Vocal (EFV)                                                       | Tempo máximo de fonação (TMF) e medidas aerodinâmicas                                                     | Houve aumento no TMF e nas medidas aerodinâmicas sugerindo melhora na eficiência glótica.                                    |
| LaGorio, Carnaby-Mann e Crary (2008) | Programa de exercícios para a deglutição com eletroestimulação neuromuscular associada | Medida de TMF, <i>pitch range</i> (do mais alto ao mais baixo), e <i>pitch</i> habitual durante a leitura | O TMF aumentou significativamente, bem como o <i>pitch</i> mais elevado. Os resultados se mantiveram após um mês de terapia. |

|                                      |                                                                                               |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                    |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sauder et al.(2010)                  | Exercícios de Função Vocal (EFV)                                                              | Avaliação pela análise acústica, perceptivo-auditiva e pelo Índice de Desvantagem Vocal (IDV)                                                                                    | Redução dos escores do IDV, da percepção do esforço vocal e do grau de distúrbio vocal. Redução na sopro e tensão. |
| LaGorio, Carnaby-Mann e Crary (2010) | Proposta terapêutica, baseada na fisiologia do exercício, com eletroestimulação neuromuscular | Avaliação pela análise acústica, pela imagem do exame laríngeo pela estroboscopia, testes de função pulmonar e avaliação e autoavaliação pelo Índice de Desvantagem Vocal (IDV). | Mudança no TMF, no <i>pitch</i> mais elevado, no fechamento glótico, na pressão supraglótica e no IDV.             |
| Siracusa et al. (2011)               | Exercício de sopro sonorizado com o trato vocal semiocluido (ETVSO)                           | Autoavaliação vocal e avaliação perceptivo-auditiva                                                                                                                              | Houve melhora nos resultados da avaliação perceptivo-auditiva após a realização do ETVSO.                          |

|                              |                                                                                    |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tay, Phyland e Oates (2012)  | Exercícios de Função Vocal (EFV)                                                   | Avaliação perceptivo-auditiva, medidas aerodinâmicas, acústica e autoavaliação vocal.                             | Melhora significativa na percepção de rugosidade, na avaliação do TMF, nas medidas de <i>Jitter</i> , <i>Shimmer</i> e relação ruído-harmônico dos participantes do EFV. Na autoavaliação foi percebida melhora na qualidade vocal. |
| Santos et al. (2013)         | Técnica com trato vocal semiocluído<br><br>Tubos de Ressonância – Método Finlandês | Espirometria (capacidade vital) e avaliação perceptivo-auditiva (GRBAS)                                           | Houve eficácia na terapia com melhora nos índices respiratórios e na qualidade vocal                                                                                                                                                |
| Lu, Presley e Lammers (2013) | Exercícios da proposta do <i>Lee Silverman Voice Treatment (LSVT)</i> .            | Avaliação por laringoestroboscopia, medidas de função fonatória, análise acústica e avaliação perceptivo-auditiva | Observou-se melhora significativa no fechamento glótico, na função fonatória, nas medidas acústicas e na avaliação perceptivo-auditiva após tratamento                                                                              |

|                          |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nemr et al.<br>(2014)    | Programa Vocal Cognitivo                                    | Exame laringológico; avaliação perceptivo-auditiva pelo CAPE-V ( <i>Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice</i> ) e triagem pelo Protocolo de risco de disfonia ( <i>Screening Protocol of Risk of Dysphonia</i> (SPRD) | Loudness, coordenação entre respiração e fala, precisão nos movimentos articulatorios, Jitter e relação harmônico-ruído melhoraram com parâmetros dentro da faixa esperada para a faixa etária.<br><br>Houve redução dos sinais de presbilaringe e melhora notável na competência de fechamento da glote e movimento de onda da mucosa dos pacientes com e sem queixas vocais. |
| Ziegler et al.<br>(2014) | EFV, Método PhoRTE (Phonation Resistance Training Exercise) | Autoavaliação pelo questionário QVV e Percepção de esforço vocal (Perceived Phonatory Effort- PPE)                                                                                                                                | Houve melhora da autopercepção de esforço vocal após a terapia pelo método PhoRTE e melhora do QVV em ambos grupos.                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                                     |                                                                                                         |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kaneko et al. (2015)                | Exercícios de Função Vocal (EFV)                                                                        | Avaliação estroboscópica, avaliação perceptivo-auditiva da voz, medidas aerodinâmicas, análise acústica, Voice Handicap Index (VHI)-10 e eletromiografia | Houve melhora do fechamento glótico e da amplitude da onda de mucosa; dos escores da escala GRBAS; aumento do TMF, diminuição da pressão subglótica; melhora dos valores de <i>Jitter</i> e <i>Shimmer</i> ; melhora de VHI-10 e dos valores da eletromiografia. |
| Fabron et al (2018)                 | Terapia intensiva com progressão de intensidade e de frequência da voz e de duração do tempo de fonação | Avaliação perceptivo-auditiva, análise acústica, medida do TMF e autoavaliação (QVV)                                                                     | Foi observado redução do desvio da qualidade vocal e das medidas de perturbação e ruído do sinal acústico.<br><br>Elevação da $f_0$ , aumento do TMF, melhora nos escores do QVV                                                                                 |
| Godoy, Silvério e Brasoletto (2019) | Terapia vocal para idosos (TVI) comparando a aplicação intensiva e convencional                         | Avaliação perceptivo-auditiva, autoavaliação de qualidade de vida em voz (QVV) e análise perceptivo visual de exame laringoscópico.                      | Houve melhora na qualidade vocal e qualidade de vida relacionada à voz em ambos os grupos e diminuição do arqueamento das pregas vocais apenas para o grupo de terapia intensiva, imediatamente após a terapia. A maioria dos resultados se mantiveram após      |

|                |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                          | um mês.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Fabbron (2019) | Terapia intensiva com progressão de intensidade e de frequência da voz e de duração do tempo de fonação com e sem o uso da eletroestimulação neuromuscular | Avaliação perceptivo visual de exames nasolaringoscópicos, perceptivo-auditiva da qualidade vocal, análise acústica, medida do TMF e autoavaliação (QVV) | <p>Houve diferenças significativas entre GC e GE para constrição medial de ppvv entre os momentos pós imediato e o Pré terapia da avaliação perceptiva visual dos exames nasolaringoscópicos.</p> <p>Melhora no grau geral, rugosidade, soprosidade em ambos grupos.</p> <p>Na comparação entre grupos, houve maior mudança de <i>Jitter GC</i>.</p> <p>Na comparação entre os momentos, houve aumento de <math>f_0</math>, melhora do <i>Jitter</i>, <i>vF0</i>, <i>Shimmer</i>, <i>vAm</i> e <i>SPI</i>.</p> <p>Aumentos de tensão, <i>pitch</i> e <i>loudness</i> na vogal “a”.</p> <p>Melhora dos escores do QVV.</p> |

|                          |                                                                          |                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Godoy et al (2020)       | Programa Terapia Vocal para Idosos (TVI)                                 | Avaliação perceptivo-auditiva, autoavaliação vocal (QVV) e exames de telelaringoscopia, videoestroboscopia e nasolaringoscopia                    | Houve diminuição do desvio global da voz, da soprosidade na emissão sustentada e da rugosidade na emissão sustentada e na fala, além de aumento nos valores dos domínios físico e global do QVV e melhora no fechamento glótico. |
| Belsky et al. (In press) | Método PhoRTE com e sem Treinamento de Força Muscular Expiratória (TFEM) | IDV-10 (VHI-10), Índice do envelhecimento vocal (Aging Voice Index), Pressão expiratória máxima, análise acústica e medidas aerodinâmicas da voz. | Houve melhora nos valores do IDV-10; os dois grupos conquistaram melhores escores nas avaliações realizadas, entretanto no grupo que realizou PhoRTE+TFEM obteve os melhores resultados na pressão expiratória máxima.           |

Quadro 1 - Principais estudos sobre terapia vocal para idosos e seus desfechos.

Especificamente, Fabbroni (2019) estudou o efeito imediato e em médio prazo da terapia intensiva com progressão de intensidade e frequência da voz e duração do tempo de fonação com e sem o uso da eletroestimulação na reabilitação vocal em idosos. Participaram do estudo 35 indivíduos com idade entre 61 e 82 anos (média de 72,5), com queixas vocais no período do envelhecimento e com arqueamento de pregas vocais durante a respiração e/ou fenda fusiforme à fonação,

divididos em Grupo Experimental (GE) e Grupo Controle (GC). O GE realizou a terapia vocal associada à eletroestimulação neuromuscular e o GC, sem tal associação. Foram realizadas 12 sessões com duração de uma hora cada, durante 3 semanas. Para verificar o efeito da proposta terapêutica foram realizadas: avaliação laríngea por meio da nasoendoscopia, autoavaliação de qualidade de vida relacionada à voz, avaliações perceptivo-auditiva e acústica da voz e de TMF. Tais avaliações foram realizadas nos momentos Pré terapia (Pré), imediatamente após a terapia (PI) e, tardiamente, após um mês do término da terapia (PT). As gravações editadas foram analisadas pelo *Software* MDVP- Multi Dimensional Voice Program (KAY-PENTAX) as tarefas fonatórias selecionadas foram vogal sustentada “a”, com duração de 3 segundos, e a contagem de números de 1 a 20. Os resultados da proposta terapêutica evidenciaram mudanças positivas em relação às avaliações realizadas. A partir da avaliação perceptiva visual dos exames nasolaringoscópicos foi possível observar a diferença estatisticamente significativa entre os grupos GC e GE para o resultado da comparação da constrição medial entre os momentos PI e o Pré. Os resultados da autoavaliação pelo QVV apontaram que não houve diferenças na comparação entre o GC e GE, entretanto foi visível a melhora de valores na comparação entre os momentos Pré, PI e PT nos domínios geral, físico e sócio-emocional. Em relação à avaliação perceptivo-auditiva da emissão da vogal “a”, houve igualdade nos resultados da comparação entre os grupos de participantes, com diferenças significantes na comparação entre os momentos de avaliações nos parâmetros grau geral, rugosidade, soprosidade e tensão. De forma geral, os valores obtidos para a amostra de vogal sustentada do parâmetro rugosidade variaram entre 44,13mm e 57,35mm; para soprosidade, 36,29mm e 49,22mm; para tensão, 8,89mm e 16,15mm; e para grau geral, 48,96mm e

62,72mm. Já para contagem de números houve diferença na comparação entre os grupos no parâmetro grau geral com melhores *Amplitude Variation* e *Soft Phonation Index*. As medidas de tempo máximo de fonação mostraram-se diferentes na comparação entre os grupos para a vogal “a”, mas não na comparação entre os momentos Pré, PI e PT, apesar de o GE ter alcançado para “a” o tempo de 16,68 segundos no PT.

A partir dos achados reportados na literatura sobre terapia vocal em idoso é importante compreender que a avaliação vocal é parte inerente do processo de diagnóstico, bem como de análise do efeito da terapia com o monitoramento dos resultados alcançados. A avaliação da voz é composta por diferentes instrumentos que se complementam.

A análise perceptivo-auditiva da voz é muito utilizada na prática clínica, principalmente por realizar a tradução mais fidedigna dos aspectos relacionados à qualidade vocal (OATES, 2009). Adicionalmente a análise acústica é considerada uma ferramenta importante que fornece informações complementares que permitem deduzir sobre mecanismos fisiológicos subjacentes da produção vocal (STATHOPOULOS; HUBER; SUSSMAN et al., 2011; SOLTANI et al., 2014).

A análise acústica tradicional identifica ciclos glóticos vizinhos, ou seja, o início e fim de um ciclo vibratório das pregas vocais; por meio do sinal sonoro produzido pelas pregas vocais é fornecido uma medida instrumental que, posteriormente é analisada por *softwares* disponíveis para avaliação da voz. Além disso, a análise acústica tradicional é, frequentemente, utilizada para estudar ondas acústicas do tipo I e II, ou seja, aquelas que apresentam maior periodicidade e regularidade da onda (AWAN; ROY; DROMEY, 2009; DELGADO, 2018).

