UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS

MONIKE TSUTSUMI

Quimografia de Alta Velocidade em 3D em sujeitos com Presbifonia

São Carlos

2019

MONIKE TSUTSUMI

QUIMOGRAFIA DE ALTA VELOCIDADE EM 3D EM
SUJEITOS COM PRESBIFONIA

Versão corrigida

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da Escola de Engenharia de São Carlos – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, como requisito para a obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Bioengenharia

Orientador: Prof. Dr. Arlindo Neto Montagnoli

São Carlos

2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

T882q Tsutsumi, Monike
 Quimografia de alta velocidade em 3D em sujeitos
 com presbifonia / Monike Tsutsumi; orientador Arlindo
 Neto Montagnoli. São Carlos, 2019.

 Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação
 Interunidades em Bioengenharia e Área de Concentração
 em Bioengenharia -- Escola de Engenharia de São Carlos;
 Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; Instituto de
 Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo,
 2019.

 1. Idosos. 2. Videolaringoscopia de alta
 velocidade. 3. Presbifonia. 4. Quimografia de alta
 velocidade. 5. Voz. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): Monike Tsutsumi

TÍTULO: "Quimografia de alta velocidade em 3D em sujeitos com presbifonia"

Data da defesa: 23/08/2019

Comissão Julgadora	Assinatura	Resultado
Prof(a). Dr(a). Arlindo Neto Montagnoli UFSCar		Não votante
Prof(a). Dr(a). Domingos Hiroshi Tsuji FM/USP		Aprovado ✓
Prof(a). Dr(a). Adriana Hachiya FM/USP		APROVADA ✓
Prof(a). Dr(a). Regina Aparecida Pimenta		aprovada ✓
Prof(a). Dr(a). Giuseppe A. Cirino UFSCar		APROVADA ✓
Prof(a). Dr(a). Marcelo Suetake UFSCar		APROVADA ✓

Ao meu esposo, Seiji Isotani, e à nossa filha, Megumi Tsutsumi Isotani, por simplesmente existirem na minha vida na forma mais intensa e especial que possam existir: na forma de amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me mostrar os caminhos pelos quais posso caminhar e aprender, e pelas pessoas que me acompanham nesta caminhada.

Ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia, aos professores e funcionários, em especial, à Márcia, pelo auxílio constante no aprendizado, pelas explicações das normas e regulamentos e pelas conversas descontraídas e bem-humoradas.

Aos pacientes que autorizaram o uso de seus exames em benefício da ciência e da sociedade, tornando possível o crescimento acadêmico ao longo do tempo.

Ao meu orientador prof. Dr. Arlindo Neto Montagnoli, pelo acolhimento no grupo de pesquisa, pelas valiosas orientações e pelas preocupações além da pesquisa. Por respeitar meu lado “fonoaudióloga” no mundo da “engenharia”.

À amiga Regina Aparecida Pimenta, pelos meus primeiros passos na Bioengenharia, e pelas inúmeras experiências compartilhadas, dentro e fora de bibliotecas. Por dividir tanto conhecimento e pelo constante auxílio nas pesquisas.

Aos otorrinolaringologistas do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de São Paulo, em especial ao Dr. Domingos Hiroshi Tsuji e à Dra. Adriana Hachiya, pela coleta dos dados, matéria-prima dos nossos estudos. Pelas contribuições sempre pertinentes nas bancas e por compartilhar conhecimentos e vivência clínica com a pesquisa.

Aos meus pais, Shizuo e Etsuko, pela minha vida, por me permitir ser sua filha e me ensinar a aprender a viver. Por me mostrar que, com amor incondicional, a distância não distancia. Obrigada pelos ensinamentos pela vida toda, em todo lugar.

Ao Seiji Isotani, marido, companheiro, exemplo, por me mostrar o caminho acadêmico e seguir esta caminhada ao meu lado. Por compartilhar comigo nosso passado, nosso presente e nosso futuro.

À nossa filha Megumi, a melhor professora da vida que eu podia ter, a maior expressão de amor que pode existir, obrigada por me escolher e aceitar nesse desafio tão valioso de ser sua mãe.

Aos amigos de coração, Kelynha, Michele, Karen e Ed, de amigos de longa data a padrinhos de casamento, agradeço pelas conversas nas horas em que mais precisava, pelo apoio de perto, de longe, de sempre.

Aos sobrinhos e afilhados, crianças na minha vida, Yuji e Shinji, Akemi e Mayumi, Leo Kenshiro, Shoit, Shuji e Miyuki, por alegrarem minha vida pelo simples fato de existirem e iluminar o mundo com a alegria da infância.

Aos meus sogros Sadao Isotani e Naoko Isotani pelos conselhos e palavras de incentivo, pela força e torcida pelo nosso crescimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo suporte financeiro durante o desenvolvimento do doutorado.

RESUMO

TSUTSUMI, M. **Quimografia de alta velocidade em 3D em sujeitos com presbifonia**. 2019. Doutorado (Tese) - Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia – Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

O avanço na expectativa de vida da população torna imprescindível o desenvolvimento de tecnologias que facilitem o diagnóstico e a reabilitação dos idosos, inclusive com presbifonia, cuja alteração vocal impacta sua comunicação. Utilizar recursos mais precisos em diagnóstico, como a videolaringoscopia de alta velocidade, evidenciou a necessidade de desenvolver ferramentas computacionais para analisar os parâmetros laríngeos. **Objetivos:** Caracterizar os parâmetros laríngeos de sujeitos com presbifonia utilizando a quimografia de alta velocidade convencional (2D) e a quimografia de alta velocidade em 3D (desenvolvida nesta trabalho); Comparar os parâmetros de sujeitos presbifônicos com os sujeitos normais considerando as duas técnicas (2D e 3D); e, finalmente, fazer uma análise comparativa entre as técnicas considerando o padrão vibratório das pregas vocais. **Método:** 31 imagens laríngicas captadas pela videolaringoscopia de alta velocidade, sendo 13 de sujeitos presbifônicos foram submetidos à quimografia de alta velocidade convencional e à quimografia de alta velocidade em 3D. **Resultados:** Na comparação entre quimografias de alta velocidade 2D (convencional) e 3D foi possível verificar diferenças significativas na captação de irregularidades e padrões alterados de vibração das pregas vocais dos sujeitos presbifônicos. Ou seja, a Quimografia 3D consegue apresentar visualmente alterações que não são captadas pela técnica convencional. Análises quantitativas indicam que existe diferença estatística significativa entre os dados de amplitude na Quimografia 3D entre sujeitos do sexo masculino e feminino com presbifonia. **Conclusão:** a Quimografia de Alta Velocidade em 3D demonstrou grande potencial para analisar padrões vibratórios das pregas vocais apresentando visualmente alterações que não são percebidas com o uso da técnica convencional. Dessa forma, ela pode contribuir de maneira expressiva no diagnóstico, e auxiliar no acompanhamento médico e fonoaudiológico de sujeitos com presbifonia, melhorando a qualidade de vida desta população.

Palavras-chaves: Idosos. Videolaringoscopia de alta velocidade. Presbifonia. Quimografia de alta velocidade. Voz.

ABSTRACT

TSUTSUMI,M. **3D High-speed kymography in presbyphonic individuals**. 2019. Doutorado (Tese) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia – Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

The advancement in the life expectancy of the world's population makes it imperative to develop technologies that facilitate the diagnosis and rehabilitation of the elderly, including presbyphonic individuals, whose vocal alteration impacts the quality of their communication. Using more precise diagnostic resources, such as high-speed videolaryngoscopy, demonstrated the need to develop computational tools to analyze laryngeal parameters. **Objectives:** To characterize the laryngeal parameters of subjects with presbyphonia using conventional (2D) high-speed kymography and 3D high-speed kymography (developed in this work); To compare the parameters of presbyphonic subjects with normal subjects considering the two techniques (2D and 3D); and finally, make a comparative analysis between the techniques considering the vibratory pattern of the vocal folds. **Method:** 31 laryngeal images captured by high-speed videolaryngoscopy, 13 of presbyphonic subjects were submitted to conventional high-speed kymography and 3D high-speed kymography. **Results:** In the comparison between 2D (conventional) and 3D high-speed kymography, it was possible to verify significant differences in the visualization of irregularities and altered patterns of vocal fold vibration in presbyphonic subjects. In other words, 3D kymography can visually show changes that are not captured by the conventional technique. Quantitative analysis indicate that there is a significant statistical difference between the amplitude data in 3D kymography between male and female subjects with presbyphonia. **Conclusion:** 3D high-speed kymography demonstrated great potential to analyze vibratory patterns of the vocal folds visually presenting alterations that are not perceived with the conventional technique. Thus, it can contribute expressively to the diagnosis, and assist in the medical and speech-language pathology of subjects with presbyphonia, improving the quality of life of this population.

Keywords: Elderly. High-speed videolaryngoscopy. Presbyphonia. High-speed kymography. Voice.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração de um sistema de laringoscópio introduzido na cavidade bucal.....	33
Figura 2 - Captação da imagem das pregas vocais utilizando Videolaringoscópio de Alta Velocidade.	34
Figura 3 - Imagens ilustrando a captação das pregas vocais durante a realização da videolaringoscopia. (a) Introdução do endoscópio rígido na cavidade bucal do sujeito e (b) duas posições do endoscópio com diferentes angulações.	34
Figura 4 - Seleção do ponto médio da prega vocal.	37
Figura 5 - Visualização das pregas vocais a partir das imagens coletadas pela Videolaringoscopia de alta velocidade.	37
Figura 6 - Quimografia de alta velocidade gerada a partir da imagem laríngea, representando os ciclos glóticos no decorrer do tempo.	38
Figura 7 - Imagem de quimografia de alta velocidade.....	39
Figura 8 - Quimografia de alta velocidade exemplificando as fases do ciclo vibratório das pregas vocais.....	40
Figura 9 - Modelo de simetria e assimetria no padrão vibratório das pregas vocais: (A) movimento simétrico, (B) assimetria em amplitude, (C) assimetria de fase, (D) assimetria em amplitude e fase.....	41
Figura 10 - Determinação manual do eixo mediano entre as pregas vocais	43
Figura 11 - Determinação do contorno das pregas vocais com inserção manual dos vértices ...	43
Figura 12 - Técnica do contorno ativo	44
Figura 13 - Início da segmentação automática da imagem laríngea.....	44
Figura 14 - Etapas do processo semi-automático de segmentação de imagens laríngeas (contorno ativo).	45
Figura 15 - Quimografia de alta velocidade em 3D (z= amplitude (em pixel), x= espaço entre as comissuras das pregas vocais (em pixel), y= tempo(em milissegundos))	46
Figura 16 - Quimografia de alta velocidade em 3D (z amplitude, x= espaço entre as comissuras das pregas vocais, y= tempo).....	46
Figura 17 - Quimografia de Alta Velocidade em 3D (visão 1)	47
Figura 18 - Quimografia de Alta Velocidade em 3D (visão 2)	48
Figura 19 - Quimografia de Alta Velocidade em 3D (visão 3)	48
Figura 20 - Visão da quimografia de alta velocidade em 3D na angulação em que foram extraídos os parâmetros dos tempos de fase do ciclo vibratório das pregas vocais.....	49
Figura 21 - Etapas da extração dos valores dos tempos de fases do ciclo glótico na quimografia de alta velocidade em 3D (eixo y).....	50
Figura 22-Extração das amplitudes da quimografia de alta velocidade em 3D (eixo z).	52
Figura 23 - Etapas da extração dos valores para cálculo dos espaços entre as comissuras das pregas vocais (ECPV) (eixo x) (xa, xb, xc, xd).....	53
Figura 24 - Descrição de uma Quimografia de Alta Velocidade em 3D	55
Figura 25 - Tempo de fase fechada (FF) de um ciclo vibratório na Quimografia de Alta Velocidade em 3D	56

Figura 26 - Tempos de fase de abertura (Fa) e de fechamento (Ff) de um ciclo vibratório na Quimografia de Alta Velocidade em 3D	56
Figura 27 - Quimografias de Alta Velocidade convencional (2D) de sujeitos normofônicos.....	57
Figura 28 - Quimografias de Alta Velocidade convencional (3D) de sujeitos normofônicos.....	58
Figura 29 - Representação da fase fechada nas Quimografias de Alta Velocidade em 2D e 3D.....	58
Figura 30 - Representação da fase fechada nas Quimografias de Alta Velocidade em 2D e 3D.....	59
Figura 31 - Quimografias de Alta Velocidade em 3D de sujeitos com presbifonia	59
Figura 32 - Quimografias de Alta Velocidade em 3D representando diferença na amplitude do padrão vibratório das pregas vocais de sujeitos normais (A) e com presbifonia (B), ambos do gênero masculino	60
Figura 33 - Quimografias de Alta Velocidade em 3D representando diferença na amplitude do padrão vibratório das pregas vocais de sujeitos com presbifonia do gênero feminino (A) e com presbifonia do gênero masculino (B).....	62
Figura 34 - Quimografias de Alta Velocidade em 3D de sujeitos normais e com presbifonia. (A) normal do gênero feminino (B) presbifonia do gênero feminino (C) normal do gênero masculino e (D) presbifonia do gênero masculino	63
Figura 35 - Imagem da Quimografia de Alta Velocidade em 3D representando a visualização do padrão vibratório das duas pregas vocais simultaneamente	64
Figura 36 - Imagem comparativa entre duração do ciclo vibratório das pregas vocais entre Quimografias de Alta Velocidade em 3D de sujeito normal e com presbifonia, do gênero masculino (A) Quimografia de Alta Velocidade em 3D de sujeito normal, (B) Quimografia de Alta Velocidade em 3D de sujeitos com presbifonia.....	66
Figura 37 - Quimografia de Alta Velocidade em 2D gerada a partir de uma imagem laríngea de sujeito normal do gênero feminino.....	67
Figura 38 - Quimografia de Alta Velocidade em 3D gerada a partir de uma imagem laríngea de sujeito normal do gênero feminino.....	68
Figura 39 - Quimografia de Alta Velocidade em 3D: outro ângulo de visão indicando a presença da fenda glótica posterior	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação dos valores médios da Fase Fechada do ciclo vibratório das pregas vocais entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D).....	80
Gráfico 2 - Comparação dos valores médios da Fase de abertura do ciclo vibratório das pregas vocais entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D).....	81
Gráfico 3 - Comparação dos valores médios da Fase de fechamento do ciclo vibratório das pregas vocais entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D).....	82
Gráfico 4 - Comparação dos valores médios da Fase Aberta do ciclo vibratório das pregas vocais entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D).....	83
Gráfico 5 - Comparação dos valores médios do Período Total do ciclo vibratório das pregas vocais entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D).....	84
Gráfico 6 - Comparação dos valores médios dos coeficientes de fechamento (CF) entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)	86
Gráfico 7 - Comparação dos valores médios dos coeficientes de abertura (CA) entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)	87
Gráfico 8 - Comparação dos valores médios dos coeficientes de Velocidade (CV) entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)	88
Gráfico 9 - Comparação dos valores médios da Fase Fechada entre gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)	90
Gráfico 10 - Comparação dos valores médios da Fase de abertura entre gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)	91
Gráfico 11 - Comparação dos valores médios da fase de fechamento entre gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)	92

Gráfico 12 - Comparação dos valores médios da Fase aberta entre gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)	93
Gráfico 13 - Comparação dos valores médios do período total do ciclo vibratório das pregas vocais entre gênero (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)	94
Gráfico 14 - Comparação dos valores médios dos coeficientes de fechamento entre gênero (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)	96
Gráfico 15 - Comparação dos valores médios dos coeficientes de abertura entre gênero (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)	97
Gráfico 16 - Comparação dos valores médios dos coeficientes de velocidade entre gênero (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)	98
Gráfico 17 - Comparação dos valores médios da amplitude do movimento das pregas vocais entre os grupos (sujeitos normofônico e sujeitos com presbifonia), por gênero (feminino e masculino) e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)	100
Gráfico 18 - Comparação dos valores médios da amplitude do movimento das pregas vocais entre gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia)	102
Gráfico 19 - Comparação dos valores médios da amplitude do movimento das pregas vocais entre os lados (direita e esquerda), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia) e por gêneros (feminino e masculino)	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fases do ciclo vibratório das Quimografias de Alta Velocidade convencionais (2D) de sujeitos normofônicos dos gêneros feminino e masculino.....	72
Tabela 2 - Valores médios, desvios-padrão (DP), mínimos (Mín.), e máximos (Máx.) dos coeficientes extraídos da Quimografia de Alta Velocidade em 2D de sujeitos normofônicos dos gêneros feminino e masculino	72
Tabela 3 - Fases do ciclo vibratório das Quimografias de Alta Velocidade em 3D de sujeitos normofônicos dos gêneros feminino e masculino	74
Tabela 4 - Valores médios, desvios-padrão (DP), mínimos (Mín.), e máximos (Máx.) dos coeficientes extraídos da Quimografia de Alta Velocidade em 3D de sujeitos normofônicos dos gêneros feminino e masculino	74
Tabela 5 - Valores médios, desvios-padrão (DP), mínimo (Mín) e máximo (Máx) da amplitude dos movimentos realizados pelas pregas vocais direita (PVD) e esquerda (PVE) em sujeitos normofônicos, utilizando a Quimografia de Alta Velocidade em 3D.....	75
Tabela 6 - Fases do ciclo vibratório das Quimografias de Alta Velocidade convencionais (2D) de sujeitos com presbifonia dos gêneros feminino e masculino.....	75
Tabela 7 - Valores médios, desvios-padrão (DP), mínimos (Mín.), e máximos (Máx.) dos coeficientes extraídos da Quimografia de Alta Velocidade em 2D de sujeitos com presbifonia dos gêneros feminino e masculino.....	76
Tabela 8 - Fases do ciclo vibratório das Quimografias de Alta Velocidade em 3D de sujeitos com presbifonia dos gêneros feminino e masculino	77
Tabela 9 - Valores médios, desvios-padrão (DP), mínimos (Mín.), e máximos (Máx.) dos coeficientes extraídos da Quimografia de Alta Velocidade em 3D de sujeitos com presbifonia dos gêneros feminino e masculino.....	77
Tabela 10 - Valores médios, desvios-padrão (DP), mínimo (Mín) e máximo (Máx) da amplitude dos movimentos realizados pelas pregas vocais direita (PVD) e esquerda (PVE) em sujeitos com presbifonia, utilizando a Quimografia de Alta Velocidade em 3D	77
Tabela 11 - Comparação entre os grupos em relação ao tempo de fase fechada (FF) do ciclo vibratório das pregas vocais	80
Tabela 12 - Comparação entre os grupos em relação ao tempo de fase de abertura (Fa) do ciclo vibratório das pregas vocais	81
Tabela 13 - Comparação entre os grupos em relação ao tempo de fase de fechamento (Ff) do ciclo vibratório das pregas vocais	82
Tabela 14 - Comparação entre os grupos em relação ao tempo de fase aberta (FA) do ciclo vibratório das pregas vocais	83
Tabela 15 - Comparação entre os grupos em relação ao tempo de período total do ciclo vibratório (PTCV) das pregas vocais.....	84
Tabela 16 - Comparação entre os grupos em relação ao coeficiente de fechamento (CF)	86
Tabela 17 - Comparação entre os grupos em relação ao coeficiente de abertura (CA).....	87
Tabela 18 - Comparação entre os grupos em relação ao coeficiente de velocidade (CV).....	88