Estudos realizados na população idosa, com a utilização de análise acústica tradicional, apontam que os parâmetros acústicos mais estudados na voz do idoso são  $f_0$  (Frequência Fundamental); medidas de perturbação de frequência e amplitude, *jitter* e *shimmer*; e medida de ruído, *Noise-to-Harmonic Ratio* (GOY, 2013; GONÇALVES, 2016; SPAZZAPAN, 2018).

Numa pesquisa sobre os valores de análise acústica da voz de mulheres, Cerceau, Alves e Gama (2009) concluíram que a extensão fonatória máxima em semitons e as frequências máximas e mínimas em Hz sofreram diminuição com o avanço da idade. Nas mulheres, ocorreram diminuição da  $f_0$  e diminuição do tempo máximo de fonação.

Dehqan et al. (2013) analisaram os parâmetros acústicos em 81 indivíduos distribuídos em grupo experimental (21 idosos com faixa etária de 70 a 90 anos) e grupo controle (20 jovens com faixa etária entre 20 e 40 anos). Os parâmetros analisados foram  $f_0$ , *Jitter*, *Shimmer* e *HNR*. A  $f_0$  foi maior para homens idosos do que para homens jovens e de meia-idade. Por outro lado,  $f_0$  foi maior para mulheres jovens e de meia-idade do que para mulheres idosas. *Jitter* foi significativamente maior em homens idosos do que em mulheres idosas. Tanto o *Shimmer* quanto o *Jitter* foram significativamente maiores em falantes idosos do que em falantes jovens e de meia-idade. Além disso, a relação harmônico-ruído foi significativamente maior para homens e mulheres jovens e de meia-idade do que para homens e mulheres idosos. Os autores concluíram que os idosos apresentaram maior instabilidade vocal comparados à população jovem, de acordo com os parâmetros selecionados previamente.

Scarpel e Fonseca (2014) verificaram parâmetros acústicos de vozes de mulheres na pós-menopausa, divididas em 3 grupos: 60 a 70 anos, 71 a 80 anos e com mais de 80 anos. Os autores reportaram que com o aumento da idade ocorreu o agravamento da voz e que mulheres acima de 70 anos tiveram aumento no valor do *Jitter* e *Shimmer*. Para a medida *HNR*, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

Mezzedimi et al. (2017) elaboraram um estudo com o objetivo de compreender as alterações vocais advindas da presbifonia e realizaram uma análise objetiva por meio do *software Praat*. Os parâmetros vocais analisados foram:  $f_0$ , número de quebras de sonoridade, *jitter local*, *jitter abs local*, *jitter rap*, *jitter ppq5*, *Shimmer local*, *Shimmer local dB*, *shimmer apq3*, *Shimmer apq5*, proporção ruído-harmônico e proporção harmônico-ruído. Os autores consideraram o sexo e a idade dos participantes e dividiram a amostra em quatro subcategorias: (grupo 1) 21 homens jovens com idade entre 21 e 54 anos (idade média = 35,79); (grupo 2) 39 homens idosos com idade entre 63 e 93 anos (idade média = 74,43); (grupo 3) 35 mulheres jovens com idade entre 20 e 55 anos (média de idade = 38,49); e (grupo 4) 47 idosas com idade entre 61 e 84 anos (média de idade = 72,76). Os achados para  $f_0$  mostraram frequências mais baixas em mulheres e homens idosos, o número de quebras de sonoridade revelou que a voz do idoso não permanece estável ao longo do tempo, como em indivíduos jovens, *jitter* e *Shimmer* foram significativamente maiores em idosos de ambos os sexos, proporção ruído-harmônico foi maior em indivíduos com mais de 60 anos em ambos os sexos e a proporção harmônico-ruído teve valores mais baixos em homens e mulheres com mais de 60 anos.

Pessin et al. (2017) identificaram as alterações vocais em idosos, decorrentes das mudanças estruturais da laringe, no envelhecimento. Foram separados 72

idosos em dois grupos: 60 a 75 anos e acima de 76 anos. Todos realizaram exames laringológicos e suas vozes foram submetidas à análise perceptivo-auditiva e análise acústica. O achado mais relevante da videolaringoscopia foi a presença de pregas vocais arqueadas; em relação à avaliação perceptivo-auditiva, os idosos apresentaram desvios vocais nos parâmetros aspereza, soprosidade e instabilidade. A análise acústica apontou diminuição da  $f_0$  em mulheres e aumento da mesma nos homens, porém as alterações encontradas não apresentaram significância estatística entre os grupos.

Spazzapan et al. (2018) caracterizaram vozes saudáveis em indivíduos adultos, entre 19 e 59 anos, divididos por décadas, e verificaram o efeito do sexo e da idade, a partir das medidas acústicas de  $f_0$  (de vogal e fala), *Jitter*, *Shimmer* e NHR. Foram analisadas 176 vozes, 88 femininas e 88 masculinas, divididos em quatro grupos etários, por décadas: 19 e 29 anos (G1); participantes adultos, aqueles com idades entre 30 e 39 anos (G2) e 40 e 49 anos (G3); e adultos de meia-idade, aqueles com idades entre 50 e 59 anos (G4). Com relação à idade, na quinta década de vida, houve mudanças na voz, com diminuição da  $f_0$  na emissão de vogal e de fala encadeada em mulheres e na  $f_0$  de fala encadeada em homens; também houve aumento da medida de perturbação de amplitude *Shimmer*, que tende a ser mais elevada com o avanço da idade. Em relação ao sexo, foram verificadas diferenças, entre homens e mulheres, nas medidas de  $f_0$ , *Jitter* e NHR. Esse estudo é importante, pois mostra que é possível observar mudanças vocais após a quinta década de vida.

Pesquisas com análises acústicas da voz, que apresentam indicação para diferenciar as vozes disfônicas das não disfônicas, têm se tornado objeto de estudo

de diversos pesquisadores (VAN LIERDE et al., 2000; LOPES et al., 2019; NARASIMHAN; RAJESH, 2020).

A análise cepstral é uma medida capaz de quantificar a gravidade da disfonia e, ao contrário das medidas tradicionais, não necessita de um sinal quase periódico para ser válida. Ela possibilita a análise de espectros vocais com diferença nas amplitudes harmônicas e é sensível a patologias (RIESGO; NOTH, 2019).

Monnappa e Balasubramaniam (2015) caracterizaram a estrutura harmônica da voz de idosos saudáveis, por meio da análise cepstral, duas medidas cepstrais foram extraídas, sendo elas o *Cepstral Peak Prominence* (CPP) e o *Cepstral Peak Prominence Smoothed* (CPPS). Participaram do estudo 120 indivíduos vocalmente saudáveis, divididos em três grupos, cada grupo com 40 sujeitos (20 homens e 20 mulheres): o grupo 1 foi composto por adultos jovens, com idade entre 18 e 40 anos; o grupo 2, por adultos de meia idade, entre 40 e 60 anos; e o grupo 3, por idosos na faixa etária de 61 à 75 anos. Os autores registraram aumento das medidas cepstrais com o envelhecimento, sugerindo que a estrutura harmônica da voz não é afetada em idosos saudáveis.

Awan et al. (2016) realizaram análise cepstral por meio do Índice Espectral Cepstral de Disfonia (CSID) na voz de 332 indivíduos adultos com idade média de 51,94 anos (116 homens e 216 mulheres) divididos em dois grupos: grupo com alterações laríngeas (258 indivíduos) como paralisia / paresia de prega vocal (bilateral e unilateral); atrofia das pregas vocais; tremor; leucoplasia; disfonia de tensão muscular; lesões nas pregas vocais, incluindo nódulos, cistos, pólipos, granuloma e sulco; edema de prega vocal; disfonia espasmódica; papiloma da

laringe; laringite aguda; e grupo sem alterações laríngeas (74 indivíduos). O estudo concluiu que o CSID fornece alta precisão na classificação de vozes com distúrbios.

Watts, Awan e Maryn (2017) investigaram a relação entre medidas cepstrais e análise acústica dos softwares *Analysis of Dysphonia in Speech and Voice (ADSV)* e *Praat*. Selecionaram para o estudo gravações contidas em banco de dados de falantes nativos de flamengo e de inglês. Os autores concluíram que os valores das medidas cepstrais provenientes de programas como *ADSV* e *Praat* são relativamente semelhantes.

Narasimhan e Rajesh (2020) documentaram a diferença nos parâmetros perceptivos e objetivos da voz. Dois grupos foram incluídos na pesquisa, ambos compostos por 13 participantes do sexo masculino e 17 do sexo feminino: no grupo um, os participantes foram diagnosticados com um distúrbio de voz secundário a patologias orgânicas; e os participantes do grupo 2 eram vocalmente saudáveis. Foram extraídas medidas acústicas com base no tempo e frequência, como *Jitter*, *Shimmer* e HNR, também foram extraídas as medidas CPP e CPPS de ambos grupos. Os resultados do estudo revelaram que as vozes disfônicas diferiram significativamente das vozes normais em todos os parâmetros objetivos, ou seja, tanto nas medidas tradicionais baseadas no tempo e frequência como nas medidas cepstrais. As medidas acústicas com base no tempo foram significativamente mais elevadas, HNR significativamente menor em vozes disfônicas quando comparado com o grupo controle. O grupo disfônico teve CPP e CPPS significativamente mais baixos quando comparado ao grupo sem alterações vocais. Os resultados mostraram forte correlação dos parâmetros objetivos com grau geral, sopro e aspereza das vozes dos participantes com disфонia.

Antonetti et al. (2020) analisaram a relação das medidas CPPS e *Long-term Medium Spectrum* (LTAS) com a análise perceptivo-auditiva e determinaram qual medida acústica melhor representava a qualidade da voz. Os autores recrutaram participantes vocalmente saudáveis e disfônicos, cada participante foi instruído a emitir a vogal /a/ sustentada e a contagem de números de um a dez. Os resultados obtidos no estudo indicaram que a medida CPPS é um melhor preditor de desvio vocal em ambas as populações estudadas, pois houve correlações negativas moderada a forte com o grau geral de desvio vocal, soproidade, rugosidade e tensão (parâmetros perceptivo-auditivos).

Diversos são os valores encontrados para medida CPPS na comparação de vozes saudáveis com aquelas com desvios. Para melhor visualização compreensão, elaborou-se o Quadro 2 cujos achados são apresentados de forma sintetizada. Ressalta-se que os estudos de Lopes et al. (2019) e Antonetti et al. (2020) foram desenvolvidos em falantes do Português Brasileiro.

| Autor                           | Tarefa de fala | Idade média                        | CPPS VS  | CPPS VD  |
|---------------------------------|----------------|------------------------------------|----------|----------|
| Delgado-Hernández et al. (2018) | [a]            | VS - 36± 11,20<br>VD - 47,8± 19,8  | 14,90 dB | 11,52 dB |
| Lopes et al. (2019)             | [ε]            | 41,20 ± 14,04                      | 16,35 dB | 13,93 dB |
| Antonetti et al. (2020)         | [a]            | VS - 31,0<br>VD - 26,4             | 16,44 dB | 14,99 dB |
| Narasimhan et al. (2020)        | [a]            | VS - 30,5 ± 2,8<br>VD - 28,4 ± 1,4 | 9,81 dB  | 7,15 dB  |
| Soumya et al. (2020)            | [a]            | VS - 72,4 ±1,7<br>VD -73,2 ±2,3    | 6,92 dB  | 4,57 dB  |
| Saeedi et al. (2022)            | [a] e [i]      | VS - 45±11<br>VD - 37±11           | 16,22 dB | 12,65 dB |

Legenda: VS = Voz saudável; VD= Voz com desvio.

Quadro 2 – Valores do CPPS em estudos comparativos entre vozes saudáveis e com desvios.