Tabela 19 - Comparação entre os gêneros feminino e masculino em relação ao tempo de fase fechada (FF) do ciclo vibratório das pregas vocais.....	90
Tabela 20 - Comparação entre os gêneros feminino e masculino em relação ao tempo de fase de abertura (Fa) do ciclo vibratório das pregas vocais.....	91
Tabela 21 - Comparação entre os gêneros feminino e masculino em relação ao tempo de fase de fechamento (Ff) do ciclo vibratório das pregas vocais.....	92
Tabela 22 - Comparação entre os gêneros feminino e masculino em relação ao tempo de fase aberta (FA) do ciclo vibratório das pregas vocais	93
Tabela 23 - Comparação entre os gêneros feminino e masculino em relação ao tempo do período total do ciclo vibratório (PTCV) das pregas vocais	94
Tabela 24 - Comparação entre os gêneros em relação ao coeficiente de fechamento (CF).....	96
Tabela 25 - Comparação entre os gêneros em relação ao coeficiente de abertura (CA)	97
Tabela 26 - Comparação entre os gêneros em relação ao coeficiente de velocidade (CV)	98
Tabela 27-Comparação da amplitude entre os grupos de sujeitos normofônico e com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e por prega vocal (direita e esquerda).....	100
Tabela 28-Comparação da amplitude entre os gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e com presbifonia) e por prega vocal (direita e esquerda)	102
Tabela 29-Comparação da amplitude referente ao lado da prega vocal (direita e esquerda), por grupo (sujeitos normofônicos e com presbifonia) e gênero (feminino e masculino).	104

Sumário

1.	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	21
2.	OBJETIVOS.....	23
3.	REVISÃO DA LITERATURA.....	25
3.1.	Presbifonia.....	25
3.2.	Videolaringoscopia de alta velocidade.....	28
3.3.	Quimografia de alta velocidade.....	30
4.	METODOLOGIA	33
4.1.	Seleção de dados.....	33
4.2.	Análise dos parâmetros.....	36
4.2.1.	Quimografia de Alta Velocidade.....	36
4.2.2.	Quimografia de alta velocidade em 3D	42
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO: ASPECTOS QUALITATIVOS	55
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO: ASPECTOS QUANTITATIVOS.....	71
6.1.	Caracterização da Amostra: Parâmetros Quantitativos	71
6.1.1.	Sujeitos normofônicos: Quimografia de alta velocidade convencional (2D).....	71
6.1.2.	Sujeitos normofônicos: Quimografia de alta velocidade em 3D	74
6.1.3.	Sujeitos com presbifonia: Quimografia de alta velocidade em 2D	75
6.1.4.	Sujeitos com presbifonia: Quimografia de alta velocidade em 3D	76
6.2.	Análise comparativa entre grupos de sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia	78
6.2.1.	Sujeitos normofônicos x Sujeitos com presbifonia: comparação entre os grupos (sujeitos normofônicos e com presbifonia), por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade 2D e 3D)	79
6.2.2.	Gênero feminino x Gênero masculino: comparação entre os gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e com presbifonia) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade 2D e 3D).....	89
6.2.3.	Amplitude – Sujeitos normofônicos x Sujeitos com presbifonia: comparação entre grupos (sujeitos normofônicos e com presbifonia), por gênero (feminino e masculino) e prega vocal (direita e esquerda) utilizando a Quimografia de Alta Velocidade em 3D.	99

7.	CONCLUSÕES	107
8.	TRABALHOS PUBLICADOS NO PERÍODO	109
9.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	115
	REFERÊNCIAS	117
	APÊNDICE	122
	ANEXO	130

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A população idosa no Brasil tem crescido a cada ano. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2002, existem 15 milhões de pessoas com 60 anos ou mais no país, o que representa 8,6% da população brasileira. Este público requer atenção específica, uma vez que está sujeito aos cuidados progressivos com a saúde, inerentes ao processo de envelhecimento, incluindo a presbifonia, que configura quadro de deterioração na voz exclusivamente relacionado ao avanço da idade sem a presença de outra patologia, de acordo com definição de Behlau et al. (1998). Alterações vocais culminam em dificuldades na comunicação e subsequentes impactos emocionais e sociais. Turley e Cohen (2009) referiram a prevalência de 20-47% de disfonia na população acima de 65 anos de idade, com comprometimentos diretos na qualidade de vida como ansiedade, perda do emprego, depressão e afastamento do convívio social. Behlau (2013) lista algumas modificações nos parâmetros vocais em idosos, encontradas por diversos autores, como: redução na capacidade respiratória e no tempo máximo de fonação, alterações na frequência fundamental em homens e mulheres, entre outros. Apesar da existência de muitos estudos envolvendo senilidade e voz, há poucas referências relacionando estes tópicos ao uso da Videolaringoscopia de alta velocidade.

A utilização da videolaringoscopia de alta velocidade como instrumento de captação de imagens laríngeas vem contribuindo para a promoção de conhecimento na área da laringologia de forma mais objetiva. Para otimizar sua utilização clínica faz-se necessário desenvolver diferentes técnicas para análise dos parâmetros vocais, uma vez que comumente os estudos consideram a quantificação de dados relacionados ao comportamento vibratório das pregas vocais como diferencial entre normalidade e patologias laríngeas (QIU et al., 2003; YAN; BLESS; CHEN, 2005).

A quimografia de alta velocidade representa uma técnica acessível e possibilita a análise da vibração das pregas vocais, acrescentando importantes informações aos dados da videolaringoscopia de alta velocidade. Trata-se de uma técnica de análise que permite quantificar a vibração das pregas vocais numericamente bem como observar a

presença de assimetria no padrão vibratório (SVEC; SCHUTTE, 2012). Pela visualização do movimento das pregas vocais a partir de uma linha perpendicular traçada na porção mediana da área glótica, por ser considerado de máxima amplitude de movimento, ou seja, que permite maior afastamento da linha média, é possível observar irregularidades no comportamento vibratório das pregas vocais (LARSSON et al., 2000).

É evidente a necessidade de se criar e desenvolver ferramentas computacionais que permitam a análise de parâmetros vocais de forma mais precisa.

A quimografia de alta velocidade em 3D permite a obtenção de parâmetros em 3 dimensões, sendo elas: amplitude, tempo e o eixo entre as comissuras e representa uma técnica inédita e inovadora na área, que possibilitará ampliar a extração de parâmetros a partir de imagens laríngeas contribuindo para um diagnóstico mais preciso e com maior objetividade.

Sendo assim, utilizar a quimografia de alta velocidade em 3D em uma população com presbifonia vincula-se à hipótese de utilizar um novo método que permite a extração de dados que auxiliam no conhecimento das alterações causadas pelo envelhecimento e promova desenvolvimento de terapias e monitoramento de resultados para promoção de saúde vocal de idosos.

Em observação às questões explanadas até o momento, verificou-se a necessidade de desenvolver estudos aliando o uso da Videolaringoscopia de Alta Velocidade em sujeitos com presbifonia, e a caracterização dos parâmetros laríngeos por meio da Quimografia de Alta Velocidade nesta população específica. Além disso, é importante comparar os parâmetros vocais utilizando duas métricas diferentes: a Quimografia de Alta Velocidade e a Quimografia de Alta Velocidade em 3 dimensões.

2. OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo são:

- Caracterizar os parâmetros quantitativos (tempos das fases do ciclo glótico, e coeficientes de fechamento, de abertura e de velocidade) e qualitativos (padrão visual dos tempos das fases do ciclo glótico, e do padrão vibratório das pregas vocais) da quimografia de alta velocidade e da quimografia de alta velocidade em 3D de sujeitos com diagnóstico de presbifonia
- Comparar os parâmetros obtidos entre os grupos de sujeitos com variabilidade normal da qualidade vocal (“normofônicos”) e de sujeitos com presbifonia
- Comparar duas métricas utilizando a Videolaringoscopia de Alta Velocidade: Quimografia da alta velocidade e Quimografia de alta velocidade em 3 dimensões (3D).

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Presbifonia

A voz, que representa o tema em destaque neste estudo, é considerada um importante instrumento da comunicação humana, cuja produção depende da ação integrada e harmoniosa de um conjunto de estruturas relacionadas entre si, sendo uma delas a laringe, especialmente, as pregas vocais em seu mecanismo de funcionamento (MONTAGNOLI, 2006). Este estudo foi conduzido considerando sujeitos sem queixa vocal e com variabilidade normal da qualidade vocal, denominados de sujeitos normofônicos, e sujeitos com presbifonia, condição vocal relacionada ao avanço natural da idade.

Por definição, presbifonia refere-se à deterioração vocal relacionada ao avanço da idade na ausência de associação com outras patologias (Behlau et al., 1988).

O processo de envelhecimento humano ocasiona modificações estruturais e funcionais no corpo. Na laringe este processo tem início geralmente aos 60 anos no homem, e após a menopausa na mulher. Ocorre uma gradativa calcificação das cartilagens e atrofia dos músculos laríngeos, e conseqüentemente, tais modificações causam impactos diretos sobre a voz, como tremor e instabilidade vocal, alterações na ressonância, na capacidade fonatória, alterações no *pitch* (sensação de frequência) e *loudness* (sensação de intensidade).

Alguns autores relatam outros achados nas características vocais de idosos. Arqueamento (“bowing”) e também atrofia de prega vocal são características comuns em idosos do gênero masculino (HONJO; ISSHIKI, 1980; MUELLER; SWEENEY; BARIBEAU, 1984), e presença de edema é relatado em pregas vocais de mulheres idosas (CLOSE; WOODSON, 1989). Baken (2005) relata outras características em pregas vocais de idosos, visualizadas por meio de exame de laringoscopia, como diferença na descoloração nos tecidos, perda de massa, *gap* residual no fechamento das pregas vocais, e edema. Baken (2005) desenvolveu estudo em que utilizou o

comportamento do modelo de Ishizaka-Flanagan para representar o aumento da não-linearidade como justificativa das diferentes características em vozes de idosos.

Morsomme et al. (1997) desenvolveram estudo apresentando diferenças nas características fonatórias em sujeitos com presbifonia quanto à capacidade vital, tempo máximo de fonação e coeficiente de fonação entre sexos. Relataram diferenças vocais encontradas devido ao avanço da idade, como o aumento na frequência fundamental encontrada nos presbifônicos masculinos (frequência fundamental 158Hz, maior que o valor de 120Hz encontrado em homens jovens), e redução na frequência fundamental em sujeitos presbifônicos do gênero feminino (205Hz, menor que o valor de 225Hz encontrado em mulheres jovens).

Características que podem comprometer a voz em sujeitos com o avanço da idade, especificamente de cantores, foram descritas por Sataloff et al. (1997). Os autores mencionaram a importante mudança que ocorre na frequência fundamental, sendo comum encontrar valores de até 195Hz em mulheres idosas, diferente de valores próximos a 225Hz em mulheres jovens, na voz falada. Mencionaram também a presença de soprosidade, redução do alcance de tom, mudanças em características de vibrato, tremor vocal, entre outros sinais, em vozes de cantores idosos.

Yamauchi et al. (2015a) utilizaram o termo atrofia de prega vocal para designar desordem resultante de atrofia de músculo e da mucosa da prega vocal, em que o envelhecimento é o principal fator desencadeante, no entanto, não o único. As mudanças estruturais causadas pela atrofia podem causar soprosidade e aspereza na voz. Alguns sinais como arqueamento na prega vocal, processo vocal proeminente, presença de fenda glótica fusiforme são observadas em exame de laringoscopia. Afirmam que, em idosos, a redução na amplitude do movimento das pregas vocais, fechamento incompleto e menor área supraglótica podem ser consideradas como características do padrão vibratório dos sujeitos em questão.

Ahmad, Yan e Bless (2012) mencionaram rouquidão, soprosidade, redução no volume e na clareza, bem como aumento de tremor na voz de sujeitos idosos. Relataram ainda, as diferenças encontradas na intensidade, na frequência fundamental, em *jitter* e *shimmer*, comparando grupos de sujeitos jovens e idosos.

Woo et al. (1992) reconheceu a importância de considerar que presbilinge não deveria ser aceita como uma condição comum, e que deveria ser um diagnóstico de exclusão somente após avaliação médica cuidadosa. Dessa forma evitaria conclusões errôneas e condutas inapropriadas por considerar o quadro como decorrente do envelhecimento, portanto, não passível de melhorias na qualidade vocal. Menezes e Vicente (2007) definem a presbilinge como o envelhecimento da laringe inerente à idade, e que gera a presbifonia, denominação para o envelhecimento vocal.

Em se tratando de conduta terapêutica, Sataloff et al. (1997) mencionou que a prescrição de corretos exercícios, além de manter a função muscular e a coordenação motora, promove melhorias no sistema vascular, sistema nervoso e principalmente no sistema respiratório, que é uma das funções muito afetadas com o avanço da idade. Com base nessa premissa, os autores recomendam condicionar os músculos da laringe de forma gradual sob supervisão médica, e também, terapia vocal para eliminar tremor na voz, além de aumentar agilidade, acurácia e resistência vocal, para cantores que estão enfrentando o processo de envelhecimento.

Percebe-se um consenso na literatura a respeito de conduta terapêutica envolvendo o tratamento vocal realizado por fonoaudiólogos, além do acompanhamento médico, de sujeitos com presbifonia. Bae et al. (2019) reforça esta atuação conjunta entre fonoaudiólogos e médicos, concordando que a terapia vocal representa o principal método de tratamento de sujeitos com presbifonia,

O processo de envelhecimento vocal é passível de ser retardado ou atenuado a partir de orientações sobre o uso vocal. Treinamento e exercício vocais, principalmente de aquecimento e desaquecimento, podem promover melhora na comunicação e na qualidade de vida desta população (BEHLAU, 1999; BEHLAU; PONTES, 1995; PINHO, 1998).

3.2. Videolaringoscopia de alta velocidade

Com o avanço da tecnologia nos tempos atuais, tem-se à disposição, equipamentos e instrumentos cada vez mais eficientes e precisos, capazes de proporcionar benefícios nas mais diversas áreas, incluindo a área de diagnóstico em saúde.

A laringoscopia convencional, a videoestroboscopia e atualmente a videolaringoscopia de alta velocidade são citados como instrumentos de avaliação laríngea que vem sendo aprimorados com o passar do tempo (BARAVIEIRA, 2012).

Dentre estes recursos tecnológicos, a videolaringoscopia é utilizada na identificação de aspectos importantes das pregas vocais, como o fechamento glótico, fase de fechamento, amplitude e mobilidade das pregas vocais, simetria de fase e onda mucosa (MONTAGNOLI, 2006).

Com o advento de técnicas ainda mais avançadas, desenvolveu-se a videolaringoscopia de alta velocidade, que permite analisar características de vibração de pregas vocais sadias e patológicas em tempo real, além de ser a única técnica que registra o comportamento vibratório entre ciclos através de imagem completa da prega vocal (INWALD et al., 2010).

A precisão descrita no uso da videolaringoscopia de alta velocidade quanto ao registro do ciclo completo das pregas vocais se deve à utilização de uma taxa de 2000 a 4000 imagens por segundo, em contraste com a taxa de 24 a 30 imagens por segundo utilizado na videoestroboscopia convencional (PINHEIRO, 2012).

Várias tecnologias de processamento do sinal de voz têm sido desenvolvidas com o intuito de avaliar clinicamente as pregas vocais. Uma delas, a quimografia, representa um método de avaliação da laringe que consiste na justaposição de sequências de linhas obtidas por quadros de vídeo de um exame de estroboscopia, em que se seleciona a posição de corte onde haja maior amplitude de abertura das pregas vocais. Por meio destes dados é possível analisar medidas como o tempo das

fases de abertura e de fechamento, tempo das fases aberta e fechada, e as amplitudes máximas e mínimas da abertura de pregas vocais (MONTAGNOLI, 2006). Em complemento a esta descrição tem-se que a videoquimografia é um método em que se analisa a vibração das pregas vocais em determinado ponto, por simulação de um corte, avaliando todos os tipos de irregularidades na vibração da onda mucosa objetivamente, possibilitando reproduções, independentemente da qualidade vocal e do grau de alteração (FUJITA; FERREIRA; SARKOVAS, 2004).

Yamauchi et al. (2015a) relataram a importância em utilizar a Videolaringoscopia de Alta Velocidade como ferramenta de análise de padrões vibratórios de pregas vocais de sujeitos com presbifonia, uma vez que grande parte das características da atrofia de prega vocal são refletidos em parâmetros de tempo, como tempo das fases do ciclo vibratório. Neste sentido, a Videolaringoscopia de Alta Velocidade permite avaliar tais parâmetros, ao mesmo tempo em que configura uma limitação encontradas no uso da videoestroboscopia.

Em concordância com os pesquisadores mencionados, Bae et al. (2019) referem que a videoestroboscopia, embora seja eficaz na prática clínica, apresenta imagens laríngeas não reais pois as coletam a partir de diferentes ciclos vibratórios. Já a Videolaringoscopia de Alta Velocidade, apesar de apresentar também limitações quanto ao uso clínico, é capaz de captar o real padrão vibratório das pregas vocais avaliadas.

Ahmad, Yan e Bless (2012) concordam com a informação quanto as limitações da estroboscopia, principalmente em casos em que há muitas perturbações no padrão vibratório das pregas vocais. Além disso, concordam que a Videolaringoscopia de Alta Velocidade supre estas limitações, permitindo mensurar a real vibração das pregas vocais, sendo positivo para avaliar sujeitos normofônicos, bem como sujeitos com patologias laríngeas.

3.3. Quimografia de alta velocidade

Em meio à diversidade de parâmetros existentes para análise do exame laríngeo, diversas ferramentas computacionais foram desenvolvidas, com diferentes metodologias e abordagens matemáticas. Fornecer resultados por meio da extração de parâmetros, cujo sinal foi processado computacionalmente, possibilita sua leitura, interpretação e posterior utilização, e este processo resume a análise computacional de sinais de voz (BLUMM et al., 2003).

Os parâmetros obtidos pela análise das quimografias de alta velocidades fornecem importantes dados que contribuem para o diagnóstico de patologias laríngeas com maior precisão, tanto de forma quantitativa (informações objetivas) quanto qualitativas (padrão visual).

Os tempos de duração de cada etapa e seus coeficientes são extraídos para obtenção dos dados quantitativos.

Cada ciclo de vibração das pregas vocais é composto por quatro etapas, sendo elas: aberta, de fechamento, fechada e de abertura. Pelo fato da sucessão dos ciclos glóticos apresentarem modificações, a análise de parâmetros objetivos permite captar perturbações nos mesmos, como por exemplo, a duração curta da fase fechada sugere a presença de fadiga vocal e disfonia (BEHLAU; AZEVEDO; MADAZIO, 2001).

Quanto à análise qualitativa obtém-se informações visuais intuitivas durante a análise das imagens de quimografia de alta velocidade.

Os dados visuais são coletados pela observação da presença de simetria durante a sucessão dos ciclos vibratórios (HIRANO; BLESS, 1997).

Koishi et al. (2003) submeteram sujeitos com vozes com variabilidade normal da qualidade vocal ao exame de telelaringoscopia e à videoquimografia. Desta, utilizaram os tempos de fase aberta, fechada e quociente de abertura, para avaliar as variações do padrão vibratório durante emissão vocal habitual e em intensidade elevada. Pontes

et al. (2005) apresentaram um estudo mostrando a importância na padronização no processo de exposição laríngea uma vez que detectou diferenças importantes na análise da videoquimografia de acordo com a angulação da câmera no momento da captação das imagens. Pimenta et al. (2013), com a utilização da videolaringoscopia de alta velocidade, utilizaram parâmetros acústicos (Jitter e Shimmer) associadas a informações quantitativas da quimografia de alta velocidade (fases aberta, fechada, de abertura e de fechamento) com o objetivo de identificar efeitos imediatos de exercícios de vibração sonorizada e som basal. A partir desta métrica os autores concluíram aumento da eficácia na produção vocal no gênero feminino além de aumento do fechamento glótico no masculino, após a realização dos exercícios de vibração sonorizada e de som basal. Os parâmetros quantitativos obtidos pela quimografia de alta velocidade foram comparados com os obtidos pela videolaringoscopia de alta velocidade em sujeitos do gênero feminino sem queixa vocal em estudo desenvolvido por Baravieira et al. (2014). Foram encontradas diferenças significativas na duração das fases dos ciclos vibratórios entre as duas formas de análise deste estudo.

Aliando os parâmetros objetivos e de visualização direta da quimografia de alta velocidade, um estudo de Chen, Woo e Murry (2014) apresentou a análise da forma do espectro de sujeitos normofônicos, dos gêneros masculino e feminino. Configuração inclinada, influenciável pela frequência e pelo gênero e com presença de assimetria descreveram o espectro de vibração das pregas vocais de adultos normofônicos.

Tsutsumi et al. (2016) apresentaram parâmetros quantitativos de quimografia de alta velocidade em sujeitos adultos normofônicos revelando diferenças significativas nos tempos das fases do ciclo glótico na comparação entre gêneros.

A vibração das pregas vocais ocorre em 3 dimensões, no entanto, com os recursos tecnológicos que dispomos até o momento, a análise da quimografia de alta velocidade permite a obtenção dos parâmetros laríngeos em duas dimensões no plano horizontal. Frente a esta limitação, George et al. (2008) desenvolveram uma nova técnica com triangulação com linha de laser a partir do acoplamento de um

projektor de laser ao endoscópio do equipamento da Videolaringoscopia de alta velocidade, no intuito de obter parâmetros do plano vertical durante a captação das imagens.

A Quimografia de Alta Velocidade em 3D foi desenvolvida pensando na hipótese de se obter parâmetros laríngeos inclusive do plano vertical no momento do processo de análise das imagens, representando assim uma técnica inédita na área. Os eixos que configuram as 3 dimensões são: amplitude, tempo e espaço entre as comissuras das pregas vocais. Ter a possibilidade de visualizar a imagem quimográfica de maneira dinâmica amplia exponencialmente a tomada de decisões diagnósticas e potencializa a precisão no acompanhamento terapêutico, durante e após terapia vocal.

Novas métricas para análise de parâmetros vocais resultantes da aliança existente entre tecnologia e saúde, possibilitam novos estudos na área de laringologia e voz. O presente estudo parte dessa premissa e busca contribuir com o avanço na área, promovendo maior precisão diagnóstica e técnicas inovadoras para no acompanhamento do tratamento de sujeitos com presbifonia.

4. METODOLOGIA

4.1. Seleção de dados

As imagens de laringoscopia foram coletadas no ambulatório do Serviço de Otorrinolaringologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP) por médicos otorrinolaringologistas.

O exame de laringoscopia de alta velocidade é realizado de forma semelhante ao exame de laringoscopia convencional. Utiliza-se um equipamento composto por três partes: sistema de visualização da laringe, controle de fonte de luz e sistema de gravação da imagem (HIRANO; BLESS, 1997). O procedimento é realizado por meio da introdução de um endoscópio rígido na cavidade bucal do sujeito, em que incide uma fonte de luz para possibilitar a visualização das pregas vocais, e o sujeito é solicitado a emitir sons, no caso do estudo, a vogal sustentada /*Ê*/ em intensidade confortável.

Figura 1 - Ilustração de um sistema de laringoscópio introduzido na cavidade bucal

Fonte: Hirano e Bless (1997)

Figura 2 - Captação da imagem das pregas vocais utilizando Videolaringoscópio de Alta Velocidade.

Fonte: Pinheiro et al (2014)

Figura 3 - Imagens ilustrando a captação das pregas vocais durante a realização da videolaringoscopia. (a) Introdução do endoscópio rígido na cavidade bucal do sujeito e (b) duas posições do endoscópio com diferentes angulações.

Fonte: Hirano e Bless (1997)

Durante a coleta dos dados, a intensidade e a frequência fundamental da emissão dos sujeitos foram controladas, através da colocação de um decibelímetro posicionado a 30 centímetros da comissura labial do sujeito, com variação máxima aceita de 2dB para controle da intensidade, e pelo software SpeechPitch para monitoramento e controle da frequência fundamental.

Foram selecionados 31 vídeos de videolaringoscopia de alta velocidade, sendo 18 de sujeitos sem queixa vocal e/ou alteração laríngea (10 do gênero feminino e 8 do gênero masculino), e 13 de sujeitos com diagnóstico de presbifonia (9 do gênero feminino e 4 do gênero masculino), pertencentes ao banco de dados do Grupo de Pesquisa em Engenharia Médica do CNPq.

Os vídeos da videolaringoscopia de alta velocidade foram obtidos por sistema de gravação de imagens em alta velocidade da marca Richard Wolf (Knittling, Alemanha) com câmera de cabeça HRES ENDOCAM 5562, fonte de luz de alta execução AUTO LP 5132, laringoscópio rígido HRES de ângulo de visão de 90°. As imagens foram armazenadas à taxa de 4000 quadros por segundo com resolução espacial de 256x256 pixels. Os arquivos foram convertidos à extensão “.AVI” para o processamento das imagens.

Este estudo foi conduzido de acordo com aprovações prévias do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Vivos, em respeito à Resolução nº 196/96, da Universidade Federal de São Carlos sob o número de protocolo de pesquisa 256/2010 (Anexo A) referente à coleta de dados dos sujeitos normofônicos. Além disso, considerou-se o parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP) número 120.831 de 03/10/2012 (Anexo B) referente à coleta dos sujeitos com presbifonia.

A pesquisa foi conduzida com suporte financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- processo número 00011/ 07-0 do Programa de Demanda Social (DS) Desenvolvimento da Pós-Graduação da CAPES / Ministérios da Educação.

4.2. Análise dos parâmetros

4.2.1. Quimografia de Alta Velocidade

Sabe-se que a partir da análise da quimografia é possível analisar o comportamento vibratório das pregas vocais, bem como a presença de assimetria ou irregularidades no padrão de vibração (SVEC; SCHUTTE, 2012). Tsuji e Sennes (1998) citaram a frequência fundamental, a periodicidade dos ciclos vibratórios, o fechamento glótico, as fases e seus respectivos tempos de duração como alguns dos parâmetros característicos dos ciclos obtidos pela análise da videoquimografia.

A quimografia de alta velocidade possibilitou a análise de uma única linha a partir de uma imagem da prega vocal inteira eliminando a instabilidade que ocorria com a videoquimografia (BONILHA; DELIYSKI, 2008).

Foi utilizado o software próprio do sistema de captura das imagens (HRES) para o processamento das imagens e conversão em “.AVI”. A linha que representa a porção de maior amplitude de movimento das pregas vocais foi selecionada (figura 4), a partir do qual ocorreram as justaposições dos quadros ao longo do tempo para obtenção da imagem quimográfica (figura 6).

Figura 4 - Seleção do ponto médio da prega vocal.

Fonte: Tsutsumi et al. (2016)

Figura 5 - Visualização das pregas vocais a partir das imagens coletadas pela Videolaringoscopia de alta velocidade.

Fonte: Pinheiro et al. (2014)

Fonte: Tsutsumi et al. (2016)

Figura 6 - Quimografia de alta velocidade gerada a partir da imagem laríngea, representando os ciclos glóticos no decorrer do tempo.

Fonte: Pimenta et al. (2013)

Para obtenção da quimografia a imagem é rotacionada 90° para direita, portanto a prega vocal direita está representada na parte superior da imagem, e consequentemente, a prega vocal esquerda, na parte inferior (figura 7).

Figura 7 - Imagem de quimografia de alta velocidade

Fonte: Tsutsumi et al. (2016)

Dez ciclos glóticos da porção mais estável de cada vídeo foram considerados para extração dos dados da quimografia de alta velocidade.

Para extração dos parâmetros foi utilizado o software de pesquisa X-CAD, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Engenharia Médica (GPEM/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq). A partir deste algoritmo foi possível extrair os seguintes parâmetros em milissegundos (figura 8):

- fase fechada (FF)
- fase de abertura (Fa)
- fase de fechamento (Ff)
- fase aberta (FA)
- período total do ciclo vibratório (PTCV)

Figura 8 - Quimografia de alta velocidade exemplificando as fases do ciclo vibratório das pregas vocais.

(FF= fase fechada; Fa=fase de abertura; Ff= fase de fechamento; FA= fase aberta; PTCV= período total do ciclo vibratório)

Fonte: Tsutsumi et al. (2016)

Considerando os parâmetros extraídos, foram calculados os seguintes coeficientes propostos por Hirano (1975):

- CF- coeficiente de fechamento, representado pela relação entre FF e PTCV:

$$CF = \frac{FF}{PTCV}$$

- CA- coeficiente de abertura, representado pela relação entre FA e PTCV:

$$CA = \frac{FA}{PTCV}$$

- CV – coeficiente de velocidade, representado pela relação entre Fa e Ff:

$$CV = \frac{Fa}{Ff}$$

Os parâmetros qualitativos da Quimografia de alta velocidade em 2D foram considerados de acordo com a classificação proposta por Hirano e Bless (1997), que descreve a análise visual do padrão vibratório das pregas vocais conforme a presença de simetria ou assimetria., apresentada a seguir.

Figura 9 - Modelo de simetria e assimetria no padrão vibratório das pregas vocais: (A) movimento simétrico, (B) assimetria em amplitude, (C) assimetria de fase, (D) assimetria em amplitude e fase

Fonte: Hirano e Bless (1997)

De acordo com o modelo proposto, a análise visual considera “a simetria baseia-se no grau em que duas pregas vocais fornecem imagens idênticas uma da outra durante a vibração” (HIRANO; BLESS, 1997).

4.2.2. Quimografia de alta velocidade em 3D

Segmentação das imagens

As mesmas imagens de videolaringoscopia de alta velocidade selecionadas foram consideradas para análise e extração dos parâmetros utilizando uma nova técnica: a quimografia de alta velocidade em 3D. A etapa de segmentação das imagens laríngeas precedeu a criação da quimografia de alta velocidade em 3D. Tal etapa consistiu na seleção de uma posição inicial do vídeo que se deseja analisar, ressaltando que optou-se por iniciar em posição em que as pregas vocais se encontravam fechadas (considerou-se que um ciclo glótico é composto pela seguinte sequência de fases: fase fechada - fase aberta - fase fechada). Manualmente pede-se para determinar o eixo entre as comissuras das pregas vocais (figura 10) e em seguida, o contorno (figura 11) das pregas vocais (em que há abertura) por meio da inserção de vértices na imagem. As etapas subsequentes são automáticas e seguem o modelo de contorno ativo snake proposto por Kass, Witkin e Terzopoulos (1988) e Lankton e Tannenbaum (2008).

Figura 10 - Determinação manual do eixo mediano entre as pregas vocais

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 11 - Determinação do contorno das pregas vocais com inserção manual dos vértices

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 12 - Técnica do contorno ativo

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 13 - Início da segmentação automática da imagem laríngea

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 14 - Etapas do processo semi-automático de segmentação de imagens laríngicas (contorno ativo).

Fonte: Elaborada pelo autor.

A segmentação das imagens ocorre de forma semi-automática, permitindo pequenos ajustes manuais no posicionamento dos vértices sobre o contorno das pregas vocais, quando necessário. Cada etapa é composta por 200 iterações e a análise foi realizada passo-a-passo para finalizar cinco ciclos glóticos.

Em seguida ajustes e verificações foram realizados quanto ao posicionamento do eixo mediano. Tais ajustes foram necessárias uma vez que podem ocorrer mínimos desvios na imagem laríngea decorrentes de pequenas movimentações do endoscópio durante a realização dos exames, por diferentes razões, como por exemplo, movimentação do sujeito durante a coleta das imagens, desconforto do sujeito e constrições na região laríngea que impõem a necessidade de reposicionamento do endoscópio, entre outros.

A etapa foi finalizada com a plotagem da imagem da quimografia de alta velocidade em 3D, representando os movimentos realizados pelas pregas vocais no decorrer dos ciclos glóticos (figuras 15 e 16).

Figura 15 - Quimografia de alta velocidade em 3D (z= amplitude (em pixel), x= espaço entre as comissuras das pregas vocais (em pixel), y= tempo(em milissegundos))

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 16 - Quimografia de alta velocidade em 3D (z amplitude, x= espaço entre as comissuras das pregas vocais, y= tempo)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Um padrão de angulação (Azimute e elevação) foi definido para a extração dos parâmetros das quimografias de alta velocidade em 3D.

“Azimute (Az) é o ângulo que uma linha faz com o meridiano, medido no sentido horário a partir do norte, e situa-se entre -180 e 180 graus. É o ângulo entre o eixo e a projeção ortogonal do vetor no plano xy.

O ângulo de elevação (El) é aquele formado entre o vetor e sua projeção ortogonal no plano xy. O ângulo é positivo ao ir para o eixo z positivo a partir do plano xy.” (AZIMUTH, 2019).

Neste estudo consideramos as visões em Az:90 El:20 para extração dos parâmetros da prega vocal direita, e Az: -90 El: 20 para extração dos parâmetros da prega vocal esquerda.

Seguem abaixo algumas Quimografias de Alta Velocidade em 3D, para exemplificar a possibilidade da visão dinâmica, ou seja, que permite mudar a imagem quimográfica sob diferentes ângulos de visão, como ilustrados nas figuras 17, 18 e 19.

Figura 17 - Quimografia de Alta Velocidade em 3D (visão 1)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 18 - Quimografia de Alta Velocidade em 3D (visão 2)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 19 - Quimografia de Alta Velocidade em 3D (visão 3)

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir das quimografias de alta velocidade em 3D foram extraídos os seguintes parâmetros quantitativos, de cada prega vocal separadamente: tempos de fases (fechada, de abertura, de fechamento, aberta) e período total do ciclo vibratório, bem como os coeficientes de fechamento, de abertura e de velocidade e valores da amplitude.

Figura 20 - Visão da quimografia de alta velocidade em 3D na angulação em que foram extraídos os parâmetros dos tempos de fase do ciclo vibratório das pregas vocais.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 21 - Etapas da extração dos valores dos tempos de fases do ciclo glótico na quimografia de alta velocidade em 3D (eixo y).

Fonte: Elaborada pelo autor.

- fase fechada (FF 3D)

$$FF\ 3D = yd - yc$$

- fase de abertura (Fa 3D)

$$Fa\ 3D = yb - ya$$

- fase de fechamento (Ff 3D)

$$Ff\ 3D = yc - yb$$

- fase aberta (FA 3D)

$$FA\ 3D = Fa\ 3D + Ff\ 3D$$

- período total do ciclo vibratório (PTCV 3D)

$$PTCV\ 3D = FA\ 3D + FF\ 3D$$

- coeficiente de fechamento (CF 3D)

$$CF\ 3D = \frac{FF\ 3D}{PTCV\ 3D}$$

- coeficiente de abertura (CA 3D)

$$CA\ 3D = \frac{FA\ 3D}{PTCV\ 3D}$$

- coeficiente de velocidade (CV 3D)

$$CV\ 3D = \frac{Fa\ 3D}{Ff\ 3D}$$

Além disso, foram extraídos os valores da amplitude do movimento realizado pelas pregas vocais no decorrer do tempo, tendo sido determinado uma mesma angulação na imagem para a extração dos dados (Az: 90 El: 42).

Os valores referentes à amplitude do movimento das pregas foram extraídos considerando os coeficientes numéricos mais elevados (no eixo z) a partir da comissura posterior.

Figura 22-Extração das amplitudes da quimografia de alta velocidade em 3D (eixo z).