Os achados da literatura nacional de CPPS em falantes do português brasileiro em populações vocalmente saudáveis foram dispostos no quadro 3. Conforme poderá ser verificado.

| Autor                      | Tarefa fonatória | Faixa etária | Homens    | Mulheres  |
|----------------------------|------------------|--------------|-----------|-----------|
| Spazzapan et al.<br>(2022) | vogal /a/        | 5-7          | 15,161 dB | 14,528 dB |
|                            |                  | 8-9          | 14,856 dB | 13,994 dB |
|                            |                  | 10-11        | 15,203 dB | 14,330 dB |
|                            |                  | 12           | 16,128 dB | 14,547 dB |
|                            |                  | 13-15        | 17,585 dB | 14,743 dB |
|                            |                  | 16-18        | 18,586 dB | 14,934 dB |
| Santos et al. (2021)       | vogal /a/        | 30-39        | 16,42 dB  | 15,03 dB  |
|                            |                  | 40-49        | 16,31 dB  | 15,14 dB  |
|                            |                  | 50-59        | 16,84 dB  | 16,62 dB  |
|                            |                  | 60-69        | 17,60 dB  | 16,65 dB  |
|                            |                  | 70-79        | 17,08 dB  | 17,21 dB  |

Quadro 3 - Valores de CPPS em falantes do Português Brasileiro sem queixas vocais.

Especificamente na população idosa, a medida CPPS foi pouco estudada. Santos et al. (2021) analisaram parâmetros perceptivo-auditivos e acústicos da voz, em jovens e idosos falantes do português brasileiro, sem queixas vocais. Os achados acústicos da sétima década de idade apontaram ser este o período do aparecimento das alterações vocais para o sexo feminino. A média dos valores obtidos de CPPS, para idosos de 70 a 79 anos, foi: 17,21dB, em mulheres; e 17,08 dB, em homens. Os resultados relacionados à perturbação de curto prazo e algumas medidas de ruído mostraram que não houve mudança em  $f_0$ , *jitter*, *Shimmer* e NHR.

Em revisão de literatura, Carding et al. (2009) analisaram três áreas de medição de resultados de voz que foram submetidas a extensas pesquisas: a análise perceptivo-auditiva, análise acústica e autorrelato do paciente sobre o problema vocal. Ao realizar o levantamento desses estudos, os autores pontuaram a necessidade de uma avaliação vocal mais robusta que contemple a natureza multidimensional da voz. Awan, Roy e Cohen (2014) apontaram o quão primordial é a avaliação multidimensional da voz.

Awan, Roy e Dromey (2009) avaliaram a capacidade de um modelo acústico composto por quatro fatores – *shimmer*, *pitch*, razão de energia espectral de baixa para alta frequência e uma medida do pico cepstral – servir como possível medida de resultado após terapia vocal. Para tanto, foram selecionadas para o estudo amostras vocais de 88 mulheres. Os escores de gravidade previstos foram fortemente associados às classificações de gravidade da disfonia percebida para pré-tratamento e pós-tratamento. O modelo acústico e os escores de gravidade da disfonia previstos mostram-se promissores como uma medida de resultados sensível e objetiva.

O índice multiparamétrico AVQI tem sido empregado em diversas populações e idiomas. Maryn et al. (2010) investigaram a validade clínica AVQI realizando dois experimentos: o primeiro utilizou gravações de 6 indivíduos com vozes normais e 33 com distúrbios de voz, sendo 19 mulheres e 14 homens, e realizaram gravações no início de uma avaliação de voz; o segundo experimento teve como foco verificar a capacidade de resposta do AVQI à mudança, selecionando gravações pré e pós-terapia de 33 indivíduos com distúrbios vocais, sendo 22 mulheres e 11 homens. Os autores concluíram que o AVQI mostrou validade, precisão diagnóstica e capacidade de resposta à mudança da voz, todos esses são atributos desejáveis na medição dos resultados do tratamento.

Em outro estudo de Maryn et al. (2010), com indivíduos com distúrbios vocais (229) e sem distúrbios (22), foram investigadas a viabilidade e precisão diagnóstica de dois contextos de amostra de voz, emissão de vogal sustentada e de fala contínua, para fins de avaliações perceptivo-auditiva e acústicas. Os autores encontraram uma relação positiva entre AVQI e Grau Geral da disfonia (G), pois quanto maior o AVQI, maior a pontuação de G. A correlação entre o resultado do AVQI e o escore G foi de 0,78, revelando alta validade.

Reynolds et al. (2012) avaliaram o uso do AVQI em crianças disfônicas e não disfônicas entre 6 e 15 anos e calcularam o AVQI de cada participante utilizando os programas *Speech Tools* e *Praat*. Também realizaram análise perceptivo-auditiva pela escala GRBAS. Houve correlação moderada com o parâmetro grau geral do desvio vocal da escala. Os autores apontaram o AVQI como uma ferramenta potencialmente útil, uma medida instrumental fácil e rápida de administrar e analisar. Constatou-se, nesse estudo, uma acurácia na aplicabilidade da ferramenta à voz pediátrica.

Barsties e Maryn (2016) dedicaram-se ao estudo exploratório da validação externa e a precisão diagnóstica do AVQI versão 03.01. Participaram do estudo 970 sujeitos com disfonia e 88 sem queixas de voz. Além da análise acústica, realizaram também o julgamento perceptivo-auditivo. Os resultados mostraram uma correlação média entre o AVQI e o julgamento perceptivo-auditivo da voz, e os autores concluíram que o AVQI versão 03.01 apresentou precisão diagnóstica, uma medida robusta e válida na avaliação da qualidade geral da voz.

Ulloa et al. (2016) investigaram a viabilidade e robustez da acurácia diagnóstica do AVQI diferenciando voz normal e disfônica, com o objetivo de validar o AVQI na língua Lituana (AVQI-LT). Foram recrutados para o estudo 184 indivíduos: 46 nativos com vozes normais e 138 com diversos distúrbios vocais. Realizou-se a análise perceptivo-auditiva por meio de duas escalas, a GRBAS e a escala visual analógica (VAS). Ambos os procedimentos de julgamento perceptivo-auditivo mostraram força de concordância. Para a classificação VAS, o valor do AVQI-LT foi de 3,48, com sensibilidade = 0,840 e especificidade = 0,922; já a média G obteve o valor de 2,97, com sensibilidade razoável mantida (0,838) e especificidade excelente (0,937). Os autores concluíram que a medida AVQI apresentou alta precisão diagnóstica distinguindo vozes normais e disfônicas.

Jayakumar, Benoy, Yasin, (2020) investigaram os efeitos da idade e do sexo no AVQI versão 02.02 em vozes saudáveis, na população indiana. O estudo abrangeu três grupos: pediátricos (50 sujeitos com faixa etária de 8 a 12 anos); adultos (100 sujeitos com faixa etária de 20 a 50 anos) e meia idade/ idosos (50 sujeitos com faixa etária de 51 a 70 anos), cada grupo teve uma distribuição igual entre os sexos. O valor encontrado para medida AVQI no grupo de idosos foi de

3,89; os valores de AVQI do grupo pediátrico e do grupo de idosos foram significativamente maiores quando comparados aos de adultos (os valores de AVQI mostraram-se mais estáveis em adultos). Os valores de AVQI não diferiram significativamente entre os grupos de idosos e pediátricos. Os efeitos de gênero não foram observados na medida AVQI.

Em uma revisão de literatura com meta-análise, Batthyany, Latoszek e Maryn (2022) encontraram 33 pesquisas sobre o AVQI reportadas na literatura que analisaram a sua capacidade de acurácia diagnóstica, a validação da medida e capacidade de resposta. Dentre os estudos incluídos pode-se encontrar os realizados com vozes de falantes do Português Brasileiro (ENGLERT et al, 2019; ENGLERT et al., 2021). Os autores verificaram que desde o início do seu uso, em 2010, o AVQI foi validado em 13 idiomas, e por tanta diversidade, a metodologia de coleta das vozes variou bastante. Entretanto, foi possível concluir que os estudos apontaram que a medida multiparamétrica tem forte precisão diagnóstica e boa sensibilidade, o que a define como uma medida robusta para a avaliação da qualidade vocal (BATTHYANY, LATOSZEK, MARYN, 2022).

A pesquisa de Englert et al. (2020) propôs avaliar o AVQI e suas medidas acústicas isoladas para verificar sua precisão em discriminar vozes com diferentes graus de desvio, utilizando um banco de dados de 258 vozes cadastrado como AVQI Brasil- validação do português brasileiro. O julgamento perceptivo auditivo foi realizado por meio de uma escala de quatro pontos: 0 = sem desvio vocal; 1 = desvio leve; 2 = moderado desvio; 3 = desvio severo. O AVQI apresentou acurácia aceitável para diferenciar vozes sem desvio vocal e com desvio. Os valores de referência encontrados no estudo para falantes do Português Brasileiro foram de

0,32 como média de indivíduos saudáveis sem disfonia, e 1,84, de indivíduos com disfonia; os escore mínimo e máximo do AVQI foram considerados juntamente pelos autores e estabeleceu-se como o limiar do AVQI brasileiro o valor de corte 1,33 para indivíduos disfônicos adultos. Na literatura, não são descritos valores desta medida na população idosa.

Há diferença nos valores de corte da medida AVQI em cada idioma e idade estudada, nesse sentido foi elaborado o Quadro 4 que apresenta os valores de AVQI encontrados em vozes saudáveis e vozes disfônicas em diferentes idiomas e faixa etária.

| Autor                   | Idioma               | Faixa etária (anos)                     | Valor do AVQI |
|-------------------------|----------------------|-----------------------------------------|---------------|
| Kim et al (2021)        | Coreano              | 16-87                                   | 3,15          |
| Fantini et al (2021)    | Italiano             | 10-83                                   | 2,35          |
| Barsties e Maryn (2016) | Holandês             | Fem- 40,31± 19,66<br>Masc- 44,41± 23,15 | 2,43          |
| Delgado et al (2018)    | Espanhol             | Fem- 44,81 ±14,26<br>Masc-47,83 ± 16,08 | 2,28          |
| Hosokawa et al (2019)   | Japonês              | 57,5 ± 15,6                             | 2,06          |
| Pommée et al (2020)     | Francês              | 4-93                                    | 2,33          |
| Barsties et al (2020)   | Alemão               | Fem- 25.43± 4.78<br>Masc- 28.35± 8.89   | 1,85          |
| Englert et al (2021)    | Português brasileiro | VD- 52,4±18,25<br>VS- 34,16±13,25       | 1,33          |

Legenda: VS = Voz saudável; VD= Voz disfônica.

Quadro 4 – Valores de corte do AVQI versão 03.01 para classificação de vozes com e sem desvio vocal em diferentes idiomas e faixa etária.

Embora haja diversos estudos sobre a voz do idoso, ainda há escassez de estudos que realizem análises utilizando a medida CPPS e a multiparamétrica AVQI em idosos e, particularmente, que mostrem efeitos de terapia nessa população.

### **3 OBJETIVO**

---

Este trabalho tem por objetivo investigar a medida cepstral CPPS e a multiparamétrica AVQI na voz de idosos submetidos à terapia intensiva com progressão de intensidade e de frequência da voz e de duração do tempo máximo de fonação, com e sem o uso da eletroestimulação na reabilitação vocal, em idosos.

Os objetivos específicos foram assim delimitados:

1- Analisar se há mudanças nas medidas CPPS e AVQI após terapia intensiva com progressão de intensidade e de frequência da voz e de duração do tempo máximo de fonação com e sem o uso da eletroestimulação na reabilitação vocal em idoso.

2- Verificar se há correlação entre as medidas CPPS e AVQI e a avaliação perceptivo-auditiva.