Fonte: Elaborada pelo autor.

No intuito de evitar possíveis influências decorrentes de diferenças ocorridas na coleta das imagens laringeas, os parâmetros foram normalizados calculando o valor das amplitudes sobre o espaço entre a comissuras das pregas vocais.

Figura 23 - Etapas da extração dos valores para cálculo dos espaços entre as comissuras das pregas vocais (ECPV) (eixo x) (xa, xb, xc, xd)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Espaço entre comissuras da prega vocal direita= ECPVD= $x_b - x_a$

Espaço entre comissuras da prega vocal esquerda=ECPVE= $x_d - x_c$

$$A = \frac{z}{ECPV}$$

Além disso foram analisados os aspectos qualitativos: fechamento glótico, simetria de movimento entre as duas pregas vocais e movimento realizado por cada prega vocal em toda sua extensão de acordo com gradiente de cores e formato da onda.

Os dados obtidos das quimografias de alta velocidade e das quimografias de alta velocidade em 3D foram organizados e analisados estatisticamente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO: ASPECTOS QUALITATIVOS

No intuito de orientar a interpretação da análise visual do padrão vibratório das pregas vocais e compreender os resultados obtidos no presente estudo, segue descrita abaixo uma Quimografia de Alta Velocidade em 3D (figura 24).

Figura 24 - Descrição de uma Quimografia de Alta Velocidade em 3D

Fonte: Elaborada pelo autor.

Sob outros ângulos de visão é possível detectarmos, visualmente, os tempos de fase do ciclo vibratório na Quimografia de Alta Velocidade em 3D conforme descrito nas figuras 25 e 26.

Figura 25 - Tempo de fase fechada (FF) de um ciclo vibratório na Quimografia de Alta Velocidade em 3D

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 26 - Tempos de fase de abertura (Fa) e de fechamento (Ff) de um ciclo vibratório na Quimografia de Alta Velocidade em 3D

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para exemplificar a análise qualitativa quanto ao padrão vibratório das pregas vocais, seguem abaixo as figuras 27 e 28, representativas de Quimografias de Alta Velocidade convencionais (2D) e 3D de sujeitos normofônicos. Observa-se que, apesar de não haver diferença estatística quantitativa entre os gêneros quanto aos tempos de fase, pela análise qualitativa das imagens quimográficas é possível observar algumas diferenças características de cada gênero. Uma delas refere-se a um maior tempo de fase fechada nas pregas vocais de sujeitos do gênero masculino em relação ao gênero feminino. Para ilustrar a relação dos parâmetros quantitativos e qualitativos, diferenças estatísticas ($P \leq 0,001$) foram encontradas em estudo desenvolvido por Tsutsumi et al. (2016) para caracterização dos parâmetros da Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D) entre os gêneros em todas as fases do ciclo vibratório, incluindo a fase fechada, sendo maior no gênero masculino, em sujeitos normais. É importante ressaltar que no estudo para caracterização dos parâmetros o tamanho da amostra foi maior em relação ao presente estudo, tendo sido analisadas imagens laríngeas de Videolaringoscopia de Alta Velocidade de 45 sujeitos saudáveis.

Figura 27 - Quimografias de Alta Velocidade convencional (2D) de sujeitos normofônicos

Quimografia de alta velocidade em 2D
normofônico feminino

Quimografia de alta velocidade em 2D
normofônico masculino

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 28 - Quimografias de Alta Velocidade convencional (3D) de sujeitos normofônicos

Quimografia de alta velocidade em 3D –
normofônico feminino

Quimografia de alta velocidade em 3D –
normofônico masculino

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 29 - Representação da fase fechada nas Quimografias de Alta Velocidade em 2D e 3D

Fase fechada de um
ciclo vibratório na
quimografia de alta
velocidade em 2D

→
tempo

Fase fechada de um
ciclo vibratório na
quimografia de alta
velocidade em 3D

Fonte: Elaborada pelo autor.

Quanto aos parâmetros qualitativos da Quimografia de Alta Velocidade em 3D de sujeitos com presbifonia, seguem modelos representativos em comparação visual com a Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D)(figuras 30 e 31).

Figura 30 - Representação da fase fechada nas Quimografias de Alta Velocidade em 2D e 3D

Quimografia de alta velocidade em 2D –
presbifônico feminino

Quimografia de alta velocidade em 2D –
presbifônico masculino

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 31 - Quimografias de Alta Velocidade em 3D de sujeitos com presbifonia

Quimografia de alta velocidade em 3D-
presbifonia feminino

Quimografia de alta velocidade em 3D –
presbifonia masculino

Fonte: Elaborada pelo autor.

A análise visual das Quimografias de Alta Velocidade convencional (2D) e das Quimografias de Alta Velocidade em 3D possibilitou a percepção de parâmetros qualitativos do padrão vibratório das pregas vocais que podem auxiliar no diagnóstico mais preciso de patologias laríngeas, ou mesmo, de caracterização das condições fonatória, como no caso das presbifonias.

A amplitude configura um outro parâmetro que auxilia na análise qualitativa do padrão vibratório das pregas vocais, principalmente dos sujeitos com presbifonia.

Os achados numéricos revelados neste estudo demonstraram diferença estatística quanto aos valores da amplitude do movimento da prega vocal (p-valor=0.017 para prega vocal direita, e p-valor=0.011 para prega vocal esquerda) na Quimografia de Alta Velocidade em 3D entre os grupos de sujeitos normais e com presbifonia, somente nos sujeitos do gênero masculino. Percebe-se maior amplitude de movimento no padrão vibratório das pregas vocais de sujeitos com presbifonia (figura 32-B).

Figura 32 - Quimografias de Alta Velocidade em 3D representando diferença na amplitude do padrão vibratório das pregas vocais de sujeitos normais (A) e com presbifonia (B), ambos do gênero masculino

Fonte: Elaborada pelo autor.

Um estudo desenvolvido por Bae et al. (2019) apresentou resultados em relação ao padrão vibratório de pregas vocais de sujeitos com presbifonia, no entanto, considerou os valores de amplitude, de fenda glótica, diferença de fase e o índice de desvantagem vocal (Voice Handcap Index-VHI) como parâmetros qualitativos, diferindo do presente estudo). Os pesquisadores utilizaram a Quimografia de Alta Velocidade em 2D (2D DKG) para analisar o padrão vibratório das pregas vocais de cinco sujeitos com presbifonia, nos momentos pré e pós terapia vocal. Com a nova ferramenta os pesquisadores obtiveram dados quantitativos e qualitativos de sujeitos com paralisia unilateral de prega vocal que foram submetidos à aplicação de injeção intracordal e de sujeitos presbifônicos, que foram submetidos à terapia vocal denominada técnica de calibração laríngea Seong-Tae Kim. Nos sujeitos presbifônicos, obtiveram redução significativa da amplitude (p -valor= 0.043) no movimento das pregas vocais.

Ainda sobre o parâmetro da amplitude do movimento das pregas vocais, em estudo desenvolvido no Japão, onde a população idosa e em processo de envelhecimento representa a maioria, Yamauchi et al. (2014a), relataram menor amplitude e onda mucosa, assim como maior assimetria em sujeitos com atrofia de prega vocal, resultados semelhantes ao apresentado no presente estudo. Encontraram também a presença de 45% de fenda glótica sendo em sua maioria do tipo fusiforme no grupo em questão. É importante ressaltar que os autores deste estudo utilizaram a denominação de sujeitos com atrofia de prega vocal pois consideram uma condição em que a idade é o principal fator desencadeante, no entanto, não o único. Dessa forma evitaram a classificação dos sujeitos como presbifônicos.

Diferença estatística foi encontrada na comparação entre gêneros, feminino e masculino, no grupo de sujeitos com presbifonia, em se tratando da amplitude do movimento das pregas vocais, quando realizada a Quimografia de Alta Velocidade em 3D, sendo exemplificado com o padrão visual pelas figuras 33.

Figura 33 - Quimografias de Alta Velocidade em 3D representando diferença na amplitude do padrão vibratório das pregas vocais de sujeitos com presbifonia do gênero feminino (A) e com presbifonia do gênero masculino (B)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em relação ao gênero, Ahmad, Yan e Bless (2012) constataram maior incidência de fenda glótica na porção anterior em idosas do gênero feminino, sendo 21,4% em comparação com 8,7% em jovens do mesmo gênero. Neste estudo em que analisaram a onda da área glótica utilizando a Transformada de Hilbert e o Diagrama de Nyquist para analisar as características vibratórias das pregas vocais dos sujeitos da amostra, revelaram também a presença de voz tensa em 45% das idosas que participaram do estudo associada a um maior tempo de fase fechada do ciclo vibratório das pregas vocais. Este último achado difere dos resultados encontrados no presente estudo, em que não houve diferença significativa no tempo de fase fechada entre os grupos normais e com presbifonia.

A Quimografia de Alta Velocidade em 3D demonstrou ser uma ferramenta para realizar análise de padrão vibratório de pregas vocais eficaz para detectar características não captadas por outra ferramenta, inclusive a Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D) e métodos estatísticos. Visualmente, percebe-se num panorama geral, diferenças nos movimentos realizados pelas pregas vocais entre sujeitos normais e com presbifonia, apesar de dados numéricos não revelarem tais adversidades entre os grupos. Esta constatação pode ser observada na figura apresentada abaixo (figura 34), em que características como assimetria e

irregularidades no padrão vibratório das pregas vocais de sujeitos com presbifonia (figuras 34- B e 34- D) são notórias.

Figura 34 - Quimografias de Alta Velocidade em 3D de sujeitos normais e com presbifonia. (A) normal do gênero feminino (B) presbifonia do gênero feminino (C) normal do gênero masculino e (D) presbifonia do gênero masculino

Fonte: Elaborada pelo autor.

Utilizar a Quimografia de Alta Velocidade em 3D permitiu a plotagem da imagem quimográfica das duas pregas vocais simultaneamente (figura 35), de forma espelhada, fato que contribuiu para verificação da presença de características como simetria no padrão vibratório das pregas vocais.

Figura 35 - Imagem da Quimografia de Alta Velocidade em 3D representando a visualização do padrão vibratório das duas pregas vocais simultaneamente

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em estudos anteriores com sujeitos normais, como o desenvolvido por Tsutsumi et al. (2016), a avaliação das quimografias de alta velocidade convencionais (2D) quanto ao padrão qualitativo das imagens revelou a presença de 59% de simetria quanto à amplitude, 30% de assimetria com menor movimento de prega vocal direita e 11% com menor movimento de prega vocal esquerda. Em relação à fase, foi descrito 46% de simetria na amostra do referido estudo. Estes achados condizem com a descrição da literatura, em que existe a prevalência de assimetria de pregas vocais em sujeitos normais, como revelado por um estudo de Lindestad et al. (2004) em que encontrou 70% de assimetria durante adução das pregas vocais em 109 sujeitos. Outro estudo, conduzido por Bonilha, Deliyski e Gerlach (2008) revelou a presença de

assimetria de fase em imagens laríngeas, sendo 81% no sentido ântero-posterior, e 79% no sentido esquerda-direita.

Os achados quanto à presença de assimetrias nas Quimografias de Alta Velocidade em 3D de sujeitos com presbifonia corroboram com o estudo de Yamauchi et al. (2015b), que revelaram a presença de assimetria mais evidente em imagens de quimografias de sujeitos idosos em relação a sujeitos jovens. O referido estudo envolveu a análise de quimografias de alta velocidade geradas a partir de imagens de Videolaringoscopia de Alta Velocidade de sujeitos idosos com média de 73 anos de idade.

Outro estudo de Ahmad, Yan e Bless (2012), revelou alguns resultados que corroboraram com os do presente estudo, como prevalência de padrão vibratório atípico de pregas vocais e o aumento do nível de perturbação glótica como consequência da redução do controle do músculo laríngeo, apesar de ter sido conduzido pela utilização de diferentes métricas de análise do padrão vibratório das pregas vocais, e em grupo de sujeitos composto unicamente por idosas do gênero feminino.

A Quimografia de Alta Velocidade em 3D gera a visualização do padrão vibratório das pregas vocais de forma dinâmica, ou seja, permite rotacionar a quimografia de maneira que possibilita o posicionamento da imagem em diferentes angulações. Tal atributo da nova ferramenta de análise possibilitou a detecção de alguns diferenciais importantes em comparação à Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D). Uma das diferenças encontradas na análise comparativa entre as Quimografias de Alta Velocidade mencionadas refere-se ao tempo de duração do ciclo vibratório entre sujeitos normais e sujeitos com presbifonia. Apesar de não haver diferença estatística na comparação dos dados numéricos dos tempos do período total do ciclo vibratório (PTCV) entre os grupos, bem como entre as ferramentas utilizadas, observou-se notória diferença visual na duração do ciclo vibratório entre os sujeitos, sendo maior no grupo com presbifonia (Figura 36-B), detectado pela Quimografia de Alta Velocidade em 3D.

Figura 36 - Imagem comparativa entre duração do ciclo vibratório das pregas vocais entre Quimografias de Alta Velocidade em 3D de sujeito normal e com presbifonia, do gênero masculino (A) Quimografia de Alta Velocidade em 3D de sujeito normal, (B) Quimografia de Alta Velocidade em 3D de sujeitos com presbifonia

Fonte: Elaborada pelo autor.

Outro resultado importante que a Quimografia de Alta Velocidade em 3D revelou no presente estudo, em análise comparativa com a Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D) refere-se à detecção da fenda glótica posterior, achado comum em pregas vocais de sujeitos normais do gênero feminino, assim como descrito por Brum et al. (2010), em que considera como fenda glótica normal a fenda triangular de grau I. Gregory et al. (2012) também fizeram referência sobre ser mais comum encontrar a fenda glótica posterior em sujeitos do gênero feminino, em relação a masculino, e em jovens, em relação a idosos, em estudo em que comparou o uso de endoscópios rígido e flexível. A fenda glótica posterior, não é observada na Quimografia de Alta Velocidade em 2D, no entanto sua presença é visualizada pelas modificações causadas no padrão vibratório das pregas vocais quando analisadas pela Quimografia de Alta Velocidade em 3D.

Figura 37 - Quimografia de Alta Velocidade em 2D gerada a partir de uma imagem laríngea de sujeito normal do gênero feminino

A: Seleção da linha onde será realizada a análise. B: Geração da Quimografia de Alta Velocidade em 2D. C: Quimografia de Alta Velocidade em 2D.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 38 - Quimografia de Alta Velocidade em 3D gerada a partir de uma imagem laríngea de sujeito normal do gênero feminino

A: Seleção da região glótica onde iniciará a análise. B: Geração da Quimografia de Alta Velocidade em 3D. C: Quimografia de Alta Velocidade em 3D.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Se ampliarmos a figura 38-C podemos observar a presença da fenda glótica posterior, apresentada tanto pelo movimento da prega vocal esquerda quanto direita.

Figura 38-C - Ampliação da Quimografia de Alta Velocidade em 3D para visualização da presença da fenda glótica posterior no padrão vibratório das pregas vocais de sujeito normal do gênero feminino.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 39 - Quimografia de Alta Velocidade em 3D: outro ângulo de visão indicando a presença da fenda glótica posterior

Fonte: Elaborada pelo autor.

Neste achado é possível verificar a importância da análise do parâmetro qualitativo e ressaltar o diferencial da Quimografia de Alta Velocidade em 3D relacionado à possibilidade de realizar a análise na prega vocal em toda sua extensão, e não somente em uma linha selecionada na porção mediana da prega vocal. O atributo desta nova ferramenta de análise de imagens laríngeas possibilitou a detecção de anormalidades no padrão vibratório das pregas vocais na presença de lesão localizada em qualquer porção da prega vocal, fator imprescindível no diagnóstico de patologias laríngeas, uma vez que nem sempre a lesão encontra-se na porção mediana da prega vocal, por exemplo, nos casos de lesão de massa (nódulos, pólipos, entre outros).

As Quimografias de Alta Velocidade convencionais (2D) e Quimografias de Alta Velocidade em 3D, de todos os sujeitos normais e com presbifonia que compuseram a amostra deste estudo estão apresentadas no Apêndice A.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO: ASPECTOS QUANTITATIVOS

6.1. Caracterização da Amostra: Parâmetros Quantitativos

6.1.1. Sujeitos normofônicos: Quimografia de alta velocidade convencional (2D)

No presente estudo foi possível obter resultados de forma a caracterizar a amostra selecionada, tanto para os grupos de sujeitos normofônicos quanto para os sujeitos com presbifonia, utilizando as duas métricas de análise do padrão vibratório das pregas vocais, a Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D) e a Quimografia de Alta Velocidade em 3D.

Importantes pesquisadores da comunidade científica, como Behlau, Azevedo e Madazio (2001) e Hirano e Bless (1997), referiram que cada ciclo vibratório das pregas vocais é composto por etapas, sendo elas a: Fase Fechada (FF), Fase de abertura (Fa), Fase de fechamento (Ff), a Fase Aberta (FA), e o Período Total do Ciclo Vibratório (PTCV), além do Coeficiente de Fechamento (CF), Coeficiente de Abertura (CA), e do Coeficiente de Velocidade (CV). A partir dessas referências, foram selecionados os parâmetros quantitativos para a realização do presente estudo.

A seguir são apresentados os resultados que caracterizaram os sujeitos de acordo com o tempo de cada fase do ciclo vibratório das pregas vocais (Fase Fechada, Fase de abertura, Fase de fechamento, Fase Aberta e Período Total do Ciclo Vibratório) de sujeitos normofônicos utilizando a Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D) (tabela 1).

Tabela 1 - Fases do ciclo vibratório das Quimografias de Alta Velocidade convencionais (2D) de sujeitos normofônicos dos gêneros feminino e masculino

	Fase Fechada		Fase de abertura		Fase de fechamento		Fase Aberta		Período total do ciclo vibratório	
	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc
Média	1,89	3,38	1,43	2,29	1,42	2,25	2,86	4,54	4,75	7,92
DP	0,44	0,89	0,29	0,63	0,36	0,43	0,53	0,70	0,79	1,25
Mín	0,85	2,44	1,08	1,76	0,83	1,81	1,94	3,92	2,79	6,59
Máx	2,59	4,98	1,82	3,74	2,03	3,12	3,67	5,55	5,77	9,82
DP= desvio padrão, Mín.=mínimo, Máx.=máximo, Fem.=feminino, Masc.=masculino										

Fonte: Elaborada pelo autor.

Além dos tempos de cada fase do ciclo vibratório das pregas vocais, foram obtidos os coeficientes de fechamento, de abertura e de velocidade do grupo de sujeitos normais utilizando a Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D), conforme apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios, desvios-padrão (DP), mínimos (Mín.), e máximos (Máx.) dos coeficientes extraídos da Quimografia de Alta Velocidade em 2D de sujeitos normofônicos dos gêneros feminino e masculino

	Coeficiente de Fechamento (CF)		Coeficiente de abertura (CA)		Coeficiente de velocidade (CV)	
	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc
Média	0,39	0,42	0,60	0,57	1,05	1,06
DP	0,06	0,06	0,06	0,06	0,27	0,42
Mín	0,30	0,35	0,57	0,44	0,91	0,76
Máx	0,54	0,55	0,69	0,64	1,58	2,06
Fem.=feminino, Masc.=masculino, DP= desvio padrão, Mín.=mínimo, Máx.=máximo						

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tanto os tempos de fase do ciclo vibratório das pregas vocais (Fase Fechada, Fase de abertura, Fase de fechamento, Fase Aberta, Período Total do Ciclo Vibratório), quanto os coeficientes (Coeficiente de Fechamento, Coeficiente de Abertura e Coeficiente de Velocidade) foram bastante semelhantes, em sujeitos de ambos os gêneros, aos dados obtidos por Tsutsumi et al. (2016), em que utilizou a mesma ferramenta de Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D) na intenção

de encontrar um padrão de normalidade, aplicando a técnica em 45 imagens laríngeas de sujeitos sem queixa ou alteração vocal. Apesar de ter utilizado a mesma métrica de análise do padrão de vibração das pregas vocais, tais valores diferiram dos dados obtidos por Pimenta et al. (2013), em que extraiu os dados em dois momentos distintos, sendo pré e pós realização de exercícios vocais. Os autores obtiveram, nos sujeitos do gênero feminino valores médios superiores ao presente estudo (fase fechada= 1,89 milissegundos, fase de abertura= 1,43, e fase aberta= 2,86 milissegundos) no momento pré realização de exercícios de vibração sonorizada (fase fechada= 2,42 milissegundos, fase de abertura = 1,59 milissegundos, e fase aberta = 3,08 milissegundos). E valores médios inferiores para os sujeitos do gênero masculino (fase fechada= 3,20 milissegundos, fase de abertura= 2,22 milissegundos, fase de fechamento= 1,74 milissegundos e fase aberta= 3,81 milissegundos). No presente estudo os valores médios encontrados nos sujeitos masculinos foram: fase fechada=3,38, fase de abertura= 2,29, fase de fechamento= 2,25 e fase aberta= 4,54, todos em milissegundos.

Quanto aos coeficientes, há relatos na literatura de pesquisas em que os autores obtiveram valores médios semelhantes aos descritos neste estudo (coeficiente de abertura de 0,60 para sujeitos do gênero feminino, e 0,57 para masculino). Lohscheller, Svec e Dollinger (2013) obtiveram coeficientes de abertura de 0,66 para sujeitos do gênero feminino, e 0,56 para homens. Valores diferentes de coeficiente de abertura foram referidos por Qiu et al. (2003), em que, utilizando um método automático para quantificar os parâmetros pela quimografia, obtiveram valores entre 0,62 e 0,76, diferindo do presente estudo em que os valores encontrados foram entre 0,57 e 0,69 para mulheres e entre 0,44 e 0,64 para homens. O coeficiente de fechamento (entre 0,24 e 0,38) também apresentou diferença em relação ao presente estudo (entre 0,30 e 0,54 para mulheres, e entre 0,35 e 0,55 para homens). Koishi et al (2003) encontraram valor de 0,75 para o coeficiente de abertura, utilizado a telararingoscopia para extração dos dados, valor superior ao encontrado neste estudo (0,60 para mulheres e 0,57 para homens) utilizando uma técnica de captação das imagens diferente do estudo discutido.

6.1.2. Sujeitos normofônicos: Quimografia de alta velocidade em 3D

A etapa seguinte do estudo consistiu na obtenção dos tempos de fase do ciclo vibratório utilizando a nova técnica de análise do padrão vibratório das pregas vocais, a Quimografia de Alta Velocidade em 3D em sujeitos normofônicos, cujos dados são apresentados na tabela 3, bem como seus coeficientes de fechamento, de abertura e de velocidade (tabela 4).

Tabela 3 - Fases do ciclo vibratório das Quimografias de Alta Velocidade em 3D de sujeitos normofônicos dos gêneros feminino e masculino

	Fase Fechada		Fase de abertura		Fase de fechamento		Fase Aberta		Período total do ciclo vibratório	
	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc
Média	1,24	3,16	1,67	2,25	1,45	2,30	3,12	4,55	4,36	7,71
DP	0,64	1,01	0,59	0,49	0,66	0,52	0,66	0,71	1,07	1,17
Mín	0,05	1,95	0,75	1,45	0,65	1,80	2,25	3,45	2,50	6,60
Máx	1,95	4,90	2,35	2,85	3,00	3,30	3,8	5,50	5,70	9,35

DP= desvio padrão, Mín.=mínimo, Máx.=máximo, Fem.=feminino, Masc.=masculino

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 4 - Valores médios, desvios-padrão (DP), mínimos (Mín.), e máximos (Máx.) dos coeficientes extraídos da Quimografia de Alta Velocidade em 3D de sujeitos normofônicos dos gêneros feminino e masculino

	Coeficiente de Fechamento (CF)		Coeficiente de abertura (CA)		Coeficiente de velocidade (CV)	
	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc
Média	0,26	0,40	0,73	0,59	1,38	1,01
DP	0,13	0,09	0,13	0,09	0,68	0,32
Mín	0,019	0,29	0,54	0,43	0,26	0,72
Máx	0,45	0,56	0,98	0,70	2,46	1,58

Fem.=feminino, Masc.=masculino, DP= desvio padrão, Mín.=mínimo, Máx.=máximo

Fonte: Elaborada pelo autor.

Outro parâmetro quantitativo extraído neste estudo refere-se aos valores de amplitude do movimento realizado pelas pregas vocais de sujeitos normofônicos, utilizando a Quimografia de Alta Velocidade em 3D (tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios, desvios-padrão (DP), mínimo (Mín) e máximo (Máx) da amplitude dos movimentos realizados pelas pregas vocais direita (PVD) e esquerda (PVE) em sujeitos normofônicos, utilizando a Quimografia de Alta Velocidade em 3D

	Fem		Masc	
	PVD	PVE	PVD	PVE
Média	0,026	0,027	0,026	0,024
DP	0,008	0,008	0,005	0,004
Mín	0,016	0,016	0,018	0,017
Máx	0,040	0,044	0,035	0,032

DP= desvio-padrão, Mín.=mínimo, Máx.=máximo, Fem.= feminino, Masc.= masculino,
PVD= prega vocal direita, PVE= prega vocal esquerda

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.1.3. Sujeitos com presbifonia: Quimografia de alta velocidade em 2D

Os mesmos parâmetros quantitativos, Fase Fechada (FF), Fase de abertura (Fa), Fase de fechamento (Ff), Fase Aberta (FA), Período Total do Ciclo Vibratório (PTCV), bem como o Coeficiente de Fechamento (CF), Coeficiente de Abertura (CA) e o Coeficiente de Velocidade (CV) foram obtidos para a caracterização do grupo de sujeitos com presbifonia. Os dados encontrados dos tempos de fase do ciclo vibratório e os coeficientes mencionados dos sujeitos com presbifonia, utilizando a Quimografia de Alta Velocidade em 2D estão apresentados nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Fases do ciclo vibratório das Quimografias de Alta Velocidade convencionais (2D) de sujeitos com presbifonia dos gêneros feminino e masculino

	Fase Fechada		Fase de abertura		Fase de fechamento		Fase Aberta		Período total do ciclo vibratório	
	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc
Média	1,78	2,79	1,40	2,06	1,50	2,38	2,90	4,45	4,69	7,25
DP	0,53	0,34	0,35	0,32	0,41	0,58	0,57	0,85	0,86	0,61
Mín	1,21	2,31	1,00	1,76	1,00	1,82	2,09	3,65	3,3	6,62
Máx	2,69	3,08	2,06	2,42	2,09	3,20	3,88	5,62	5,51	7,94

DP= desvio padrão, Mín.=mínimo, Máx.=máximo, Fem.=feminino, Masc.=masculino

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 7 - Valores médios, desvios-padrão (DP), mínimos (Mín.), e máximos (Máx.) dos coeficientes extraídos da Quimografia de Alta Velocidade em 2D de sujeitos com presbifonia dos gêneros feminino e masculino

	Coeficiente de Fechamento (CF)		Coeficiente de abertura (CA)		Coeficiente de velocidade (CV)	
	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc
Média	0,37	0,38	0,62	0,61	0,98	0,88
DP	0,06	0,06	0,06	0,06	0,31	0,13
Mín	0,25	0,29	0,51	0,55	0,52	0,75
Máx	0,48	0,44	0,74	0,70	1,48	1,00
Fem.=feminino, Masc.=masculino, DP= desvio padrão, Mín.=mínimo, Máx.=máximo						

Fonte: Elaborada pelo autor.

Achados do estudo conduzido por Yamauchi et al. (2014b) revelaram coeficientes de abertura (0,55) menores do que os dados encontrados no presente estudo, tanto para sujeitos do gênero feminino (0,62) quanto masculino (0,61). Já o coeficiente de velocidade apresentou valor (0,95) semelhante ao valor encontrado para as mulheres (0,98) e maior do que o encontrado para os homens (0,88). Deve-se considerar que os resultados apresentados no estudo de Yamauchi et al. (2014b) referem-se à análise da amostra total, que incluiu sujeitos jovens e idosos, diferindo dos valores apresentados na tabela 7, que descrevem os achados na população com presbifonia que compôs a amostra. O valor encontrado para o coeficiente de abertura em sujeitos com presbifonia do gênero feminino (0,62) foi inferior ao obtido por Ahmad, Yan e Bless (2012), em que desenvolveram um estudo com mulheres idosas para caracterizar o padrão vibratório das pregas vocais nesta população utilizando a Videolaringoscopia de Alta Velocidade (0,70).

6.1.4. Sujeitos com presbifonia: Quimografia de alta velocidade em 3D

Utilizando a métrica inovadora de análise do padrão vibratório das pregas vocais, a Quimografia de Alta Velocidade em 3D, foi possível obter os parâmetros quantitativos dos tempos de fase do ciclo vibratório das pregas vocais, e os coeficientes (coeficiente de fechamento, de abertura e de velocidade) dos sujeitos com presbifonia também, conforme descritos das tabelas a seguir (tabelas 8 e 9).

Tabela 8 - Fases do ciclo vibratório das Quimografias de Alta Velocidade em 3D de sujeitos com presbifonia dos gêneros feminino e masculino

	Fase Fechada		Fase de abertura		Fase de fechamento		Fase Aberta		Período total do ciclo vibratório	
	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc
Média	1,75	2,66	1,73	2,68	1,31	2,06	3,04	4,74	4,79	7,40
DP	0,71	1,27	0,57	0,92	0,26	0,52	0,64	1,34	0,76	0,63
Mín	0,75	1,15	1,05	1,95	0,90	1,35	2,15	3,50	3,25	6,45
Máx	2,90	4,25	2,85	4,00	1,75	2,55	4,20	6,55	5,90	7,70

DP= desvio padrão, Mín.=mínimo, Máx.=máximo, Fem.=feminino, Masc.=masculino

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 9 - Valores médios, desvios-padrão (DP), mínimos (Mín.), e máximos (Máx.) dos coeficientes extraídos da Quimografia de Alta Velocidade em 3D de sujeitos com presbifonia dos gêneros feminino e masculino

	Coeficiente de Fechamento (CF)		Coeficiente de abertura (CA)		Coeficiente de velocidade (CV)	
	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc
Média	0,35	0,36	0,64	0,64	1,35	1,31
DP	0,12	0,16	0,12	0,16	0,45	0,32
Mín	0,19	0,14	0,42	0,45	0,74	0,95
Máx	0,57	0,54	0,80	0,85	2,11	1,59

Fem.=feminino, Masc.=masculino, DP= desvio padrão, Mín.=mínimo, Máx.=máximo

Fonte: Elaborada pelo autor

Os valores de amplitude também foram extraídos das Quimografias de Alta Velocidade em 3D dos sujeitos com presbifonia, conforme apresentado na tabela 10.

Tabela 10 - Valores médios, desvios-padrão (DP), mínimo (Mín) e máximo (Máx) da amplitude dos movimentos realizados pelas pregas vocais direita (PVD) e esquerda (PVE) em sujeitos com presbifonia, utilizando a Quimografia de Alta Velocidade em 3D

	Fem		Masc	
	PVD	PVE	PVD	PVE
Média	0,022	0,022	0,034	0,033
DP	0,005	0,006	0,003	0,002
Mín	0,015	0,011	0,031	0,029
Máx	0,030	0,032	0,038	0,035

DP= desvio-padrão, Mín.=mínimo, Máx.=máximo, Fem.= feminino, Masc.= masculino,

PVD= prega vocal direita, PVE= prega vocal esquerda

Fonte: Elaborada pelo autor

6.2. Análise comparativa entre grupos de sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia

Uma breve explicação das tabelas descritas faz-se necessário para facilitar a compreensão dos termos utilizados na análise estatística dos dados.

A normalidade das variáveis quantitativas dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) e concluiu-se que não existe distribuição de normalidade assegurada, portanto, testes não paramétricos foram utilizados no presente estudo.

Para a análise estatística deste estudo foi utilizado o Teste de Wilcoxon, por se tratar de um teste não paramétrico aplicado quando se pode determinar a magnitude e a direção dos dados, e se deseja comparar as variáveis duas a duas. Além do Teste de Wilcoxon, foi adotado o Teste de Mann-Whitney, que também configura um teste não paramétrico, porém utilizado em baixa amostragem, e aplicado quando há amostras independentes e se deseja compará-las sempre duas a duas.

Abaixo seguem pequenas descrições de termos presentes nas tabelas.

- Mediana: trata-se de uma medida de posição, que divide a amostra em 50% acima do valor da mediana e 50% abaixo. Sua interpretação envolve compreender que, quanto mais próximo seu valor está da média, mais simétrica será sua distribuição.

- Quartis: são descritivos de posição, ou seja, não são influenciadas por valores extremos (como a média e desvio padrão). O 1º quartil (Q1) nos mostra a distribuição até 25% da amostra, enquanto que o 3º quartil (Q3) mostra a distribuição até 75% da amostra.

- Intervalo de confiança (IC): mostra a variação da média segundo uma probabilidade estatística, ora somado e ora subtraído dela. O intervalo de confiança para a Média é uma técnica utilizada quando desejamos ver o quanto a média pode variar numa determinada probabilidade de confiança.

- P-valor: representa a estatística de cada comparação realizada. Esta estatística nos auxilia a concluir sobre o teste realizado. Para este estudo foi definido um nível de significância de 0,05.

6.2.1. Sujeitos normofônicos x Sujeitos com presbifonia: comparação entre os grupos (sujeitos normofônicos e com presbifonia), por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade 2D e 3D)

Em análise comparativa entre os resultados obtidos em relação aos tempos de fase do ciclo vibratório das pregas vocais (Fase Fechada, Fase de abertura, Fase de fechamento, Fase Aberta, Período Total do Ciclo Vibratório) entre os grupos de sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, observou-se que não houve diferença estatística em nenhum parâmetro quantitativo obtido pela Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D), conforme apresentado nas tabelas 11 (Fase Fechada), 12 (Fase de abertura), 13 (Fase de fechamento), 14 (Fase Aberta), 15 (Período Total do Ciclo Vibratório), e representados pelos gráficos 1,2,3,4,5 respectivamente.