## **4 MATERIAL E MÉTODO**

---

Este estudo é parte de uma pesquisa mais ampla, de um ensaio clínico controlado randomizado cego, que envolveu análise do efeito imediato e em médio prazo do uso da eletroestimulação associada à terapia vocal na reabilitação vocal, em idosos. Para verificar os efeitos do processo terapêutico, foi realizado a nasolaringofibroscopia, a autoavaliação de qualidade de vida relacionada à voz, avaliações perceptivo-auditiva e de parâmetros acústicos e de tempos máximos de fonação, nos momentos Pré (um ou dois dias antes de realizar a proposta terapêutica), P1 (um ou dois dias após o término do processo terapêutico), e P1M (após um mês de intervenção) (FABBRON, 2019). Foi aprovado pelo Comitê de Ética em Seres Humanos da instituição de origem, com número CAAE: 56422916.9.0000.5417, pelo Parecer nº 1.755.225. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Dessa forma, os itens 4.1 e 4.2 referem-se à descrição da metodologia da pesquisa realizada anteriormente, cujos dados foram armazenados no banco de dados da pesquisa. O item 4.3 será a descrição da pesquisa ora apresentada.

#### *4.1 Casuística*

Participaram 35 idosos com idades entre 61 e 82 anos (média de 72,5), com queixas vocais no período do envelhecimento e com arqueamento de pregas vocais durante a respiração e/ou fenda fusiforme à fonação. Os idosos foram distribuídos de forma randomizada, em dois grupos: Grupo Experimental (GE) - 17 indivíduos sendo 13 do sexo feminino e 4 do masculino; Grupo Controle (GC) - 18 indivíduos sendo 10 do sexo feminino e 8 do masculino.

## *4.2 Procedimento para a coleta e armazenamento das amostras de fala e voz*

Este estudo contou com a amostra de vozes gravadas e armazenadas na base de dados do Laboratório de Análise Articulatória e Acústica - LAAC da Unesp.

### *4.2.1. Grupos de participantes*

Foram organizados de forma randomizada dois grupos de idosos: Grupo Experimental (GE) e Grupo Controle (GC). O GE realizou a proposta terapêutica com progressão de intensidade e de frequência da voz e de duração do tempo de fonação, com o uso da eletroestimulação neuromuscular (EENM); e o GC realizou apenas a proposta terapêutica.

Os critérios de inclusão definiram-se da seguinte forma: apresentar queixas relacionadas à voz, relacionadas ao envelhecimento; e exame laringológico compatível com a presbilaringe apresentando arqueamento de pregas vocais e/ou saliência de processos vocais durante a respiração e/ou fenda fusiforme à fonação. Foram excluídos aqueles que apresentaram dificuldades de compreensão, lesões nas pregas vocais, histórico de câncer na região de cabeça e pescoço, doenças neurológicas neuromotoras e os fumantes ou ex-fumantes há menos de cinco anos. Além disso, não participaram indivíduos que faziam uso de marcapasso por ser contra indicado para a utilização de eletroestimulação.

### *4.2.2 Intervenção*

A proposta utilizada, baseada na publicação de LaGorio, Carnaby-Mann e Crary (2010), foi de terapia intensiva com progressão de intensidade e de frequência

da voz e de duração do tempo de fonação, com e sem o uso da eletroestimulação na reabilitação vocal em idosos e consistiu numa série de exercícios vocais desenvolvidos com objetivo de aumentar gradativamente a intensidade, a extensão da voz e o tempo máximo de fonação. A partir de uma medida base de emissão vocal, calcularam-se metas fonatórias com cada participante. Para tanto, mediu-se o maior tempo máximo de fonação (TMF), a intensidade e a extensão vocal de fonação sustentada. Essa medida de linha de base foi utilizada para dar início aos passos da proposta. As metas para cada indivíduo foram calculadas para desenvolver o treino com 60%, 70% e 80% de cada medida de base, propondo, desta forma, uma hierarquia no trabalho terapêutico. A terapia foi desenvolvida com a emissão de vogais, “a” e “i” e a consoante “m”, contagem de números, frases e leitura de textos. Outras vogais puderam ser utilizadas conforme a facilidade do participante, principalmente as vogais “ô” e “ó”. A EENM foi aplicada pelo aparelho VitalStim com a configuração própria (corrente retangular, simétrica, pulsátil, com baixa frequência de 80Hz, e duração de pulso de 700µs). Foram utilizados dois pares de eletrodos colocados verticalmente sobre o meio da cartilagem tireóide, acima da membrana cricótireóideia, e outro par de eletrodos na região submandibular, abaixo do corno posterior do osso hióide, conforme proposto por FABRON et al. (2019).

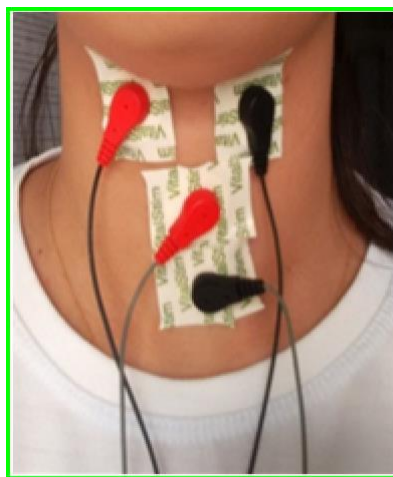


Figura 1. Posicionamento dos eletrodos

#### 4.2.3 Gravação das Vozes

Foram realizadas gravações de todos os participantes um ou dois dias antes de realizar a proposta terapêutica, após a intervenção terapêutica, que poderia ser realizada entre um ou dois dias após o término do processo terapêutico e após um mês de intervenção. As gravações foram realizadas por um bolsista TT3/FAPESP. Foram gravadas as vozes dos participantes com as emissões sustentadas da vogal “a” e fala encadeada (contagem de números), e os participantes foram orientados a emitir a vogal “a” sustentada o máximo de tempo possível, mantendo a frequência e a intensidade habituais. As gravações foram realizadas em sala acusticamente tratada utilizando o gravador digital Marantz modelo PMD660 e microfone *Sennheiser e845*. O microfone foi posicionado a quatro cm, lateralmente, da boca dos sujeitos, que permaneceram sentados em frente ao avaliador.

As amostras de áudio gravadas e armazenadas foram editadas pelo *Software Praat*. Para edição da vogal sustentada, foram mantidos, aproximadamente, três segundos de emissão, recortando-se o início e o final do sinal acústico, para que,

respectivamente, o ataque vocal e a instabilidade no final da emissão não interferissem na análise dos dados.

#### 4.2.4 Avaliação perceptivo-auditiva das gravações

Para a realização da avaliação perceptivo-auditiva, o grupo das três gravações da vogal sustentada, que foram realizadas nos momentos Pré, PI e P1M, de cada participante, foram randomizadas e apresentadas aos três fonoaudiólogos treinados para esta atividade e que não participaram de qualquer outro procedimento do estudo. Foi utilizada uma escala visual analógica de 100mm, para os parâmetros grau geral, rugosidade, sopro e tensão, em que o menor valor do desvio encontrado relacionava-se com a melhor qualidade do mesmo, e quanto maior o valor, maior o seu desvio.

#### 4.3 Procedimento do projeto ora proposto

A análise do presente estudo foi realizada a partir de gravações registradas no banco de dados da pesquisa anteriormente descrita.

O AVQI considera fala encadeada e vogal sustentada, e combina seis medidas acústicas: CPPS, HNR, *Shimmer local Shim*, *Shimmer local dB ShdB*, *General slope of the spectrum Slope* e *Tilt of the regression line through the spectrum Tilt*, e fornece um score único de zero a dez pontos (BARSTIES, MARYN, 2016; ENGLERT et al., 2020). Das gravações realizadas no estudo anterior, foram utilizadas aquelas que já estavam editadas com a emissão de vogal sustentada “a”, com duração de 3 segundos, e a contagem de números de um a 20. Com essas gravações, foi extraído o *Acoustic Voice Quality Index (AVQI)* por um *script* do programa *Praat* (Englert, M. *Script AVQI para o Software Praat*, 2020), versão

v.03.01, cedido pela pesquisadora responsável pelo desenvolvimento desse *script*. Das medidas oferecidas pelo índice, foi de interesse, neste estudo, a medida CPPS.

Estabeleceu-se como o limiar do AVQI brasileiro o valor de corte de 1,33 para indivíduos disfônicos adultos (ENGLERT et al., 2020). Na literatura, não são descritos valores de AVQI para a população idosa. Os valores de referência de CPPS em idosos brasileiros saudáveis podem ser baseados na literatura encontrada, sendo de 15,52dB (KAKUDA et al., 2021), e 17,02dB em idosos entre 60 e 69 anos e 17,15dB em idosos entre 70 e 79 anos sem queixas vocais (SANTOS et al., 2021).

#### 4.4 Análise dos dados

Os desfechos foram analisados em função do grupo de intervenção e do momento de avaliação utilizando-se o teste ANOVA de medidas pareadas. O tamanho de efeito foi mensurado com o teste Eta Quadrado Parcial (tamanho do efeito). Para os valores com diferença estatística, foram realizadas as comparações múltiplas com o Teste de Tukey, com correção de Bonferroni. O teste de correlação de Spearman foi utilizado para verificar a correlação entre os parâmetros da análise perceptivo-auditiva e as medidas acústicas CPPS e AVQI, nos diferentes momentos de coleta de dados. Todas as análises foram realizadas pelo *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) 25.0. O nível de significância adotado foi de 5%.

## **5 RESULTADOS**

---

A seguir serão apresentados os resultados da comparação em função do momento de avaliação e grupo de intervenção, além da correlação das medidas CPPS e AVQI com a avaliação perceptivo-auditiva.

Tabela 1 – Comparação do CPPS e AVQI em função do momento de avaliação e do grupo de intervenção

| Variável | Pré   |        | PI    |        | P1M   |        | Efeito  | p-valor         | $\eta^2p$ | post hoc               |
|----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|-----------------|-----------|------------------------|
|          | Média | DP     | Média | DP     | Média | DP     |         |                 |           |                        |
| CPPS     |       |        |       |        |       |        | Momento |                 |           | Pré < PI<br>(p<0,001)  |
|          | GC    | 13,226 | 2,703 | 15,812 | 1,722 | 15,801 | 2,076   | <0,001*         | 0,680     | Pré < P1M<br>(p<0,001) |
|          | GE    | 14,185 | 1,412 | 15,638 | 1,886 | 16,051 | 1,326   | Momento X Grupo | 0,190     | 0,051                  |
|          | Total | 13,692 | 2,197 | 15,727 | 1,779 | 15,923 | 17,32   | Grupo           | 0,550     | 0,011                  |
| AVQI     |       |        |       |        |       |        | Momento |                 |           | Pré > PI<br>(p<0,001)  |
|          | GC    | 2,245  | 1,691 | 0,766  | 1,036 | 0,852  | 1,228   | <0,001*         | 0,602     | Pré > P1M<br>(p<0,001) |
|          | GE    | 1,551  | 0,978 | 0,929  | 1,160 | 0,657  | 0,830   | Momento X Grupo | 0,133     | 0,067                  |
|          | Total | 1,908  | 1,416 | 0,845  | 1,085 | 0,757  | 1,043   | Grupo           | 0,502     | 0,014                  |

ANOVA de medidas repetidas; Teste de Tukey com correção de Bonferroni

Legenda: DP = desvio padrão;  $\eta^2p$  = Eta parcial quadrado; GC = Grupo Controle; GE = Grupo Experimental; Momento X grupo = Interação entre Momento e grupo

Os valores de CPPS e AVQI foram indicativos de melhor qualidade vocal para os momentos PI e P1M do que no momento Pré. O valor de ETA do CPPS apresentou maior efeito em relação ao AVQI, indicando superioridade da medida CPPS isolada em relação ao AVQI completo. Não houve diferença entre os grupos de terapia.