Tabela 11 - Comparação entre os grupos em relação ao tempo de fase fechada (FF) do ciclo vibratório das pregas vocais

	Fase fechada		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Feminino	Normal	1,89	1,96	0,44	1,85	2,05	10	0,27	0,568
		Presbi	1,79	1,75	0,53	1,30	2,24	9	0,35	
	Masculino	Normal	3,38	3,13	0,90	2,75	3,90	8	0,62	0,202
		Presbi	2,80	2,90	0,34	2,69	3,00	4	0,33	
	Todos	Normal	2,55	2,27	1,01	1,95	3,02	18	0,46	0,238
		Presbi	2,10	2,24	0,67	1,45	2,69	13	0,36	
3D	Feminino	Normal	1,24	1,38	0,64	1,09	1,59	10	0,40	0,220
		Presbi	1,75	1,85	0,71	1,20	2,10	9	0,46	
	Masculino	Normal	3,16	3,18	1,01	2,28	3,74	8	0,70	0,610
		Presbi	2,66	2,63	1,27	2,13	3,16	4	1,25	
	Todos	Normal	2,09	1,93	1,26	1,36	2,71	18	0,58	0,904
		Presbi	2,03	1,90	0,97	1,20	2,55	13	0,53	

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 1 - Comparação dos valores médios da Fase Fechada do ciclo vibratório das pregas vocais entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 12 - Comparação entre os grupos em relação ao tempo de fase de abertura (Fa) do ciclo vibratório das pregas vocais

Fa		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Feminino	Normal	1,44	1,45	0,30	1,15	1,72	10	0,18
		Presbi	1,41	1,28	0,36	1,08	1,59	9	0,23
	Masculino	Normal	2,30	2,15	0,64	1,89	2,39	8	0,44
		Presbi	2,07	2,04	0,33	1,81	2,30	4	0,32
	Todos	Normal	1,82	1,80	0,64	1,45	1,96	18	0,29
		Presbi	1,61	1,59	0,46	1,26	1,82	13	0,25
3D	Feminino	Normal	1,67	1,70	0,59	1,40	2,19	10	0,37
		Presbi	1,73	1,60	0,57	1,30	1,95	9	0,37
	Masculino	Normal	2,25	2,30	0,49	2,04	2,56	8	0,34
		Presbi	2,68	2,38	0,92	2,10	2,95	4	0,91
	Todos	Normal	1,93	2,08	0,61	1,49	2,35	18	0,28
		Presbi	2,02	1,95	0,79	1,55	2,30	13	0,43

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 2 - Comparação dos valores médios da Fase de abertura do ciclo vibratório das pregas vocais entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 13 - Comparação entre os grupos em relação ao tempo de fase de fechamento (Ff) do ciclo vibratório das pregas vocais

	Ff		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Feminino	Normal	1,43	1,46	0,37	1,18	1,59	10	0,23	0,683
		Presbi	1,50	1,39	0,41	1,16	1,73	9	0,27	
	Masculino	Normal	2,25	2,13	0,44	1,95	2,38	8	0,30	0,610
		Presbi	2,39	2,27	0,58	2,14	2,51	4	0,57	
	Todos	Normal	1,79	1,84	0,57	1,46	2,03	18	0,26	0,936
		Presbi	1,77	1,73	0,61	1,28	2,09	13	0,33	
3D	Feminino	Normal	1,45	1,30	0,66	1,13	1,61	10	0,41	0,902
		Presbi	1,31	1,30	0,26	1,15	1,50	9	0,17	
	Masculino	Normal	2,30	2,13	0,52	1,95	2,61	8	0,36	0,610
		Presbi	2,06	2,18	0,52	1,88	2,36	4	0,51	
	Todos	Normal	1,83	1,80	0,73	1,28	2,14	18	0,34	0,270
		Presbi	1,54	1,35	0,49	1,20	1,75	13	0,27	

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 3 - Comparação dos valores médios da Fase de fechamento do ciclo vibratório das pregas vocais entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 14 - Comparação entre os grupos em relação ao tempo de fase aberta (FA) do ciclo vibratório das pregas vocais

	FA		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Feminino	Normal	2,86	2,97	0,53	2,61	3,09	10	0,33	0,935
		Presbi	2,91	2,96	0,58	2,75	3,16	9	0,38	
	Masculino	Normal	4,55	4,21	0,71	3,98	5,16	8	0,49	1,000
		Presbi	4,46	4,28	0,85	3,95	4,79	4	0,83	
	Todos	Normal	3,61	3,52	1,05	2,96	4,11	18	0,48	0,471
		Presbi	3,38	3,16	0,98	2,82	3,88	13	0,53	
3D	Feminino	Normal	3,12	3,40	0,66	2,46	3,68	10	0,41	0,838
		Presbi	3,04	2,95	0,64	2,70	3,25	9	0,42	
	Masculino	Normal	4,55	4,60	0,71	4,18	4,91	8	0,49	0,865
		Presbi	4,74	4,45	1,34	3,88	5,31	4	1,31	
	Todos	Normal	3,76	3,75	0,99	3,38	4,49	18	0,46	0,471
		Presbi	3,57	3,25	1,17	2,80	4,00	13	0,64	

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 4 - Comparação dos valores médios da Fase Aberta do ciclo vibratório das pregas vocais entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 15 - Comparação entre os grupos em relação ao tempo de período total do ciclo vibratório (PTCV) das pregas vocais

	PTCV		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Feminino	Normal	4,75	4,88	0,79	4,65	5,11	10	0,49	0,838
		Presbi	4,70	4,91	0,86	4,41	5,19	9	0,56	
	Masculino	Normal	7,93	7,53	1,25	6,94	9,00	8	0,87	0,497
		Presbi	7,26	7,24	0,62	6,81	7,69	4	0,60	
	Todos	Normal	6,16	5,57	1,90	4,87	7,13	18	0,88	0,484
		Presbi	5,49	5,19	1,45	4,86	6,62	13	0,79	
3D	Feminino	Normal	4,36	4,80	1,07	4,10	4,94	10	0,66	0,391
		Presbi	4,79	4,90	0,76	4,60	5,20	9	0,50	
	Masculino	Normal	7,71	7,28	1,17	6,71	8,80	8	0,81	0,865
		Presbi	7,40	7,70	0,63	7,39	7,71	4	0,62	
	Todos	Normal	5,85	5,40	2,02	4,80	6,90	18	0,93	0,795
		Presbi	5,60	5,20	1,43	4,75	6,45	13	0,78	

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 5 - Comparação dos valores médios do Período Total do ciclo vibratório das pregas vocais entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Comparando-se os valores dos Coeficientes de Fechamento, de Abertura e de Velocidade entre os grupos de sujeitos normais e com presbifonia, também não houve diferença estatística significativa (tabelas 16, 17 e 18) ilustradas nos gráficos 6,7 e 8.

Tabela 16 - Comparação entre os grupos em relação ao coeficiente de fechamento (CF)

	CF		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Feminino	Normal	0,395	0,386	0,063	0,366	0,403	10	0,039	0,514
		Presbi	0,378	0,375	0,069	0,356	0,393	9	0,045	
	Masculino	Normal	0,423	0,421	0,065	0,370	0,441	8	0,045	0,734
		Presbi	0,389	0,408	0,068	0,377	0,420	4	0,067	
	Todos	Normal	0,408	0,397	0,064	0,368	0,434	18	0,029	0,496
		Presbi	0,382	0,391	0,066	0,356	0,410	13	0,036	
3D	Feminino	Normal	0,266	0,278	0,130	0,224	0,329	10	0,081	0,165
		Presbi	0,358	0,356	0,120	0,289	0,413	9	0,078	
	Masculino	Normal	0,404	0,391	0,090	0,343	0,435	8	0,063	0,734
		Presbi	0,360	0,372	0,164	0,310	0,422	4	0,160	
	Todos	Normal	0,327	0,330	0,132	0,276	0,404	18	0,061	0,548
		Presbi	0,359	0,364	0,127	0,289	0,413	13	0,069	

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 6 - Comparação dos valores médios dos coeficientes de fechamento (CF) entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 17 - Comparação entre os grupos em relação ao coeficiente de abertura (CA)

CA		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P- valor	
2D	Feminino	Normal	0,605	0,614	0,063	0,597	0,634	10	0,039	0,568
		Presbi	0,621	0,622	0,068	0,605	0,644	9	0,045	
	Masculino	Normal	0,577	0,579	0,065	0,559	0,630	8	0,045	0,734
		Presbi	0,611	0,591	0,068	0,580	0,622	4	0,066	
	Todos	Normal	0,592	0,603	0,064	0,566	0,632	18	0,029	0,522
		Presbi	0,618	0,609	0,065	0,590	0,644	13	0,036	
3D	Feminino	Normal	0,734	0,722	0,130	0,671	0,776	10	0,081	0,165
		Presbi	0,642	0,644	0,120	0,587	0,711	9	0,078	
	Masculino	Normal	0,596	0,609	0,090	0,565	0,657	8	0,063	0,734
		Presbi	0,640	0,628	0,164	0,578	0,690	4	0,160	
	Todos	Normal	0,673	0,670	0,132	0,596	0,724	18	0,061	0,548
		Presbi	0,641	0,636	0,127	0,587	0,711	13	0,069	

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 7 - Comparação dos valores médios dos coeficientes de abertura (CA) entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 18 - Comparação entre os grupos em relação ao coeficiente de velocidade (CV)

	CV		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Feminino	Normal	1,053	1,007	0,274	0,978	1,114	10	0,170	0,514
		Presbi	0,989	0,909	0,318	0,746	1,203	9	0,208	
	Masculino	Normal	1,062	0,934	0,430	0,800	1,063	8	0,298	0,396
		Presbi	0,883	0,886	0,138	0,768	1,001	4	0,135	
	Todos	Normal	1,057	0,996	0,340	0,916	1,114	18	0,157	0,327
		Presbi	0,957	0,909	0,273	0,756	1,080	13	0,149	
3D	Feminino	Normal	1,387	1,519	0,683	0,993	1,841	10	0,423	0,744
		Presbi	1,359	1,458	0,454	0,955	1,533	9	0,297	
	Masculino	Normal	1,019	0,932	0,329	0,788	1,184	8	0,228	0,126
		Presbi	1,311	1,350	0,320	1,086	1,575	4	0,314	
	Todos	Normal	1,224	1,195	0,572	0,814	1,576	18	0,264	0,471
		Presbi	1,344	1,458	0,405	0,955	1,569	13	0,220	

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 8 - Comparação dos valores médios dos coeficientes de Velocidade (CV) entre sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Semelhante ao presente estudo, Yamauchi et al. (2014a) também não obtiveram diferenças significativas quando compararam grupos de sujeitos com vozes saudáveis e sujeitos com atrofia de pregas vocais. Entretanto, relataram perceber uma tendência

do grupo de sujeitos com atrofia de pregas vocais a apresentar menor amplitude de movimento das pregas vocais, menor onda glótica, maior assimetria, maior fenda glótica e aumento na hiperatividade supraglótica, em relação ao grupo controle. Em termos de parâmetros numéricos, o grupo de sujeitos com atrofia de pregas vocais apresentaram coeficiente de abertura de 0,76 na quimografia de alta velocidade convencional (2D) e 0,66 utilizando a quimografia de alta velocidade multi-linhas, técnica descrita por Yamauchi et al. (2014c), em que a quimografia de alta velocidade convencional é aprimorada para analisar o movimento das pregas vocais em diversas linhas traçadas ao longo da imagem laríngea, e não somente em um ponto apenas, que geralmente é na porção mediana da prega vocal, sendo ambos os achados superiores aos valores encontrados no presente estudo (0,62 para mulheres e 0,61 para homens). É imprescindível ressaltar que os estudos foram conduzidos com população e técnicas diferentes. A amostra do estudo de Yamauchi et al. (2014a) considerou como grupo controle sujeitos com vozes saudáveis, não necessariamente jovens (média de idade de 73 anos para o grupo controle, e de 72 anos para o grupo de sujeitos com atrofia de pregas vocais).

6.2.2. Gênero feminino x Gênero masculino: comparação entre os gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e com presbifonia) e métrica (Quimografia de Alta Velocidade 2D e 3D).

Os resultados relacionados à comparação dos parâmetros dos tempos das fases do ciclo vibratório das pregas vocais entre os gêneros feminino e masculino, por grupos dos sujeitos normais e sujeitos com presbifonia, e também comparados pelas métricas da Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D) e Quimografia de Alta Velocidade em 3D foram obtidos pelo Teste Mann-Whitney e encontram-se apresentados nas tabelas 19, 20, 21, 22 e 23 e ilustradas pelos gráficos 9, 10, 11 12 e 13 respectivamente.

Tabela 19 - Comparação entre os gêneros feminino e masculino em relação ao tempo de fase fechada (FF) do ciclo vibratório das pregas vocais

	FF		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Normal	Feminino	1,89	1,96	0,44	1,85	2,05	10	0,27	0,001
		Masculino	3,38	3,13	0,90	2,75	3,90	8	0,62	
	Presbi	Feminino	1,79	1,75	0,53	1,30	2,24	9	0,35	0,009
		Masculino	2,80	2,90	0,34	2,69	3,00	4	0,33	
3D	Normal	Feminino	1,24	1,38	0,64	1,09	1,59	10	0,40	<0,001
		Masculino	3,16	3,18	1,01	2,28	3,74	8	0,70	
	Presbi	Feminino	1,75	1,85	0,71	1,20	2,10	9	0,46	0,217
		Masculino	2,66	2,63	1,27	2,13	3,16	4	1,25	

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 9 - Comparação dos valores médios da Fase Fechada entre gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Quando se realizou comparação do tempo de Fase Fechada (FF) entre os gêneros feminino e masculino, observaram-se diferenças significativas no grupo dos sujeitos

normofônicos, utilizando as duas métricas, tanto a Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D) (p-valor 0,001) quanto a Quimografia de Alta Velocidade em 3D (p-valor < 0,001). Ainda utilizando a Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D) foi observada diferença estatística entre os gêneros dentro do grupo dos sujeitos com presbifonia (p-valor 0,009).

Tabela 20 - Comparação entre os gêneros feminino e masculino em relação ao tempo de fase de abertura (Fa) do ciclo vibratório das pregas vocais

	Fa	Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Normal	Feminino	1,44	1,45	0,30	1,15	1,72	10	0,18
		Masculino	2,30	2,15	0,64	1,89	2,39	8	0,44
	Presbi	Feminino	1,41	1,28	0,36	1,08	1,59	9	0,23
		Masculino	2,07	2,04	0,33	1,81	2,30	4	0,32
3D	Normal	Feminino	1,67	1,70	0,59	1,40	2,19	10	0,37
		Masculino	2,25	2,30	0,49	2,04	2,56	8	0,34
	Presbi	Feminino	1,73	1,60	0,57	1,30	1,95	9	0,37
		Masculino	2,68	2,38	0,92	2,10	2,95	4	0,91

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 10 - Comparação dos valores médios da Fase de abertura entre gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 21 - Comparação entre os gêneros feminino e masculino em relação ao tempo de fase de fechamento (Ff) do ciclo vibratório das pregas vocais

	Ff		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Normal	Feminino	1,43	1,46	0,37	1,18	1,59	10	0,23	0,002
		Masculino	2,25	2,13	0,44	1,95	2,38	8	0,30	
	Presbi	Feminino	1,50	1,39	0,41	1,16	1,73	9	0,27	0,014
		Masculino	2,39	2,27	0,58	2,14	2,51	4	0,57	
3D	Normal	Feminino	5,80	5,20	2,65	4,50	6,45	10	1,64	0,007
		Masculino	9,20	8,50	2,06	7,80	10,45	8	1,43	
	Presbi	Feminino	5,24	5,20	1,04	4,60	6,00	9	0,68	0,025
		Masculino	8,25	8,70	2,07	7,50	9,45	4	2,03	

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 11 - Comparação dos valores médios da fase de fechamento entre gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 22 - Comparação entre os gêneros feminino e masculino em relação ao tempo de fase aberta (FA) do ciclo vibratório das pregas vocais

	FA		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Normal	Feminino	2,86	2,97	0,53	2,61	3,09	10	0,33	<0,001
		Masculino	4,55	4,21	0,71	3,98	5,16	8	0,49	
	Presbi	Feminino	2,91	2,96	0,58	2,75	3,16	9	0,38	0,009
		Masculino	4,46	4,28	0,85	3,95	4,79	4	0,83	
3D	Normal	Feminino	3,12	3,40	0,66	2,46	3,68	10	0,41	0,002
		Masculino	4,55	4,60	0,71	4,18	4,91	8	0,49	
	Presbi	Feminino	3,04	2,95	0,64	2,70	3,25	9	0,42	0,021
		Masculino	4,74	4,45	1,34	3,88	5,31	4	1,31	

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 12 - Comparação dos valores médios da Fase aberta entre gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 23 - Comparação entre os gêneros feminino e masculino em relação ao tempo do período total do ciclo vibratório (PTCV) das pregas vocais

	PTCV		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Normal	Feminino	4,75	4,88	0,79	4,65	5,11	10	0,49	<0,001
		Masculino	7,93	7,53	1,25	6,94	9,00	8	0,87	
	Presbi	Feminino	4,70	4,91	0,86	4,41	5,19	9	0,56	0,005
		Masculino	7,26	7,24	0,62	6,81	7,69	4	0,60	
3D	Normal	Feminino	4,36	4,80	1,07	4,10	4,94	10	0,66	<0,001
		Masculino	7,71	7,28	1,17	6,71	8,80	8	0,81	
	Presbi	Feminino	4,79	4,90	0,76	4,60	5,20	9	0,50	0,005
		Masculino	7,40	7,70	0,63	7,39	7,71	4	0,62	

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 13 - Comparação dos valores médios do período total do ciclo vibratório das pregas vocais entre gênero (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se existência de diferença significativa na maioria das comparações entre os gêneros feminino e masculino, nos grupos de sujeitos normofônicos e de sujeitos com presbifonia, independente da métrica de análise utilizada, exceto nos tempos de Fase Fechada (FF) e de Fase de abertura (Fa) utilizando a Quimografia de Alta

Velocidade em 3D nos sujeitos com presbifonia. Semelhante a este achado, diferenças estatísticas ($p\text{-valor} \leq 0,001$) foram encontradas em todas as fases do ciclo vibratório das pregas vocais na comparação entre gêneros, com sujeitos normofônicos quando utilizado Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D) em resultados apresentados por Tsutsumi et al. (2016). Tais resultados reforçam os conceitos de que diferenças no padrão vibratório das pregas vocais de mulheres e homens são resultantes de características anatômicas e fisiológicas de cada gênero, e sofrem mudanças com o avanço da idade.

Tabela 24 - Comparação entre os gêneros em relação ao coeficiente de fechamento (CF)

CF		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Normal	Feminino	0,395	0,386	0,063	0,366	0,403	10	0,039
		Masculino	0,423	0,421	0,065	0,370	0,441	8	0,045
	Presbi	Feminino	0,378	0,375	0,069	0,356	0,393	9	0,045
		Masculino	0,389	0,408	0,068	0,377	0,420	4	0,067
3D	Normal	Feminino	0,066	0,069	0,033	0,056	0,082	10	0,020
		Masculino	0,101	0,098	0,023	0,086	0,109	8	0,016
	Presbi	Feminino	0,090	0,089	0,030	0,072	0,103	9	0,020
		Masculino	0,090	0,093	0,041	0,078	0,105	4	0,040

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 14 - Comparação dos valores médios dos coeficientes de fechamento entre gênero (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 25 - Comparação entre os gêneros em relação ao coeficiente de abertura (CA)

	CA		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Normal	Feminino	0,605	0,614	0,063	0,597	0,634	10	0,039	0,248
		Masculino	0,577	0,579	0,065	0,559	0,630	8	0,045	
	Presbi	Feminino	0,621	0,622	0,068	0,605	0,644	9	0,045	0,537
		Masculino	0,611	0,591	0,068	0,580	0,622	4	0,066	
3D	Normal	Feminino	0,184	0,181	0,033	0,168	0,194	10	0,020	0,016
		Masculino	0,149	0,152	0,023	0,141	0,164	8	0,016	
	Presbi	Feminino	0,160	0,161	0,030	0,147	0,178	9	0,020	0,877
		Masculino	0,160	0,157	0,041	0,145	0,172	4	0,040	

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 15 - Comparação dos valores médios dos coeficientes de abertura entre gênero (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto à análise de comparação entre gêneros obtidos referentes aos coeficientes de fechamento e de abertura, percebeu-se que os valores de p-valor foram idênticos, embora os dados da tabela tenham sido diferentes. Neste caso, os

testes foram refeitos e mantidos. A interpretação do ocorrido consiste numa combinação linear, pois a variabilidade intrínseca nos dois coeficientes é a mesma.

Tabela 26 - Comparação entre os gêneros em relação ao coeficiente de velocidade (CV)

CV		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
2D	Normal	Feminino	1,053	1,007	0,274	0,978	1,114	10	0,170
		Masculino	1,062	0,934	0,430	0,800	1,063	8	0,298
	Presbi	Feminino	0,989	0,909	0,318	0,746	1,203	9	0,208
		Masculino	0,883	0,886	0,138	0,768	1,001	4	0,135
3D	Normal	Feminino	0,347	0,380	0,171	0,248	0,460	10	0,106
		Masculino	0,255	0,233	0,082	0,197	0,296	8	0,057
	Presbi	Feminino	0,340	0,365	0,114	0,239	0,383	9	0,074
		Masculino	0,328	0,337	0,080	0,271	0,394	4	0,078

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 16 - Comparação dos valores médios dos coeficientes de velocidade entre gênero (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia), e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto à análise dos coeficientes (tabelas 24, 25 e 26) e gráficos 14,15 e 16, Lohscheller, Svec e Dollinger (2013) relataram diferença estatística na comparação entre gêneros do coeficiente de velocidade, diferindo do presente estudo. Em contrapartida, este achado corrobora com o obtido por Tsutsumi et al. (2016) em que não obteve diferença significativa (p-valor 0,756) entre gêneros na comparação do coeficiente de velocidade, assim como neste estudo em questão (p-valor 0,424).

**6.2.3. Amplitude – Sujeitos normofônicos x Sujeitos com presbifonia:
comparação entre grupos (sujeitos normofônicos e com presbifonia), por
gênero (feminino e masculino) e prega vocal (direita e esquerda) utilizando
a Quimografia de Alta Velocidade em 3D.**

A amplitude do movimento realizado pelas pregas vocais configura um parâmetro importante, principalmente em sujeitos idosos, pois apresenta mudança com o avanço da idade.

Foi utilizado o Teste de Mann-Whitney para realizar a comparação dos dados da amplitude por grupos, e seguem apresentados abaixo os valores da amplitude normalizados, extraídos de imagens laríngeas de sujeitos normais, utilizando a Quimografia de Alta Velocidade em 3D, comparados entre os grupos de sujeitos normais e sujeitos com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e prega vocal (direita e esquerda) (tabela 27, gráfico 17).

Tabela 27-Comparação da amplitude entre os grupos de sujeitos normofônico e com presbifonia, por gênero (feminino e masculino) e por prega vocal (direita e esquerda).

Amplitude 3D		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
PVD	Feminino	Normal	0,0267	0,0261	0,0081	0,0195	0,0322	10	0,0050
		Presbi	0,0222	0,0202	0,0050	0,0188	0,0259	9	0,0033
	Masculino	Normal	0,0260	0,0262	0,0057	0,0219	0,0287	8	0,0040
		Presbi	0,0347	0,0348	0,0033	0,0323	0,0373	4	0,0032
	Todos	Normal	0,0264	0,0261	0,0070	0,0210	0,0308	18	0,0032
		Presbi	0,0261	0,0259	0,0075	0,0201	0,0313	13	0,0041
PVE	Feminino	Normal	0,0271	0,0255	0,0085	0,0208	0,0309	10	0,0053
		Presbi	0,0220	0,0210	0,0060	0,0185	0,0249	9	0,0039
	Masculino	Normal	0,0246	0,0238	0,0047	0,0221	0,0261	8	0,0032
		Presbi	0,0332	0,0335	0,0025	0,0323	0,0344	4	0,0025
	Todos	Normal	0,0259	0,0240	0,0070	0,0219	0,0295	18	0,0032
		Presbi	0,0254	0,0249	0,0074	0,0210	0,0323	13	0,0040

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 17- Comparação dos valores médios da amplitude do movimento das pregas vocais entre os grupos (sujeitos normofônico e sujeitos com presbifonia), por gênero (feminino e masculino) e por métrica (Quimografia de Alta Velocidade em 2D e Quimografia de Alta Velocidade em 3D)

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com os resultados apresentados na tabela 27, houve diferença estatística na comparação entre os grupos, somente no gênero masculino, tanto nos valores de amplitude da prega vocal direita (p-valor 0,017) quanto da prega vocal esquerda (p-valor 0,011). Em estudo apresentado por Yamauchi et al. (2015a), os autores obtiveram dados de amplitude de movimento das pregas vocais em idosos superiores (p-valor 0,025) em relação aos jovens.

Bae et al. (2019), utilizando uma nova técnica de quimografia de alta velocidade 2D (2D DKG) calculou o índice de simetria da amplitude, e obtiveram redução dos valores deste parâmetro após terapia vocal em sujeitos com atrofia de pregas vocais (p-valor 0,043).

Tabela 28-Comparação da amplitude entre os gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e com presbifonia) e por prega vocal (direita e esquerda) .

Amplitude 3D		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
PVD	Normal	Feminino	0,0267	0,0261	0,0081	0,0195	0,0322	10	0,0050
		Masculino	0,0260	0,0262	0,0057	0,0219	0,0287	8	0,0040
	Presbi	Feminino	0,0222	0,0202	0,0050	0,0188	0,0259	9	0,0033
		Masculino	0,0347	0,0348	0,0033	0,0323	0,0373	4	0,0032
PVE	Normal	Feminino	0,0271	0,0255	0,0085	0,0208	0,0309	10	0,0053
		Masculino	0,0246	0,0238	0,0047	0,0221	0,0261	8	0,0032
	Presbi	Feminino	0,0220	0,0210	0,0060	0,0185	0,0249	9	0,0039
		Masculino	0,0332	0,0335	0,0025	0,0323	0,0344	4	0,0025

Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 18 - Comparação dos valores médios da amplitude do movimento das pregas vocais entre gêneros (feminino e masculino), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia)

Fonte: Elaborado pelo autor

Nesta análise comparativa entre gêneros (tabela 28 e gráfico 18), observou-se presença de diferença estatística entre os sujeitos do gênero feminino e masculino, apenas no grupo dos sujeitos com presbifonia, tanto na prega vocal direita (p-valor 0,005) quanto na prega vocal esquerda (p-valor 0,009). Yamauchi et al. (2015a) revelaram resultados semelhantes em seu estudo, com diferença de p-valor 0,042 na amplitude

(normalizada pelo comprimento das pregas vocais), e p-valor de 0,015 na amplitude normalizada pela largura das pregas vocais, na comparação entre os gêneros. Ainda sobre a amplitude normalizada pela largura, os autores obtiveram diferença importante entre sujeitos jovens do gênero feminino e sujeitos idosos do gênero masculino (p-valor<0,05).

Para finalizar as análises do parâmetro da amplitude, a comparação foi realizada entre os valores da amplitude da prega vocal direita e da prega vocal esquerda (tabela 29 e gráfico 19), portanto lidamos com dados pareados, ou seja, quando o mesmo sujeito é pesquisa e controle dele mesmo e por isso utilizou-se o teste de Wilcoxon.

Tabela 29-Comparação da amplitude referente ao lado da prega vocal (direita e esquerda), por grupo (sujeitos normofônicos e com presbifonia) e gênero (feminino e masculino).

Amplitude 3D		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	P-valor
Normal Feminino	PVD	0,0267	0,0261	0,0081	0,0195	0,0322	10	0,0050	0,575
	PVE	0,0271	0,0255	0,0085	0,0208	0,0309	10	0,0053	
Normal Masculino	PVD	0,0260	0,0262	0,0057	0,0219	0,0287	8	0,0040	0,401
	PVE	0,0246	0,0238	0,0047	0,0221	0,0261	8	0,0032	
Presbi Feminino	PVD	0,0222	0,0202	0,0050	0,0188	0,0259	9	0,0033	0,767
	PVE	0,0220	0,0210	0,0060	0,0185	0,0249	9	0,0039	
Presbi Masculino	PVD	0,0347	0,0348	0,0033	0,0323	0,0373	4	0,0032	0,273
	PVE	0,0332	0,0335	0,0025	0,0323	0,0344	4	0,0025	
Normal	PVD	0,0264	0,0261	0,0070	0,0210	0,0308	18	0,0032	0,663
	PVE	0,0259	0,0240	0,0070	0,0219	0,0295	18	0,0032	
Presbi	PVD	0,0261	0,0259	0,0075	0,0201	0,0313	13	0,0041	0,463
	PVE	0,0254	0,0249	0,0074	0,0210	0,0323	13	0,0040	
Feminino	PVD	0,0246	0,0246	0,0070	0,0183	0,0291	19	0,0032	0,872
	PVE	0,0246	0,0231	0,0077	0,0200	0,0288	19	0,0035	
Masculino	PVD	0,0289	0,0287	0,0065	0,0240	0,0336	12	0,0037	0,209
	PVE	0,0274	0,0269	0,0058	0,0226	0,0332	12	0,0033	
Todos	PVD	0,0263	0,0259	0,0070	0,0201	0,0313	31	0,0025	0,416
	PVE	0,0257	0,0249	0,0070	0,0210	0,0306	31	0,0025	

Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 19 -Comparação dos valores médios da amplitude do movimento das pregas vocais entre os lados (direita e esquerda), por grupos (sujeitos normofônicos e sujeitos com presbifonia) e por gêneros (feminino e masculino)

Fonte: Elaborado pelo autor

Foi possível observar que, apesar dos valores da amplitude entre as pregas vocais direita e esquerda apresentarem diferenças, estas não foram significativas. Yamauchi et al. (2015a) relata a presença de maior assimetria nos parâmetros relacionados à amplitude do movimento das pregas vocais em sujeitos idosos, seja na diferença de amplitude e também de fase, quando comparados ao grupo de sujeitos jovens, relato que condiz com a existência de diferença nos valores da amplitude entre uma prega vocal e outra, como observado no presente estudo.

Sabe-se que o avanço da idade pode acarretar mudanças anatômicas e fisiológicas no corpo, inclusive nas pregas vocais, podendo caracterizar o quadro de presbifonia. Sendo assim, faz-se importante considerar que os resultados do presente estudo revelaram diferenças estatísticas significativas em alguns parâmetros e, apesar da ausência de significância em outros, os achados revelaram importantes diferenças nas comparações entre grupos, gêneros, métricas e lados das pregas vocais, além dos parâmetros qualitativos, cuja análise visual do padrão vibratório das pregas vocais pode auxiliar no diagnóstico diferencial clínico, mesmo na ausência de parâmetros numéricos.

7. CONCLUSÕES

A Quimografia de Alta Velocidade em 3D mostrou ser uma ferramenta computacional eficaz na detecção de padrões alterados na vibração das pregas vocais, possibilitando a visualização das pregas vocais em toda sua extensão (e não somente em uma porção dela) como ocorre na Quimografia de Alta Velocidade convencional (2D). Também, permitiu a análise visual das duas pregas vocais simultaneamente, de maneira que possibilita a visualização de assimetrias ou lesão unilateral de prega vocal. Trata-se de uma ferramenta inédita, eficaz e promissora na análise de imagens laríngeas captadas pela Videolaringoscopia de Alta Velocidade, com alto potencial de aplicação médica e fonoaudiológica no diagnóstico e acompanhamento terapêutico de sujeitos com enfermidades nas pregas vocais, assim como a presbifonia, evidenciada neste estudo.

8. TRABALHOS PUBLICADOS NO PERÍODO

8.1. Artigo completo publicado em periódico internacional (Journal of Voice)

Título: High-Speed Videolaryngoscopy: quantitative parameters of glottal area waveforms and high-speed kymography in healthy subjects.

Autores: Tsutsumi, M.; Isotani, S.; Pimenta, R.A.; Dajer, M.E.; Hachiya, A.; Tsuji D.H.; Tayama, N.; Yokonishi, H.; Imagawa, H.; Yamauchi, A., Takano S., Sakakibara, K-I.; Montagnoli, A.N.

Situação: Publicado em outubro de 2016.

8.2. Trabalhos apresentados em congressos

Título 1: Simulação Computacional dos Movimentos Glotais de Algumas Patologias de Laringe através de Modelos Deformáveis

Data da apresentação: 25/10/2015 a 28/10/2015

Formato: oral

Autores: Montagnoli, AN; Cirino, GA; **Tsutsumi, M**; Pimenta, RA; Baravieira, PB; Tsuji, DH.

Nome do evento: Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicações - DINCON

Local: Natal / RN

Título 2: Rehabilitation Using Kinect and an Outlook on Its Educational Applications: A Review of the State of the Art

Data da apresentação: 26/10/2015 a 30/10/2015.

Formato: oral

Autores: Reis, HM; Wiechmann, L; Borges, SS; Gasparini, I; **Tsutsumi, M**; Brandão, AF; Vasilceac FA; Gonçalves AG; Filho, RRR; Isotani, S.

Nome do evento: IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação e X Conferência Latino-Americana de Objetos e Tecnologias de Aprendizagem.

Local: Maceió / AL

Título 3: Análise de voz de idosos com presbifonia utilizando a videolaringoscopia de alta velocidade

Data da apresentação: 08/04/2016 e 09/04/2016

Formato: oral

Autores: Tsutsumi, M; Pimenta, RA; Dajer, MA; Hachiya, A; Tsuji, DH; Montagnoli, AN.

Nome do evento: I Congresso Brasileiro de Gerontecnologia

Local: Ribeirão Preto / SP

Título 4: Ferramenta de apoio à inclusão digital da pessoa idosa.

Data da apresentação: 08/04/2016 e 09/04/2016

Formato: oral

Autores: Wiechmann L; Reis HM; Cruz WM; Tsutsumi M; Isotani S.

Nome do evento: I Congresso Brasileiro de Gerontecnologia

Local: Ribeirão Preto / SP

Título 5: High Speed Videolaryngoscopy: characterization of healthy subjects

Data da apresentação: 18/08/2016 a 20/08/2016

Formato: e-poster

Autores: Tsutsumi M; Pimenta RP; Dajer ME; Hachiya A; Tsuji DH; Isotani S; Montagnoli AN.

Nome do evento: 15º Congresso da Fundação de Otorrinolaringologia

Local: Campos do Jordão / SP

Título 6: Characterization of presbyphonic vocal fold vibration using high-speed kymography.

Data da apresentação: 18/08/2016 a 20/08/2016

Formato: e-poster

Autores: Tsutsumi M; Pimenta RP; Dajer ME; Hachiya A; Tsuji DH; Isotani S; Montagnoli AN.

Nome do evento: 15º Congresso da Fundação de Otorrinolaringologia

Local: Campos do Jordão / SP

Título 7: 3D High-Speed Kymography in healthy individuals

Data da apresentação: 31/08/2017 a 02/09/2017

Formato: oral

Autores: Tsutsumi M; Pimenta RP; Dajer ME; Hachiya A; Tsuji DH; Montagnoli AN.

Nome do evento: 16º Congresso da Fundação de Otorrinolaringologia

Local: São Paulo / SP

Prêmio: Vencedor do 2º melhor trabalho científico na área de Fonoaudiologia do evento

Título 8: Non linear dynamic vocal analysis from vocal production of patients with unilateral vocal fold paralysis

Data da apresentação: 31/08/2017 a 02/09/2017

Formato: e-poster

Autores: Pimenta RP; Tsutsumi M; Dajer ME; Hachiya A; Tsuji DH; Montagnoli AN.

Nome do evento: 16º Congresso da Fundação de Otorrinolaringologia

Local: São Paulo / SP

Título 9: Caracterización de imágenes laríngeas de individuos saludables usando videolaringoscopia de alta velocidad

Data da apresentação: 10 a 13/05/2017

Formato: oral

Autores: Tsutsumi M ; Pimenta RP; Dajer ME; Hachiya A; Tsuji DH; Isotani S; Montagnoli AN.

Nome do evento: III Congresso Internacional de Fonoaudiologia - Encuentro de Integración Iberoamericano

Local: Rosário / Argentina

Título 10: The use of Data Mining Technology to Analyze High-Speed Videolaryngoscopy Images

Data da apresentação: 16/08/2018 a 18/08/2018

Formato: e-poster

Autores: Pimenta RP; Tsutsumi M; Dajer ME; Hachiya A; Tsuji DH; Montagnoli AN.

Nome do evento: 17º Congresso da Fundação de Otorrinolaringologia

Local: Brasília / DF

8.3. Resumos publicados em periódico internacional

Título 1: High-Speed Kymography of healthy subjects: a reference pattern

Autores: Tsutsumi, M.; Pimenta, R.A.; Dajer, M.E.; Hachiya, A.; Tsuji, D.H.; Montagnoli, A.N.

Periódico: International Archives of Otorhinolaryngology; 14th Congress of Otorhinolaryngology Foundation. Supp. August 13-15. 2015.

Título 2: High-Speed Videolaryngoscopy: characterization of healthy subjects

Autores: Tsutsumi, M.; Pimenta, R.A.; Dajer, M.E.; Hachiya, A.; Tsuji, D.H.; Isotani S; Montagnoli, A.N.

Periódico: International Archives of Otorhinolaryngology; 15th Congress of Otorhinolaryngology Foundation. Supp. August 18-20. 2016.

Título 3: Characterization of presbyphonic of vocal fold vibration using high-speed kymography.

Autores: Tsutsumi, M.; Pimenta, R.A.; Dajer, M.E.; Hachiya, A.; Tsuji, D.H.; Nemr, K.

Periódico: International Archives of Otorhinolaryngology; 15th Congress of Otorhinolaryngology Foundation. Supp. August 18-20. 2016.

Título 4: 3D High-Speed Kymography in healthy individuals

Autores: Tsutsumi, M.; Pimenta, R.A.; Dajer, M.E.; Hachiya, A.; Tsuji, D.H.; Montagnoli, A.N.

Periódico: International Archives of Otorhinolaryngology; 16th Congress of Otorhinolaryngology Foundation. Supp. August 31/08 -02/09. 2017.

Título 5: Non linear dynamic vocal analysis from vocal production of patients with unilateral vocal fold paralysis

Autores: Pimenta, R.A.; Tsutsumi, M.; Dajer, M.E.; Hachiya, A.; Tsuji, D.H.; Montagnoli, A.N.

Periódico: International Archives of Otorhinolaryngology; 16th Congress of Otorhinolaryngology Foundation. Supp. August 31/08 -02/09. 2017.