Tabela 2 – Correlação entre CPPS e as medidas de avaliação perceptivo-auditiva da amostra de vogal e contagem nos momentos PRÉ, PI e P1M em todos os participantes.

| CPPS        |         | Vogal  | Vogal   | Vogal  | Contagem | Contagem | Contagem |
|-------------|---------|--------|---------|--------|----------|----------|----------|
|             |         | PRÉ    | PI      | P1M    | PRÉ      | PI       | P1M      |
| GRAU GERAL  | r       | -0,446 | -0,466  | -0,256 | -0,693   | -0,499   | -0,593   |
|             | p-valor | 0,007* | 0,005*  | 0,138  | <0,001*  | 0,002*   | <0,001*  |
| RUGOSIDADE  | r       | -0,465 | -0,449  | -0,288 | -0,614   | -0,467   | -0,564   |
|             | p-valor | 0,005* | 0,007*  | 0,093  | <0,001*  | 0,005*   | <0,001*  |
| SOPROSIDADE | r       | -0,502 | -0,604  | -0,355 | -0,549   | -0,55    | -0,509   |
|             | p-valor | 0,002* | <0,001* | 0,030* | 0,001*   | 0,001*   | 0,002*   |
| TENSÃO      | r       | -0,254 | 0,032   | 0,210  | -0,411   | -0,036   | -0,064   |
|             | p-valor | 0,140  | 0,856   | 0,227  | 0,014*   | 0,838    | 0,714    |

Teste de Correlação de Spearman

Legenda: r=coeficiente de correlação

Os resultados da emissão de vogal no momento Pré, apontaram correlação negativa entre a medida acústica CPPS e os parâmetros grau geral, rugosidade e soprosidade. No momento PI, houve correlação negativa com os parâmetros grau geral, rugosidade e soprosidade. Após um mês de intervenção (P1M), houve correlação negativa entre CPPS e o parâmetro soprosidade da avaliação perceptivo-auditiva. Em relação à amostra de contagem, no momento Pré, houve correlação negativa entre CPPS e os parâmetros grau geral, rugosidade, soprosidade e tensão. No momento PI, houve correlação negativa com os

parâmetros grau geral rugosidade e soproidade. Após um mês de intervenção (P1M), houve correlação negativa entre CPPS e os parâmetros grau geral, rugosidade e soproidade em todos os participantes.

Tabela 3- Correlação entre AVQI e as medidas de avaliação perceptivo-auditiva da amostra de vogal e contagem nos momentos PRÉ, PI e P1M em todos os participantes.

| AVQI        |         | Vogal PRÉ | Vogal PI | Vogal P1M | Contagem PRÉ | Contagem PI | Contagem P1M |
|-------------|---------|-----------|----------|-----------|--------------|-------------|--------------|
| GRAU GERAL  | r       | 0,368     | 0,424    | 0,257     | 0,648        | 0,441       | 0,536        |
|             | p-valor | 0,030*    | 0,011*   | 0,136     | <0,001*      | 0,008*      | 0,001*       |
| RUGOSIDADE  | r       | 0,450     | 0,436    | 0,335     | 0,607        | 0,429       | 0,506        |
|             | p-valor | 0,007*    | 0,009*   | 0,049*    | <0,001*      | 0,010*      | 0,002*       |
| SOPROSIDADE | r       | 0,465     | 0,607    | 0,432     | 0,510        | 0,456       | 0,428        |
|             | p-valor | 0,005*    | <0,001*  | 0,010*    | 0,002*       | 0,006*      | 0,010*       |
| TENSÃO      | r       | 0,364     | -0,037   | -0,186    | 0,340        | 0,051       | 0,008        |
|             | p-valor | 0,032*    | 0,832    | 0,284     | 0,046*       | 0,771       | 0,963        |

Teste de Correlação de Spearman

Legenda: r=coeficiente de correlação

É possível observar na Tabela 3, que na emissão de vogal, no momento Pré, houve correlação positiva entre a medida multiparamétrica AVQI e os parâmetros grau geral, rugosidade, soproidade e tensão. No momento PI, houve correlação positiva com os parâmetros grau geral, rugosidade e soproidade. Após um mês de intervenção (P1M), houve correlação positiva entre AVQI e os parâmetros

rugosidade e sopro. Em relação à amostra de contagem, no momento Pré, houve correlação positiva entre AVQI e os parâmetros grau geral, rugosidade, sopro e tensão. No momento PI, houve correlação positiva com os parâmetros grau geral, rugosidade e sopro. Após um mês de intervenção (P1M), houve correlação positiva entre AVQI e os parâmetros grau geral, rugosidade e sopro em todos os participantes.

O CPPS se correlacionou melhor com os parâmetros da avaliação perceptivo-auditiva quando considerado a média do coeficiente de correlação com significância. Estes valores significam que existe maior força de correlação do CPPS quando comparado aos valores do AVQI. Este achado estatístico sugere que a medida CPPS é suficiente para verificar o efeito de uma proposta terapêutica.

## **6 DISCUSSÃO**

Os resultados deste estudo apontaram que houve diferença na comparação entre os momentos Pré e Pós terapia e houve um aumento da medida cepstral CPPS e redução nos valores de AVQI.

Os valores de CPPS e AVQI foram extraídos de gravações do banco da pesquisa desenvolvida por Fabbron (2019) cujo objetivo foi comparar o efeito imediato e em médio prazo de terapia intensiva com progressão de intensidade e de frequência da voz e de duração do tempo de fonação, com e sem o uso da eletroestimulação na reabilitação vocal, em idosos. Os resultados da proposta terapêutica evidenciaram mudanças positivas em relação à autoavaliação, às características perceptivo-auditivas e acústicas da voz após um mês do término da terapia vocal. Um estudo com um recorte dessa amostra foi desenvolvido com o objetivo de verificar o efeito imediato e em médio prazo, na voz e na laringe, de dois idosos submetidos à terapia vocal intensiva com progressão de intensidade, de frequência e de duração do tempo máximo de fonação. Os achados do estudo revelaram redução das medidas perceptivo-auditivas de desvio da qualidade vocal e diminuição das medidas de perturbação e ruído do sinal acústico, o que indicou melhora na voz, de acordo com Fabron et al. (2018).

O trabalho ora apresentado é uma continuidade do estudo anterior de Fabbron (2019), porém o interesse atual foi verificar as medidas CPPS e AVQI pelo fato de serem descritas na literatura como robustas para apontar os desvios da qualidade da voz. Diante disso, houve interesse em analisar se haveria mudança na medida cepstral e multiparamétrica após a terapia vocal e se haveria correlação da medida cepstral e multiparamétrica com a avaliação perceptivo-auditiva da voz. A seguir, serão discutidos os resultados dos valores obtidos na presente proposta.

Considerando todos os idosos avaliados, o valor médio do CPPS encontrado no momento Pré (13,69 dB) estava abaixo daqueles reportados por Kakuda et al. (2021) que encontraram os valores de 16,12 dB para vozes masculinas e 14,96 para vozes femininas e Santos et al. (2021) que encontraram os valores de 17,60 dB para homens e 16,65 dB para mulheres de 60 a 69 anos; e 17,08 dB para homens e 17,21 dB para mulheres de 70 a 79 anos.

Ainda não há um ponto de corte da medida CPPS para idosos falantes do português brasileiro, os valores de CPPS do presente estudo estão acima dos encontrados na literatura internacional para idosos (MONNAPA; BALASUBRAMANIAM, 2015; SOUMYA; NARASIMHAN, 2020). Este fato pode ter relação com a variabilidade metodológica dos estudos anteriormente realizados. Monnapa e Balasubramaniam, (2015) extraíram a medida CPPS considerando apenas a amostra de vogal sustentada, além de utilizar o software *Speech Tool (Z tool)*. O estudo de Soumya e Narasimhan (2020) incluiu apenas a população masculina de participantes nativos da língua Canarim. Ressalta-se que uma das particularidades dessa língua, sob o ponto de vista fonético fonológico, é o predomínio de fonemas fricativos, de frequência alta, e consoantes aspiradas o que impacta diretamente na medida CPPS, pois no espectro é possível observar reforçamento de frequências altas.

Na literatura nacional, os valores de CPPS obtidos por Kakuda et al. (2021) em idosos vocalmente saudáveis foram mais elevados que os encontrados no estudo ora apresentado. Santos et al. (2021) extraiu os valores de CPPS por meio de um script do *Praat* e, ainda, os participantes representaram uma população de idosos vocalmente saudáveis, sendo que, da sexta década de vida à oitava, os

valores de CPPS também foram mais elevados, mesmo nos momentos pós-terapia. O trabalho de Kakuda et al. (2021) e Santos et al.(2021) podem ser considerados uma referência para comparação de estudos nacionais com a população idosa. Além disso, é importante salientar que como não há medida de corte para idosos, esses achados parecem estar dentro de uma variabilidade daquilo que se considera normal.

O valor gerado, inicialmente, para a medida AVQI geral dos idosos foi de 1,90; a referência encontrada na literatura brasileira é de 1,33 em adultos com disfonia (etiologias orgânicas e não orgânicas) e adultos vocalmente saudáveis (ENGLERT et al., 2020).

Os valores encontrados para o AVQI do presente estudo estão abaixo dos obtidos por Jayakumar; Benoy; Yasin, (2020), para idosos. A diferença de metodologia utilizada não favorece a comparação dos resultados, porém pode-se discuti-la: a versão do AVQI utilizada no estudo anteriormente citado é a 02.02; já no presente estudo, foi utilizada a versão 03.01. A versão do AVQI 03.01 é superior ao AVQI versão 02.02 em termos de precisão diagnóstica, na versão 3 foi aprimorado a consistência interna do AVQI e posteriormente validado em vários idiomas ao redor do mundo (JAYAKUMA; RAJASUDHAKAR; BENOY, 2022). Além de se considerar as características de cada língua e a diferença no número de sílabas produzidas por ela na tarefa fonatória de fala encadeada, outras questões precisam ser consideradas, como: a gravação de áudio (por exemplo, tipo de sala e tipo de microfone) e processamento de áudio (por exemplo, recursos da placa de som, tipo de sistema operacional e softwares de processamento de áudio). Estas variáveis

podem afetar significativamente a precisão das medidas de qualidade da voz (FANTINI et al., 2021).

Estudos que utilizaram a medida cepstral para verificar efeito de terapia fonoaudiológica com populações diversas observaram aumento de CPPS após tratamento (YANG et al., 2014; MILLGARD, TUOMI, 2020; NASRIN et al., 2022) indicando melhorias no mecanismo de produção vocal.

Mesmo com propostas e princípios terapêuticos diferentes do estudo de Fabbron (2019), baseado em progressão coordenada (medida com decibelímetro, extração de  $f_0$  e medida do TMF, quando atingido um determinado tempo de terapia era realizada nova avaliação para traçar novas metas/alvo), os achados da literatura vão de encontro com os do presente estudo, indicando aumento dos valores de CPPS após terapia vocal (YANG et al., 2014; MILLGARD; TUOMI, 2020; NASRIN et al., 2022), entretanto não há estudos de controle terapêutico com a medida CPPSem idosos.