Título 6: The use of Data Mining Technology to Analyze High-Speed Videolaryngoscopy Images

Autores: Pimenta, R.A.; Tsutsumi, M.; Dajer, M.E.; Hachiya, A.; Tsuji, D.H.; Montagnoli, A.N.

Periódico: International Archives of Otorhinolaryngology; 17th Congress of Otorhinolaryngology Foundation. Supp. August 16-18. 2018.

9. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ao longo do desenvolvimento do estudo alguns aspectos foram considerados para otimizar o uso da ferramenta e gerar análises de imagens laríngeas com mais eficácia.

Por se tratar de um estudo em que a interdisciplinaridade ocorre de maneira benéfica e enriquecedora, algumas sugestões para trabalhos futuros seguem abaixo, envolvendo diferentes profissionais de áreas distintas:

- a padronização da exposição laríngea no momento da coleta do vídeo, bem como no momento da seleção das imagens, auxiliaria a etapa de análise
- diferentes profissionais podem utilizar a ferramenta da Quimografia de Alta Velocidade em 3D, e dessa forma, tutoriais padronizados podem beneficiar o profissional usuário da ferramenta em questão
- adequações e melhorias na ferramenta de análise ainda são necessárias, como ajustes no processo de análise que impedem a plotagem final da Quimografia de Alta Velocidade em 3D; ajustes que possibilitem a aplicação da ferramenta para analisar imagens laríngeas com diferentes patologias, pensando em ampliar sua aplicação clínica futura
- como fonoaudiólogos, faz-se importante desenvolver estudos com atuação tanto no diagnóstico como em terapia em sujeitos com presbifonia, sendo ambos os processos passíveis de utilizar a ferramenta auxiliando no acompanhamento terapêutico

REFERÊNCIAS

AHMAD, K.; YAN, Y.; BLESS, D. Vocal fold vibratory characteristics of healthy geriatric females-analysis of high-speed digital images. **Journal of Voice**, v.26, n.6, p.751-759, 2012.

AZIMUTH. Disponível em: <https://la.mathworks.com/help/map/about-azimuths.html>. Acesso em: 02 de junho de 2019.

BAE, I.H.; WANG, S.G.; LEE, J.C.; SUNG, E.S.; KIM, S.T.; LEE, Y.W.; KANG, D.H.; WANG, Y.J. Efficacy of two-dimensional scanning digital kymography in evaluation of atrophic vocal folds. **Journal of Voice**, v.33, n.4, p.554-560, 2019.

BAKEN, R.J. The Aged voice: a new hypothesis. **Journal of Voice**, v.19, n.3, p.317-325, 2005.

BARAVIEIRA, P.B. **Análise do padrão vibratório das pregas vocais em sujeitos com e sem nódulos vocais por meio da videolaringoscopia de alta velocidade**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia, Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

BARAVIEIRA, P.B.; BRASOLOTTO, A.G.; HACHIYA, A.; TAKAHASHI-RAMOS, M.T., TSUJI, D.H.; MONTAGNOLI, A.N. Comparative analysis of vocal fold vibration using high-speed videoendoscopy and digital kymography. **Journal of Voice**, v.28, n.5, p.603-607, 2014.

BEHLAU, M. Presbifonia: envelhecimento vocal inerente à idade. In: RUSSO, I.P. **Intervenção fonoaudiológica na terceira idade**. Rio de Janeiro: Revinter, 1999. p.25-50.

BEHLAU, M., AZEVEDO R., MADAZIO G. Anatomia da laringe e fisiologia da produção vocal. In: BEHLAU, M. **Voz: o livro do especialista**. Rio de Janeiro: Revinter, 2001. p.85-180.

BEHLAU, M. Conceito de voz normal e classificação das disfonias. In: BEHLAU, M. **Voz: o livro do especialista**. 3.ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2013. p.53-84.

BEHLAU, M.; PONTES, P.A.L. **Avaliação e tratamento das disfonias**. São Paulo: Lovise, 1995. p.39-52.

BEHLAU, M.; PONTES, P.A.L.; GANANÇA, M.M.; TOSI, O. Presbifonia: tratamento a deterioração vocal inerente à idade. **Acta Awho**, v.7, n.2, p.110-115, 1988.

BLUMM, C.A.; CIPRIANO, J.L.G. Tecnologias computacionais aplicadas à análise de sinais de voz. In: SIMPÓSIO DE INFORMÁTICA DA REGIÃO CENTRO / RS, Santa Maria. **Anais do Simpósio de Informática da região Centro / RS**, p.2, 2003.

BONILHA, H.S.; DELIYSKI, D.D. Period and glottal width irregularities in vocally normal speakers. **Journal of Voice**. v.22, n.6, p.699-708.2008.

BRUM D.M.; CIELO C.A.; FINGER L.S.; MANFRIN J.A. Considerações sobre modificações vocais e laríngeas ocasionadas pelo som basal em mulheres sem queixa vocal. **Rev Soc. Bras fonoaudiol**. V.15, n.2, 2010.

CHEN, W.; WOO, P.; MURRY, T. Spectral analysis of digital kymography in normal adult vocal fold vibration. **Journal of Voice**, v.28, n.3, p.356-361, 2014.

CLOSE, L.G.; WOODSON, G.E. Common upper airway disorders in the elderly and their management. **Geriatrics**, v.44, n.1, p.67-72, 1989.

FUJITA, R.; FERREIRA, A.N.; SARKOVAS, C. Avaliação videoquimográfica da vibração de pregas vocais no pré e pos hidratação. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v.70, n.6, p.742-746, 2004.

GEORGE, N.A.; DE MUL, F.F.M.; QIU, Q.; RARKHORST, G.; SCHUTTE, H.K. Depth-kymography: high-speed calibrated 3D imaging of human vocal fold vibration dynamics. **Physics in Medicine & Biology**, v.53, n.10, p.2667-2675, 2008.

GREGORY, N.D.; CHANDRAN, S.; LURIE, D.; SATALOFF, R. Voice disorders in the elderly. **Journal of voice**. V.26, n.2, p.254-258. 2012.

HIRANO, M. Phonosurgery. Basic and clinical investigation. **Otologia** (Fukuoka), v.21, p. 239-440. Supplement 1. 1975.

HIRANO, M.; BLESS, D. A Vibração das pregas vocais. In: HIRANO, M.; BLESS, D. **Exame videoestroboscópico da laringe**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

HONJO, I.; ISSHIKI, N. Laryngoscopic and voice characteristics of aged person. **Archives of Otolaryngology**, v.106, n.3, p.149-150, 1980.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Comunicação social de 25 de julho de 2002**: perfil dos idosos responsáveis pelo domicílio. 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/25072002pidoso.shtm>. Acesso em: 10 dez. 2016.

INWALD, E.C.; DOLLINGER, M.; SCHUSTER, M.; EYSHOULD, U.; BOHR, C. Multiparametric analysis of vocal fold vibrations in healthy and disordered voices in high-speed imaging. **Journal of Voice**, v.25, n.5, p.576-590, 2010.

KASS, M.; WITKIN, A.; TERZOPOULOS, D. Snakes: active contour models. **International Journal of Computer Vision**, v.1, n.4, p.321-331, 1988.

KOISHI, H.U.; TSUJI, D.H.; IMAMURA, R.; SENNES, L.U. Variação da intensidade vocal: estudo da vibração das pregas vocais em seres humanos com videoquimografia. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v.69, n.4, p.464-470, 2003.

LARSSON, H.; HERTEGARD, S.; LINDESTAD, P.A.; HAMMARBERG, B. Vocal fold vibrations: high speed imaging, kymography, and acoustic analysis: a preliminary report. **The Laryngoscope**, v.110, n.12, p.2117-2122, 2000.

LINDESTAD, P-A.; HERTEGARD, S.; BJORCK, G. Laryngeal adduction asymmetries in normal speaking subjects. **Logopedics Phoniatrics Vocology**. V.20, p-128-134. 2004.

LOHSCHELLER, J.; SVEC, J.G.; DOLLINGER, M. Vocal fold vibration amplitude, open quotient, speed quotient and their variability along glottal length: kymographic data from normal subjects. **Logopedic Phoniatrics Vocology**. V.38, n.4, 182-192, 2013.

MENEZES, L.N.; VICENTE, L.C.C. Vocal aging of institutionalized elderly people. **Revista CEFAC**, v.9, n.1, p.90-98, 2007.

MONTAGNOLI, A.N. **Cirurgia virtual da laringe**. 2006. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MORSOMME, D.; JAMART, J.; BOUCQUEY D.; REMADE, M. Presbyphonia: voice differences between the sexes in the elderly. Comparison by maximum phonation time, phonation quotient and spectral analysis. **Logopedics Phoniatrics Vocology**, v.22, n.1, p.9-14, 1997.

MUELLER, P.B.; SWEENEY, R.J.; BARIBEAU, L.J. Acoustic and morphologic study of the senescent voice. **Ear, Nose & Throat Journal**, v.63, n.6, p.292-295, 1984.

PIMENTA, R.A.; DAJER, M.E.; HACHIYA, A.; TSUJI, D.H.; MONTAGNOLI, A.N. Parameters acoustic and high-speed kymography identified effects of voiced vibration and vocal fry exercises. **CoDAS**, v.25, n.6, p.577-583, 2013.

PINHEIRO, A.P. **Extração e avaliação da dinâmica não-linear da voz utilizando vídeo de alta velocidade da laringe**. 2012. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

PINHEIRO, A.P.; DAJER, M.E.; HACHIYA, A.; MONTAGNOLI, A.N.; TSUJI, D.H. Graphical evaluation of vocal fold vibratory patterns by High-Speed Videolaryngoscopy. **Journal of Voice**. V.28, n.1, 2014.

PINHO, S.M.R. **Manual de higiene vocal**. Carapicuíba: Pró Fono, 1998.

PONTES, P.A.L.; MADAZIO, G.; BEHLAU, M.; CANTONI, L.A. A influência da angulação na posição do telescópio na videoquimografia laríngea. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v.71, n.6, p.803-812, 2005.

QIU, Q.; SCHUTTE, H.K.; GU, L.; YU Q. An Automatic method to quantify the vibration properties of human vocal folds via videokymography. **Folia Phoniatrica et Logopaedica**, v.55, n.3, p.128-136, 2003.

SATALOFF, R.T.; ROSEN, D.P.; HAWKSHAW, M. SPIEGEL, J.R. The Aging adult voice. **Journal of Voice**, v.11, n.2, p.156-160, 1997.

SHAWN, L.; TANNEBAUM, A. Localizing region-based active contours. **IEEE Transactions on Image Processing**, v.17, n.11, p.2029-2039, 2008.

SVEC, J.G.; SCHITTE, H.K. Kymographic imaging of laryngeal vibrations. **Current Opinion in Otolaryngology e Head and Neck Surgery**, v.20, n.6, p.458-465, 2012.

TSUJI, D.H.; SENNES, L.U. Videoquimografia de laringe: novo método de avaliação da vibração cordal. **Arquivos da Fundação Otorrinolaringologia**, v.2, n.4, p.136-140, 1998.

TSUTSUMI, M.; ISOTANI, S.; PIMENTA, R.A.; DAJER, M.E.; HACHIYA, A.; TSUJI, D.H.; TAYAMA, N.; YOKONISHI, H.; IMAGAWA, H.; YAMAUCHI, A.; TAKANO, S.; SAKAKIBARA, K.I.; MONTAGNOLI, A.N. High-speed videolaryngoscopy: quantitative parameters of glottal area waveforms and high-speed kymography in healthy individuals. **Journal of Voice**, v.31, n.3, p.282-290, 2016.

TURLEY, R.; COHEN, S. Impact of voice and swallowing problems in the elderly. **Otolaryngology - Head and Neck Surgery**, v.140, n.1, p.33-36, 2009.

WOO, P.; CASPER, J.; COLTON, R.; BREWER D. Dysphonia in the aging: physiology versus disease. **Laryngoscope**, v.102, n.2, p.139-144, 1992.

YAMAUCHI, A.; YOKONISHI, H.; IMAGAWA, H.; SAKAKIBARA K.I.; TAKAHARU, N.; TAYAMA, N.; YAMASOBA, T. Vocal fold vibration in vocal fold atrophy: quantitative analysis with high-speed digital imaging. **Journal of Voice**, v.29, n.6, p.755-762, 2015.

YAMAUCHI, A.; YOKONISHI, H.; IMAGAWA, H.; SAKAKIBARA, K.I., TAKAHARU, N.; TAYAMA, N.; YAMASOBA, N. Quantitative analysis of digital videokymography: a preliminary study on age-and gender-related difference of vocal fold vibration in normal speakers. **Journal of Voice**, v.29, n.1, p.109-119, 2015.

YAMAUCHI, A.; YOKONISHI, H.; IMAGAWA, H.; SAKAKIBARA, K-I.; NITO, T.; TAYAMA, N.; YAMASOBA, T. Age- and gender- related difference of vocal fold vibration and glottal configuration in normal speakers: analysis with glottal area waveform. **Journal of Voice**. V. 28, n.5, p-525-531. 2014.

YAN, Y.; BLESS, D.; CHEN, X. Biomedical Image analysis in High-speed laryngeal imaging of voice production. In: ANNUAL CONFERENCE 2005 IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY, 27., 2005, Shanghai. **Proceedings [...]** Piscataway: **IEEE, 2005.** p.7684-7687.

APÊNDICE

Apêndice A: Quimografias de alta velocidade convencional 2D e Quimografias de Alta Velocidade em 3D dos sujeitos normais e dos sujeitos com presbifonia

Comparação entre Quimografias de Alta Velocidade e Quimografia de Alta Velocidade em 3D de sujeitos normais do gênero feminino:

(N= normal, F=Feminino)

	Quimografia de Alta Velocidade	Quimografia de Alta Velocidade em 3D
NF-1
NF-2
NF-3

<p>NF-4</p>
<p>NF-5</p>
<p>NF-6</p>
<p>NF-7</p>
<p>NF-8</p>

NF-9

NF-10

Comparação entre Quimografias de Alta Velocidade e Quimografia de Alta Velocidade em 3D de sujeitos com presbifonia do gênero feminino:

(P= presbífonos, F= feminino)

	Quimografia de Alta Velocidade	Quimografia de Alta Velocidade em 3D
PF-1
PF-2
PF-3
PF-4
PF-5

PF-6
PF-7
PF-8
PF-9

Comparação entre Quiomografias de alta velocidade em Quiomografias de Alta Velocidade em 3D de sujeitos normais do gênero masculino:

(N=normais, M= masculinos)

	Quiomografia de Alta Velocidade	Quiomografia de Alta Velocidade em 3D
NM-1
NM-2
NM-3
NM-4
NM-5
NM-6

NM-7
NM-8

Comparação entre Quiomografias de alta velocidade em Quiomografias de Alta Velocidade em 3D de sujeitos com presbifonia do gênero masculino:

(P= presbifônicos, M=masculinos)

	Quiomografia de Alta Velocidade	Quiomografia de Alta Velocidade em 3D
PM-1
PM-2
PM-3
PM-4

ANEXO

Anexo A: Comitê de Ética – Coleta dos dados dos sujeitos normais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 CEP 13.665-905 - São Carlos - SP - Brasil Fones: (016) 3351-8028 Fax (016) 3351-8025 Telex 162369 - SCUF - BR cephumanos@power.ufscar.br http://www.propq.ufscar.br
---	--

Parecer Nº. 256/2010

CAAE: 0048.0.135.000-10

Título do projeto: AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE EXERCÍCIOS VOCAIS EM VOZES NORMAIS COM ANÁLISE PERCEPTIVO-AUDITIVA, ACÚSTICA E COMPARAÇÃO COM AS IMAGENS OBTIDAS COM VIDEOLARINGOSCOPIA DE ALTA VELOCIDADE

Pesquisadores (as): REGINA APARECIDA PIMENTA, ARLINDO NETO MONTAGNOLI

Parecer
As pendências apontadas no Parecer nº. 208/2010 foram satisfatoriamente resolvidas.
Projeto aprovado. Atende as exigências contidas na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

Normas a serem seguidas

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprobatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, item III.2.e).
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente dentro de 1 (um) ano a partir desta data e ao término do estudo.

São Carlos, 14 de julho de 2010.

Prof. Dr. Daniel Vendruscolo
Coordenador do CEP/UFSCar

Anexo B: Comitê de Ética: Coleta dos dados - sujeitos com presbifonia

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA
FACULDADE DE MEDICINA DA
USP - HCFMUSP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efetividade do Programa Vocal Cognitivo aplicado a indivíduos com sinais de presbilaringe com ou sem queixa vocal

Pesquisador: NAIR KATIA NEMR

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 02974112.0.0000.0088

Instituição Proponente: HOSPITAL DAS CLINICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA U S P

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 120.831

Data da Relatoria: 03/10/2012

Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto bem elaborado, claro, que permite compreensão exata do estudo, que será realizado com idosos saudáveis, para adequação da voz em decorrência de presbilaringe, junto ao Serviço de otorrinolaringologia do HCFMUSP

Objetivo da Pesquisa:

testar a efetividade de um programa de intervenção fonoaudiológica para indivíduos com sinais de presbilaringe com ou sem queixa vocal por meio da comparação entre aspectos provenientes da avaliação perceptivo-auditiva e acústica além do padrão vibratório das pregas vocais pré e pós-intervenção obtido com o uso da videolaringoscopia de alta velocidade

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O projeto trará benefícios, tanto para o desenvolvimento do conhecimento como para o Grupo que será estudado, pois todos realizarão intervenção fonoudiológica para reabilitação da presbilaringe.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa bem delineada, sem riscos, com possibilidade de trazer resultados que permitirão o desenvolvimento do conhecimento.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos de apresentação obrigatória estão incluídos, sendo que o TCLE está adequado.

Endereço: Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar

Bairro: Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010

UF: SP **Município:** SAO PAULO

Telefone: (11)2661-6442 **Fax:** (11)2661-6442 **E-mail:** marcia.carvalho@hc.fm.usp.br

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA
FACULDADE DE MEDICINA DA
USP - HCFMUSP

Recomendações:

Sem recomendações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto aprovado

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado

SAO PAULO, 11 de Outubro de 2012

Assinador por:
Luiz Eugênio Garcez Leme
(Coordenador)

Endereço: Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar

Bairro: Cerqueira César

CEP: 05.403-010

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)2661-6442

Fax: (11)2661-6442

E-mail: marcia.carvalho@hc.fm.usp.br