A medida AVQI foi significativamente maior nos momentos pré-terapia quando comparados aos momentos pós-terapia, resultado semelhante aos apresentados por outros estudos que verificaram os efeitos terapêuticos na voz, em vozes desviadas e saudáveis, e também no tratamento de câncer (MARYN et al., 2010; SAGIROGLU; SAIMA; KURTUL, 2020). Maryn et al. (2010) realizaram terapia de voz com estratégias indiretas (aconselhamento e conselhos sobre higiene vocal e uso saudável da voz), bem como estratégias diretas (exercícios combinados sobre fala-respiração, ressonância, tom, volume, facilitação fonatória e início da voz) para melhorar a voz e/ou para diminuir o número e a gravidade das queixas relacionadas à voz. Sagioglu; Saima e Kurtul (2020) demonstraram em seu estudo o efeito da

radioterapia supraclavicular na fisiologia da prega vocal ao final, um mês após e depois de seis meses de radioterapia. O AVQI permitiu identificar ganhos na qualidade vocal após intervenção terapêutica refletindo modificações positivas no mecanismo de produção vocal. Considerando os valores propostos por Englert et al.(2020), é possível observar que o valor do AVQI no momento pré-terapia estava acima do valor de corte estabelecido para falantes do português brasileiro; no momento PI, as vozes apresentaram redução dos valores; no momento P1M, os valores obtidos foram próximos ao estabelecido para indivíduos sem disfonia, entretanto o estudo foi realizado em adultos, não há um valor de corte de AVQI para idosos. Outra questão a ser considerada no trabalho é que a padronização de fala espontânea com a contagem foi de 1 a 11Englert et al. (2020) e, neste trabalho, foi utilizado a contagem de 1 a 20. Pode-se refletir se essa diferença metodológica,pode ter gerado um resultado que seria diferente se tivéssemos a mesma emissão.<sup>1</sup>, pois o aumentamos o número de amostras, se o idoso apresentasse mais componentes de rugosidade e soprosidade, ou até mesmo, quebra de sonoridade, modificaria o resultado. Entretanto, pode-se considerar os resultados como parte do que se considera um parâmetro de normalidade.

A presente pesquisa é pioneira, pois propõe o uso das medidas CPPS e AVQI no monitoramento do efeito terapêutico na população idosa, além de correlacionar essas medidas com a avaliação perceptivo-auditiva.

Nossos achados indicaram resultados semelhantes de CPPS e AVQI, entretanto, a medida CPPS pode ser considerada superior, pois mostrou-se capaz de monitorar o efeito terapêutico, uma vez que a análise estatística apresentou resultados mais robustos.

A avaliação perceptivo-auditiva é o método clínico de avaliação vocal mais utilizado, considerado o padrão ouro da avaliação de distúrbios vocais (OATES, 2009). Os valores de corte da avaliação perceptivo-auditiva estabelecem marcos na classificação do grau de alteração vocal e percepção de outros parâmetros a serem considerados nesta análise (BARAVIEIRA et al., 2016; YAMASAKI et al., 2017). Neste estudo, foram selecionados os parâmetros vocais de rugosidade, soprosidade e tensão por serem frequentemente utilizados para a classificação da qualidade vocal (KEMPSTER et al., 2009).

Os dados brutos da avaliação perceptivo-auditiva são detalhados no estudo de Fabbron et al. (2019). De forma geral, os valores obtidos para a amostra de vogal sustentada no parâmetro perceptivo-auditivo de rugosidade variaram entre 44,13mm e 57,35mm; para soprosidade, 36,29mm e 49,22mm; para tensão, 8,89mm e 16,15mm; e para grau geral, 48,96mm e 62,72mm. Na tarefa fonatória de fala, os valores de rugosidade variaram entre 38,42mm e 49,76mm; soprosidade, 28,65mm e 40,28mm; tensão, 1,54mm e 7,10mm; e grau geral, 40,65mm e 55,00mm.

Baravieira et al. (2016) determinaram em seu estudo valores de corte dos parâmetros rugosidade e soprosidade da avaliação perceptivo-auditiva em uma escala visual analógica de 100mm, em 150 vozes de indivíduos de ambos os gêneros, com idade superior a 18 anos e com qualidade variando desde a ausência de desvio até a sua presença em grau intenso. Os valores de corte encontrados para a rugosidade foram: grau 0, até 8,5 mm; grau 1, de 8,5 a 28,5 mm; grau 2, de 28,5 a 59,5 mm; e grau 3, valores a partir de 59,55 mm. Para a soprosidade, os valores de corte foram: grau 0, até 8,5 mm; grau 1, de 8,5 a 33,5 mm; grau 2, de 33,5 a 52,5 mm; e grau 3, a partir de 52,5 mm.

Yamasaki et al. (2017) estudaram a voz de 142 mulheres e 69 homens com e sem queixa vocal, com idades entre 19 e 60 anos, encontraram valores de corte da gravidade geral do desvio vocal na escala visual analógica e verificaram o poder de discriminação desses valores de corte de acordo com diferentes graus de desvio vocal. Os valores obtidos, variando de vocalmente normal a voz desviada, foram de: 35,5mm para vozes normais ou desvio leves/moderados; 50,5mm que corresponde ao ponto de corte entre desvios vocais leves/moderados e moderados; e o valor de 90,5mm que corresponde ao ponto de corte entre desvios moderados e graves. Especialmente na voz do idoso, ainda não há nota de corte para percepção dos parâmetros vocais da análise perceptivo-auditiva.

Para correlação da presente proposta, foram utilizados os valores da avaliação perceptivo-auditiva realizada por Fabbrion (2019). Neste estudo, observou-se correlação negativa da medida CPPS com os parâmetros grau geral de desvio vocal, rugosidade e soprosidade da avaliação perceptivo-auditiva da voz nas tarefas de vogal sustentada e contagem de números, no entanto a correlação entre CPPS e tensão foi observada apenas para a contagem de números. O parâmetro tensão foi mais percebido pelos avaliadores na tarefa fonatória de contagem de números. Sabe-se que o tipo de amostra, fala ou vogal sustentada contribui para a variabilidade da avaliação perceptivo-auditiva, pois, na avaliação da fala contínua, é possível observar variações temporais e espectrais causadas pelo início e final da palavra, pausas, fonemas surdos, contexto fonético, flutuações prosódicas na  $f_0$  e intensidade, velocidade de fala, entre outros. Uma possível explicação para esse achado está na complexidade envolvida na tentativa de coordenar todos esses aspectos durante a produção da fala encadeada, o que pode ter contribuído na percepção da tensão vocal do idoso melhor percebida na fala encadeada que na

vogal sustentada, na qual existe uma condição subglótica e supraglótica relativamente constante (MARYN; ROY, 2012; SPAZZAPAN et al., 2018).

Neste estudo, a correlação negativa da medida CPPS com o grau geral de desvio vocal corrobora a literatura (LOPES et al., 2019; NARASIMNHAN; RAJESH, 2020; ANTONETTI et al., 2020), reafirmando a relação da medida com a avaliação perceptivo-auditiva.

Latoszek et al. (2018) realizaram uma meta-análise da correlação entre os parâmetros rugosidade e soproidade com medidas acústicas, dentre elas o CPPS. O levantamento foi feito em 28 bases de dados, e os resultados obtidos revelaram que a medida CPPS pode ser utilizada como marcador acústico para percepção de ambos os parâmetros.

Paz et al. (2022) encontraram correlação negativa com os parâmetros rugosidade e soproidade da avaliação perceptivo-auditiva com CPPS, em mulheres disfônicas. Além disso, Antonetti et al. (2020) reportaram que, além do grau geral do desvio vocal, da soproidade, da rugosidade, a tensão percebida na avaliação perceptivo-auditiva apresentou correlação negativa com o CPPS. Estes achados são semelhantes aos de Antonetti et al. (2020): a proposta terapêutica anteriormente aplicada (FABBRON, 2019) refletiu na correlação da medida CPPS com o parâmetro tensão, considerando o foco da terapia de aumentar a intensidade vocal que era mais fraca na fase inicial da pesquisa. O aumento da tensão foi positivo, pois, possivelmente, estava relacionado ao esforço fonatório realizado pelos idosos para obtenção de melhor qualidade vocal.

Modelos multiparamétricos e medidas cepstrais que avaliam a qualidade vocal são mais confiáveis e válidos que medidas acústicas tradicionais. A junção de vários parâmetros acústicos em modelos de avaliação da voz demonstrou correlações mais fortes com a avaliação perceptivo-auditiva e maior confiabilidade e validade na detecção de vozes (BARSTIES; BODT, 2015).

O *Acoustic Voice Quality index* (AVQI) apresentou-se como um marcador clínico robusto, comprovado em diversos estudos, revelando precisão diagnóstica adequada, com bom poder discriminatório (MARY; DE BOLD; ROY, 2010; MARYN et al., 2010; ULOZA et al., 2016; LEE et al., 2020). Estudos anteriores revelaram que o AVQI está altamente correlacionado com a avaliação perceptivo-auditiva e que o aumento da gravidade da voz está intimamente associado ao aumento do AVQI (LEE et al., 2018; KIM et al., 2019).

Neste estudo, observou-se correlação positiva do AVQI com os parâmetros grau geral de desvio vocal, rugosidade, soprosidade e tensão da avaliação perceptivo-auditiva da voz nas tarefas de vogal sustentada e contagem de números. A correlação positiva do AVQI com o grau geral de desvio vocal é compatível com a de outros estudos encontrados na literatura: quanto maior a pontuação do AVQI, mais perturbada é a qualidade geral da voz e vice-versa (MARYN et al., 2010; KIM et al., 2019; JAYAKUMAR; BENOY, 2022).

Com relação aos parâmetros de soprosidade, Latoszek et al. (2018) encontraram alta correlação entre AVQI e soprosidade da avaliação perceptivo-auditiva não foram encontrados estudos que correlacionassem AVQI com os parâmetros rugosidade e tensão da avaliação perceptivo-auditiva, novos estudos precisam ser desenvolvidos na tentativa de compreender essa relação.

As medidas acústicas que compõem o modelo multiparamétrico AVQI são de domínio de tempo, frequência e Quefreny e permitem detectar potenciais distorções vibratórias em nível de fonte glótica (MARYN, 2018). Pode-se inferir que melhora nos valores de AVQI observadas após terapia vocal, tanto com quanto sem eletroestimulação, está relacionada à terapia, uma vez que um dos potenciais da proposta terapêutica do presente estudo foi ganho relacionado à melhora da vibração de mucosa das pregas vocais (FABBRON, 2019). O AVQI detectou os ganhos obtidos.

A medida CPPS de vozes sem desvio vocal apresentam maior periodicidade, com configuração harmônica bem definida e, portanto, maiores valores de CPPS. Vozes desviadas apresentam menor proporção entre a energia dos harmônicos e os componentes de ruído e aperiodicidade, com menores valores de CPPS (DEJONCKERE, 1996). A terapia vocal baseada na fisiologia do exercício com foco de alcance cada vez maior de intensidade e frequência da voz e duração do tempo de fonação reflete na melhora altera a fisiologia da laringe, contribuiu para um CPPS mais elevado com um pico cepstral mais intenso após terapia.

As medidas CPPS e AVQI correlacionaram-se com os parâmetros perceptivo-auditivos selecionados. A rugosidade está intimamente relacionada à irregularidade da vibração das pregas vocais, ocasionada por modificações na pressão subglótica ou alterações estruturais na borda livre das pregas vocais e a quantidade de ruído em relação aos componentes harmônicos da voz (AWAN; ROY, 2009). Dentre os potenciais da proposta terapêutica aplicada estão as mudanças provocadas no sistema fonatório de coordenação de fluxo aéreo, propiciando, assim, melhor equilíbrio aéreo e consequente redução da rugosidade.

A soprosidade é comumente caracterizada pelo maior grau de separação das pregas vocais e menor tempo de fase fechada do ciclo glótico (AWAN; ROY, 2009). O princípio de resistência vocal aplicado ao longo da terapia refletiu em maior fechamento glótico, reduzindo a percepção da soprosidade (FABBRON, 2019).

A tensão fonatória é consequência do aumento da contração da musculatura intrínseca e extrínseca da laringe, ocasionando maior rigidez no sistema e maior pressão nas pregas vocais, com aumento da pressão subglótica e aumento do tempo da fase fechada do ciclo glótico (WATTS; AWAN, 2011). O aumento de tensão após a realização da terapia foi um aspecto positivo, pois, com o fortalecimento da musculatura intrínseca da laringe, a voz dos participantes tornou-se mais forte e, conseqüentemente, mais perceptível o esforço vocal/tensão durante a produção vocal.

O grau geral da qualidade vocal está relacionado às características globais da voz e os ajustes realizados em relação à fonte glótica e às estruturas supraglóticas (DEJONCKERE et al., 2001). Os alcances atingidos em terapia refletiram de forma positiva na qualidade vocal, e com diminuição da percepção geral do desvio vocal.

Não se sabe se o fato das medidas CPPS e AVQI apresentarem diferenças significativas está em função de o CPPS compor o AVQI e se os demais parâmetros que compõem o AVQI interferiram no resultado. O interesse de estudar as duas medidas visou à contribuição, na literatura, como apoio aos futuros estudos de revisões sistemáticas ou meta análise, bem como contribuir para a clínica de voz.

Deve-se destacar que no presente estudo apenas a medida CPPS foi de interesse, as outras 5 medidas fornecidas pelo AVQI não foram exploradas, sendo

esta uma limitação do estudo, além disso a versão do AVQI validada no Português Brasileiro utilizou contagem de números de 1 a 11 não sabemos se nossos resultados seriam diferentes uma vez que utilizamos a contagem de números de 1 a 20 na fala encadeada. Dessa forma, reforça-se a importância de futuros estudos com interesses no aprofundamento de todas as medidas que compõem o índice multiparamétrico AVQI e que utilizem a amostra de 1 a 11.

## **7 CONCLUSÕES**

---

As medidas CPPS e AVQI permitiram detectar mudanças na qualidade vocal após a realização de terapia intensiva com progressão de intensidade e de frequência da voz e de duração do tempo de fonação, com e sem o uso da eletroestimulação na reabilitação vocal em idosos, tendo o CPPS melhor poder discriminatório que o AVQ. Houve melhora dos resultados nos momentos pós intervenção na comparação com o momento pré em ambas medidas. CPPS e AVQI apresentam grande potencial no direcionamento terapêutico e monitoramento dos ganhos obtidos em terapia. Houve correlação das medidas CPPS e AVQI com os parâmetros da avaliação perceptivo-auditiva, grau geral de desvio vocal, rugosidade, soprosidade e tensão, porém a correlação foi negativa para CPPS e positiva para AVQI.

## 8 REFERÊNCIAS

ANTONETTI, A. E. S. et al. Relationship of cepstral peak prominence-smoothed and long-term average spectrum with auditory-perceptual analysis. **Applied Sciences**, v. 10, n. 23, p. 8598, 2020.

APPLEBAUM, J. et al. Geriatric Dysphonia: characteristics of diagnoses in age-based cohorts in a tertiary voice clinic. **Annals of Otology, Rhinology & Laryngology**, v. 128, n. 5, p. 384-390, 2019.

AWAN, S. N. et al. Validation of the Cepstral Spectral Index of Dysphonia (CSID) as a screening tool for voice disorders: development of clinical cutoff scores. **Journal of Voice**, v. 30, n. 2, p. 130-144, 2016.

AWAN, S. N. The aging female voice: acoustic and respiratory data. **Clinical linguistics & phonetics**, v. 20, n. 2-3, p. 171-180, 2006.

AWAN, S. N.; ROY, N.; COHEN, S. M. Exploring the relationship between spectral and cepstral measures of voice and the voice handicap index (VHI). **Journal of Voice**, v. 28, n. 4, p. 430-439, 2014.

AWAN, S. N.; ROY, N.; DROMEY, C. Estimating dysphonia severity in continuous speech: Application of a multi-parameter spectralcepstral model estimating dysphonia severity in continuous speech. **Clinical Linguistics and Phonetics**, v. 23, n. 11, p. 825-841, 2009.

BALASUBRAMANIAM, R. K. BHAT, J. S. Cepstral Characteristics of Voice before, during and after Menopause: A Cross-sectional Study. **International Journal of Phonosurgery & Laryngology**, v. 4, n. 2, p. 50-54, 2014.

BARAVIEIRA, P. B. et al. Análise perceptivo-auditiva de vozes rugosas e soprosas: correspondência entre a escala visual analógica e a escala numérica. **CoDAS**, v.28, p.163-167, 2016.

BARSTIES, B.; BODT, M. Assessment of voice quality: current state-of-the-art. **Auris Nasus Larynx**, v. 42, n. 3, p. 183-188, 2015.

BARSTIES, B.; MARYN, Y. External validation of the Acoustic Voice Quality Index version 03.01 with extended representativity. **Annals of Otology, Rhinology & Laryngology**, v. 125, n. 7, p. 571-83, 2016.

BARSTIES, V. L. B, LEHNERT B, JANOTTE B. Validation of the acoustic voice quality index version 03.01 and acoustic breathiness index in German. **Journal of Voice**, v. 34, n. 1, p. 157. e17-157. e25, 2020.

BATTHYANY, C., LATOSZE, B. B. V., MARYN, Y. Meta-Analysis on the validity of the Acoustic Voice Quality Index. **Journal of Voice**, 2022. In press.

BEHLAU, M. **Voz—O livro do especialista**— 2 ed. Rio de Janeiro:Revinter, 2004.

BELSKY, M. A. et al. Phonation resistance training exercises (PhoRTE) with and without expiratory muscle strength training (EMST) for patients with presbyphonia: a noninferiority randomized clinical trial. **Journal of Voice**, 2021. In press.

BERG, E. E. et al. Voice therapy improves quality of life in age-related dysphonia: a case-control study. **Journal of Voice**, v. 22, n. 1, p. 70–74, 2008

BOERSMA P, WEENINK D. Praat: doing phonetics by computer. Version 5.3.56 [Internet]. Amsterdam: University of Amsterdam. Disponível em: <http://www.praat.org>.

BORSON, L. A. M. G.; ROMANO, L. H. Revisão: O Processo Genético De Envelhecimento E Os Caminhos Para a Longevidade. **Revista Saúde em Foco**, v. 2, p. 239-244, 2020.

CARDING, P. N. et al. Measuring voice outcomes: State of the science review. **Journal of Laryngology and Otology**, v. 123, n. 8, p. 823–829, 2009.

CERCEAU, J. S. B. ; ALVES, C. F. T. ; GAMA, A. C. C. Análise acústica da voz de mulheres idosas. **Revista CEFAC**, v. 11, n. 1, p. 142-149, 2009.

ENVELHECIMENTO, OMS- Organização Mundial da Saúde- **Relatório Mundial. Saúde**. USA: Organização Mundial de Saúde, 2015.

ENGLERT, M. et al. Accuracy of Acoustic Voice Quality Index and Its Isolated Acoustic Measures to Discriminate the Severity of Voice Disorders. **Journal of Voice**, 2020. In press.

ENGLERT, M.; LIMA, L.; BEHLAU, M. Acoustic voice quality index and acoustic breathiness index: analysis with different speech material in the Brazilian Portuguese. **Journal of Voice**, v. 34, n. 5, p. 810. e11-810. e17, 2020.

ENGLERT, M. et al. Validation of the acoustic voice quality index, version 03.01, to the Brazilian Portuguese language. **Journal of Voice**, v. 35, n. 1, p. 160. e15-160. e21, 2021.

DEHQAN, A. et al. The effects of aging on acoustic parameters of voice. **Folia Phoniatria et Logopaedica**, v. 64, n. 6, p. 265–270, 2013.

DEJONCKERE, P. H. et al. Differentiated perceptual evaluation of pathological voice quality: reliability and correlations with acoustic measurements. **Revue de laryngologie-otologie-rhinologie**, v. 117, n. 3, p. 219-224, 1996.

DELGADO-HERNÁNDEZ, J. et al. Cepstral Analysis of Normal and Pathological Voice in Spanish Adults. Smoothed Cepstral Peak Prominence in Sustained Vowels Versus Connected Speech. **Acta Otorrinolaringologica**, v. 69, n. 3, p. 134–140, 2018.

DELGADO-HERNÁNDEZ, J. et al. Validation of the acoustic voice quality index version 03.01 and the acoustic breathiness index in the Spanish language. **Annals of Otology, Rhinology & Laryngology**, v. 127, n. 5, p. 317-326. 2018.

FABRON, E. M. G. et al. Terapia vocal para idosos com progressão de intensidade, frequência e duração do tempo de fonação: estudo de casos. **CoDAS**, v. 30, n. 6, p. 1–7, 2018.

FABRON, E. M. G. et al. A eletroestimulação como coadjuvante na terapia vocal em idosos. 2019. Relatório FAPESP - Faculdade de Filosofia e Ciências de Marília, UNESP, 2019.

FABBRON, E. M.G. et al. "Avaliação da voz em idosos. *Avaliação da fala e da linguagem: perspectivas interdisciplinares em Fonoaudiologia* (2020): 371

FANTINI, M. et al. Validation of the acoustic voice quality index (AVQI) version 03.01 in Italian. **Journal of Voice**. 2021. In press.

FRIEDRICH, G.; LICHTENEGGER, R. Surgical anatomy of the larynx. **Journal of voice**, v. 11, n. 3, p. 345-355, 1997.

GODOY, J.; F. et al. Intensive voice therapy for the elderly. **Audiology-Communication Research**, v. 25, 2020. In press.

GODOY, J.; SILVERIO, K; BRASOLOTTO, A. Effectiveness of vocal therapy for the elderly when applying conventional and intensive approaches: a randomized clinical trial. **Journal of Voice**, v. 33, n. 5, p. 809. e19-809. e26, 2019.

GAMA A. C.C et al. Correlação entre dados perceptivo-auditivos e qualidade de vida em voz de idosos. **Pró-Fono Rev Atual Cient.** v. 21, p. 125-130, 2009.

GORMAN, S. et al. Aerodynamic changes as a result of Vocal Function Exercises in elderly men. **Laryngoscope**, v. 118, n. 10, p. 1900–1903, 2008.

GONÇALVES. T. M., MARTINS R. H. G. PESSIN B. B. A. Transmission electron microscopy of the presbylarynx in the process of voice aging. **Journal of voice**, v. 32, n. 1, p. 3-7, 2018.

GOY, HUIWEN et al. Normative voice data for younger and older adults. **Journal of Voice**, v. 27, n. 5, p. 545-555. 2013.

GREGORY, N. D. et al. Voice disorders in the elderly. **Journal of Voice**. v. 26, n. 2, p. 254–258, 2010.

HILLENBRAND, J.; CLEVELAND, R. A.; ERICKSON, R. L. Acoustic correlates of breathy vocal quality. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 37, n. 4, p. 769-778, 1994.

HILLENBRAND, J.; HOUDE, R. A. Acoustic correlates of breathy vocal quality: Dysphonic voices and continuous speech. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 39, n. 2, p. 311-321, 1996.

HOSOKAWA, K. et al. The acoustic voice quality index version 03.01 for the Japanese-speaking population. **Journal of Voice**, v. 33, n. 1, p. 125. e1-125. 2019.

JAYAKUMAR, T.; BENOY, J.; YASIN, H. Mohamed. Effect of age and gender on acoustic voice quality index across lifespan: a cross-sectional study in Indian population. **Journal of Voice**, 2020. In press.

KAKUDA, D. S. et al. A Voz do Idoso: Medidas cepstrais de vozes saudáveis. In: CONGRESSO FONOAUDIOLÓGICO DE BAURU, 28. **Anais [...]**, 2021.

KANEKO, M. et al. Multidimensional analysis on the effect of vocal function exercises on aged vocal fold atrophy. **Journal of Voice**, v. 29, n. 5, p. 638–644, 2015.

KENT, R. D.; READ, C. **Análise acústica da fala**. Tradução: Alexsandro Rodrigues Meireles. 2. ed. São Paulo, Cortez, 2015. 95p.

KEMPSTER, G., B. et al. Consensus auditory-perceptual evaluation of voice: development of a standardized clinical protocol. **American Journal of Speech-Language Pathology**, 18, 124–132. 2009

KIM, G. et al. Validation of the acoustic voice quality index in the Korean language. **Journal of Voice**, v. 33, n. 6, p. 948. e1-948. e9, 2019.

KIM, G., VON L; BEN B, LEE Y. Validation of acoustic voice quality index version 3.01 and acoustic breathiness index in Korean population. **Journal of Voice**, v. 35, n. 4, p. 660. e9-660. e18, 2021.

KROM, G. A cepstrum-based technique for determining a harmonics-to-noise ratio in speech signals. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 36, n. 2, p. 254-266, 1993.

LAGORIO, L. A.; CARNABY-MANN, G. D.; CRARY, M. A. Cross-system effects of dysphagia treatment on dysphonia: a case report. **Case Report** , v. 1, n. 1, p. 1-6, 2008.

LAGORIO, L. A.; CARNABY-MANN, G. D.; CRARY, M. A. Treatment of vocal fold bowing using neuromuscular electrical stimulation. **Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery**, v. 136, n. 4, p. 398-403, 2010.

LATOSZEK, B. B. et al. A meta-analysis: Acoustic measurement of roughness and breathiness. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 61, n. 2, p. 298-323, 2018.

LEE, J. M. et al. Comparison of two multiparameter acoustic indices of dysphonia severity: the acoustic voice quality index and cepstral spectral index of dysphonia. **Journal of Voice**, v. 32, n. 4, p. 515.e1-515.e13, 2018.

LEE, Y; KIM, G.; KWON, S. The usefulness of auditory perceptual assessment and acoustic analysis for classifying the voice severity. **Journal of Voice**, v. 34, n. 6, p. 884-893, 2020.

LIMA, R. F. et al. Adaptações na mastigação, deglutição e fonoarticulação em idosos de instituição de longa permanência. **Revista Cefac**, v. 11, p. 405-422, 2009.

LOPES, L. W. et al. Medidas cepstrais na avaliação da intensidade do desvio vocal. **CoDAS**, v. 31, n. 4, 2019.

LU, F. L.; PRESLEY, S.; LAMMERS, B. Efficacy of intensive phonatory-respiratory treatment (LSVT) for presbyphonia: Two case reports. **Journal of Voice**, v. 27, n. 6, p. 786.e11, 2013.

MALLICK, A. S.; GARAS, G.; MCGLASHAN, J. Presbylaryngis: a state-of-the-art review. **Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery**, v. 27, n. 3, p. 168-177, 2019.

MARYN, Y. **Acoustic measurement of overall voice quality in sustained vowels and continuous speech**. 2010.199p. Thesis ( doctorate in Health Sciences)- Ghent University, 2018.

MARYN, Y. et al. Toward improved ecological validity in the acoustic measurement of overall voice quality: combining continuous speech and sustained vowels. **Journal of Voice**, v. 24, n. 5, p. 540-555, 2010.

MARYN, Y.; BODT, M.; ROY, N. The Acoustic Voice Quality Index: Toward improved treatment outcomes assessment in voice disorders. **Journal of Communication Disorders**, v. 43, n. 3, p. 161–174, 2010.

MARYN, Y.; ROY, N. Sustained vowels and continuous speech in the auditory-perceptual evaluation of dysphonia severity. **Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 24, p. 107-112, 2012.

MENEZES, K. S. M. et al. Differences in acoustic and perceptual parameters of the voice between elderly and young women at habitual and high intensity. **Acta Otorrinolaringol(English Edition)**, v. 65, n. 2, p. 76-84, 2014.

MEZZEDIMI, C. et al. Objective Evaluation of Presbyphonia: Spectroacoustic Study on 142 Patients with Praat. **Journal of Voice**, v. 31, n. 2, p. 257.e25-257.e32, 2017.

MILLGARD, M.; TUOMI, L. Voice quality in laryngeal cancer patients: a randomized controlled study of the effect of voice rehabilitation. **Journal of Voice**, v. 34, n. 3, p. 486. e13-486. e22, 2020.

MONNAPPA, D.; BALASUBRAMANIAM, R.K. Cepstral analysis of voice in healthy aged individuals. **Journal of Laryngology and Voice**, v. 5, n. 2, p. 34, 2015.

MOREIRA, A. M. S. et al. **Qualidade de vida na terceira idade: a repercussão de um trabalho de grupo na saúde biopsicossocial**. 2016. No prelo.

NARASIMHAN, S. V.; RASHMI, R. Multiparameter voice assessment in dysphonics: correlation between objective and perceptual parameters. **Journal of Voice**, v. 36, n. 3, p.. 335–343, 2020.

NASRIN, S. et al. The effects of cricothyroid visor maneuver (CVM) therapy on the voice characteristics of patients with muscular tension dysphonia: A case series Study. **Journal of Voice**, 2022. In press

NEMR, K. et al. Cognitive Vocal Program applied to individuals with signals presbylarynx: preliminary results. **CoDAS**, v. 26, n.6, p.503-8, 2014.

OATES, J. Auditory-perceptual evaluation of disordered voice quality. **Folia Phoniatrica et Logopaedica**, v. 61, n. 1, p. 49-56, 2009.

OLIVEIRA, C. M. CRUZ, M. M. Sistema de vigilância em saúde no Brasil: avanços e desafios. **Saúde em debate**, v. 39, n. 104, p. 255–267, 2015.

PATEL, R. R. 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. **American journal of speech-language pathology**, v. 27, n. 3, p. 887-905, 2018.

PAZ, K. E. D. S. et al. Auditory Perception of Roughness and Breathiness by Dysphonic Women. **Journal of Voice**, 2022. In press

PESSIN, A. B. B. et al. Voice and aging: clinical, endoscopic and acoustic investigation. **Clinical Otolaryngology**, v. 42, n. 2, p. 330–335, 2017.

POMMÉE, T. et al. Validation of the acoustic voice quality index, version 03.01, in French. **Journal of Voice**, v. 34, n. 4, p. 646. e11-646. 2020.

PONTES, P.; BRASOLOTTO, A.; BEHLAU, M. Glottic characteristics and voice complaint in the elderly. **Journal of Voice**, v. 19, n. 1, p. 84–94, 2005.

PONTES, P.; YAMASAKI, R.; BEHLAU, M. Morphological and functional aspects of the senile larynx. **Folia Phoniatrica et Logopaedica**, v. 58, n. 3, p. 151-158, 2006.

REYNOLDS, V. et al. Objective assessment of pediatric voice disorders with the acoustic voice quality index. **Journal of Voice**, v. 26, n. 5, p. 672. e1-672. e7, 2012.

RIBEIRO, M. B, et al. Parâmetros vocais, laríngeos e de autopercepção de professoras disfônicas: análise após tratamento fonoaudiológico. Revista **CEFAC**, v. 15, n. 3, p. 616-641, 2013.

RIESGO, C. A. F.; NOTH, E. What Makes the Cepstral Peak Prominence Different to Other Acoustic Correlates of Vocal Quality? **Journal of Voice**, v. 34, n. 5, p. 806.e1-806.e6, 2019.

ROJAS, S.; KEFALIANOS, E; VOGEL, A. How does our voice change as we age? A systematic review and meta-analysis of acoustic and perceptual voice data from healthy adults over 50 years of age. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 63, n. 2, p. 533-551, 2020.

ROSOW, D. E.; P. Debbie R. Presbyphonia and minimal glottic insufficiency. **Otolaryngologic Clinics of North America**, v. 52, n. 4, p. 617-625, 2019.

SAEEDI, et al. The Validity of Cepstral Analysis to distinguish between different levels of perceptual dysphonia in the persian vocal tasks. **Journal of Voice**. 2022. In press

SAGIROGLU, S.; KURTUL, N. The effect of supraclavicular radiotherapy on acoustic voice quality index (AVQI), spectral amplitude and perturbation values. **Journal of Voice**, v. 34, n. 4, p. 649. e7-649. e13, 2020.

SANTANA, I. W. **Influência do exercício físico nas modificações laríngeas e vocais associadas ao envelhecimento**, 2006. Dissertação ( mestrado em Gerontologia biomédica)- Faculdade de Medicina- Pontifícia universidade católica do Rio Grande do sul. 2006.

SANTOS, A. O. et al. Vocal changes of men and women from different age decades: an analysis from 30 years of age. **Journal of Voice**, 2021. In press

SANTOS, S. B. al. Verifying the effectiveness of using resonance tubes in voice therapy with elderly people. **Audiology Communication Research**, v. 19, n. 1, p. 81–87, 2013.

SAUDER, C. et al. Vocal function exercises for presbylaryngis: A multidimensional assessment of treatment outcomes. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology*, v. 119, n. 7, p. 460–7, 2010.

SCARPEL, R. D.; FONSECA, M. D. L. Parâmetros acústicos de vozes de mulheres na pós-menopausa. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 17, n. 4, p. 741–750, 2014.

SIRACUSA, M. DAS G. DE P. et al. Efeito imediato do exercício de sopro sonorizado na voz do idoso. **Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 23, n. 1, p. 27–31, 2011.

SOARES, E. B. et al. Hábitos vocais em dois grupos de idosos. *Revista CEFAC*, v. 9, n. 2, p. 221–227, 2007.

SOLTANI, M. et al. Fundamental Frequency Changes of Persian Speakers Across the Life Span. **Journal of Voice**, v. 28, n. 3, p. 274-281, 2014.

SOUMYA, M.; NARASIMHAN, S.V. Correlation between subjective and objective parameters of voice in elderly male speakers. **Journal of Voice**, v. 36, n. 6, p.823–831, 2020.

SPAZZAPAN, E. A, et al. Acoustic characteristics of healthy voices of adults: from young to middle age. **CoDAS**, v. 30, n. 5, p. 1–7, 2018.

STATHOPOULOS, E. T.; HUBER, J. E.; SUSSMAN, J. E. Changes in acoustic characteristics of the voice across the life span: Measures from individuals 4–93 years of age. **Journal of Speech, Language and Hearing Research**, v.54, n.4, p. 1011-1021, 2011

TAY, E. Y. L.; PHYLAND, D. J.; OATES, J. The effect of vocal function exercises on the voices of aging community choral singers. **Journal of Voice**, v. 26, n. 5, p. 672.e19-672.e27, 2012.

TITZE, I. R. et al. Toward a consensus on symbolic notation of harmonics, resonances, and formants in vocalization. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 137, n. 5, p. 3005-3007, 2015.

ULOZA, V. et al. Validation of the Acoustic Voice Quality Index in the Lithuanian Language. **Journal of Voice**, v. 31, n. 2, p. 257.e1-257.e11, 2016.

VAN LIERDE, K. M. et al. The nasality severity index: An objective measure of hypernasality based on a multiparameter approach - A pilot study. **Folia Phoniatica et Logopaedica**, v. 59, n. 1, p. 31-38, 2000.

VERDONCK L.; IRMA M.; MAHIEU, H. F. Vocal aging and the impact on daily life: a longitudinal study. **Journal of voice**, v. 18, n. 2, p. 193-202, 2004.

WATTS, C. R.; AWAN, S. N. Use of spectral/cepstral analyses for differentiating normal from hypofunctional voices in sustained vowel and continuous speech contexts. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.54. n.6, p. 1525-1537, 2011.

WATTS, C. R.; AWAN, S. N.; MARYN, Y. A comparison of cepstral peak prominence measures from two acoustic analysis programs. **Journal of Voice**, v. 31, p. 3, p.387, 2017.

YANG, Z. et al. Cepstral analysis of voice in children with velopharyngeal insufficiency after cleft palate surgery. **Journal of Voice**, v. 28, n. 6, p. 789-792, 2014.

YAMAUCHI, A. et al. Vocal fold atrophy in a Japanese tertiary medical institute: status quo of the most aged country. **Journal of Voice**, v. 28, n. 2, p. 231-236, 2014.

YAMASAKI, R. et al. Auditory-perceptual evaluation of normal and dysphonic voices using the voice deviation scale. **Journal of Voice**, v. 31, n. 1, p. 67-71, 2017.

ZIEGLER, et al. Preliminary data on two voice therapy interventions in the treatment of presbyphonia. **The Laryngoscope**, v. 124, n. 8, p. 1869-1876, 2014.