



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



GABRIELA MARQUES PAIVA

**MEDIDAS ESPECTRAIS/CEPSTRAIS EM MULHERES COM DISFONIA
COMPORTAMENTAL**

JOÃO PESSOA

2022

GABRIELA MARQUES PAIVA

**MEDIDAS ESPECTRAIS/CEPSTRAIS EM MULHERES COM DISFONIA
COMPORTAMENTAL**

Artigo apresentado ao Curso de Fonoaudiologia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Fonoaudiologia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Wanderley
Lopes

JOÃO PESSOA

2022

Dedico este trabalho aos meus pais, Primo e Maria do Socorro, por todo o esforço e a dedicação em minha educação e por viverem este sonho comigo.

Agradecimentos

Vygotsky, na teoria sociointeracionista, afirma que o processo de aprendizagem se dá a partir da interação interpessoal. Por isso, acredito que inúmeras pessoas foram e são essenciais no meu processo formativo, por isso, não poderia deixar de agradecê-las por isso.

Portanto, neste momento quero agradecer a todos os professores que contribuíram na minha educação, desde o primeiro que me ensinou a ler e escrever, até os que participam da minha formação profissional no curso de Fonoaudiologia. Agradeço em especial ao professor Dr. Leonardo Lopes, por todo conhecimento transpassado e apoio na elaboração deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, Primo e Maria do Socorro, por todo amor e carinho durante toda minha vida, por sonharem este sonho comigo e, principalmente, por todo investimento em minha educação. A presença deles em minha vida foi fundamental para a concretização deste trabalho. Quero agradecer também ao meu irmão Matheus e minha prima Jessica, por acreditarem em mim e me apoiarem durante toda a minha graduação, especialmente na elaboração deste trabalho.

Por fim, agradeço às minhas amigas, Cássia, Sara, Juliana e Liliana, por viverem o sonho da graduação junto a mim, tornando esse processo mais leve, e por contribuírem tanto em minha formação profissional.

“Um sonho que se sonha só é só um sonho
que se sonha só, mas um sonho que se
sonha junto é realidade.”

Raul Seixas

RESUMO

Objetivo: Investigar se existem diferenças nas medidas acústicas cepstrais e espectrais entre mulheres com disfonia comportamental com e sem lesão laríngea, bem como verificar se existe correlação entre tais medidas e o julgamento perceptivo-auditivo da qualidade vocal. **Método:** Participaram 78 mulheres com disfonia comportamental sem lesão laríngea (DCSL) e 68 com disfonia comportamental com lesão laríngea (nódulos vocais) (DCCL). Foram extraídas as medidas CPP (*cepstral peak prominence*), CPPS (*cepstral peak prominence smoothed*), declínio espectral e H1-H2 (diferença entre a amplitude do primeiro e do segundo harmônico), assim como o julgamento perceptivo-auditivo (JPA) do grau geral de desvio vocal (GG), graus de rugosidade (GR), de soproidade (GS) e de tensão (GT). **Resultados:** Mulheres com DCCL apresentaram maiores valores de H1-H2 e menores valores no CPP e CPPS, em relação às mulheres com DCSL. As vozes mais desviadas apresentaram menores valores do CPP e CPPS. As vozes soprosas apresentaram menores valores de CPP e CPPS, assim como maior valor de H1-H2 em relação às vozes rugosas. Houve correlação negativa fraca entre o CPP e o GR, negativa moderada com o GG e negativa forte com o GS. O CPPS apresentou correlação negativa moderada com o GG, GR e GS. A medida H1-H2 apresentou correlação positiva fraca com o GS. Houve correlação positiva fraca entre o declínio espectral e o GT. **Conclusão:** As medidas acústicas H1-H2, CPP e CPPS apresentam diferenças entre mulheres com DCSL e DCCL. Além disso, há correlação entre as medidas cepstrais e espectrais e os diferentes parâmetros do JPA.

Descritores: Voz; Distúrbios da Voz; Qualidade vocal; Acústica.

ABSTRACT

Objective: To investigate whether there are differences in cepstral and spectral acoustic measures between women with behavioral dysphonia with and without laryngeal injury, as well as to verify whether there is a correlation between such measures and the auditory-perceptual judgment of vocal quality. **Method:** 78 women with behavioral dysphonia without laryngeal lesion (DCSL) and 68 with behavioral dysphonia with laryngeal lesion (vocal nodules) (DCCL) participated. The measures CPP (cepstral peak prominence), CPPS (cepstral peak prominence smoothed), spectral decline and H1-H2 (difference between the amplitude of the first and second harmonics) were extracted, as well as the auditory-perceptual judgment (JPA) of the degree general vocal deviation (GG), roughness (GR), breathiness (GS) and tension (GT) degrees. **Results:** Women with DCCL had higher values of H1-H2, as well as lower values in CPP and CPPS compared to women with DCSL. The most deviant voices had lower CPP and CPPS values. The breathy voices had lower values of CPP and CPPS, as well as a higher value of H1-H2 in relation to rough voices. There was a weak negative correlation between the CPP and the GR, a moderate negative correlation with the GG and a strong negative correlation with the GS. The CPPS showed a moderate negative correlation with the GG, GR and GS. The H1-H2 measure showed a weak positive correlation with the GS. There was a weak positive correlation between spectral decline and GT. **Conclusion:** The acoustic measures H1-H2, CPP and CPPS show differences between women with DCSL and DCCL. Furthermore, there is a correlation between the cepstral and spectral measurements and the different JPA parameters.

Keywords: Voice; Voice Disorders; Voice quality; acoustics.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	MÉTODO.....	12
3	RESULTADOS.....	20
4	DISCUSSÃO.....	24
5	CONCLUSÃO.....	30
6	REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A análise acústica é uma ferramenta capaz de caracterizar o sinal vocal de maneira quantitativa ou qualitativa e, assim, produzir estimativas acerca dos aspectos fisiológicos subjacentes à produção vocal (1). A análise acústica quantitativa envolve a extração de medidas a partir da vogal sustentada ou de trechos de fala encadeada(1). Na perspectiva clínica, espera-se que cada medida acústica seja sensível à determinadas variações aerodinâmicas e biomecânicas da produção vocal, assim como associadas aos parâmetros do julgamento perceptivo-auditivo (JPA) (2).

Entre as medidas acústicas, há um maior número de pesquisas e aplicações utilizando as medidas baseadas em estatísticas e perturbações de curto termo da frequência fundamental (f_0), perturbações de curto termo da amplitude, assim como perturbações da forma da onda (4). No entanto, tais medidas apresentam restrições importantes relacionadas à confiabilidade e reprodutibilidade, principalmente na avaliação de vozes com desvios mais intensos (4).

Nesse sentido, as pesquisas (5,6) e consenso (7) recentes têm apoiado o uso das medidas espectrais, sejam aquelas baseadas na transformada de Fourier/espectro LPC ou baseadas no cepstro, para a avaliação acústica de vozes disfônicas. Entre tais medidas, a proeminência do pico cepstral (CPP – *Cepstral Peak Prominence*) e sua versão suavizada (CPPS – *Cepstral Peak Prominence Smoothed*) têm sido indicadas como medidas confiáveis para avaliação de vozes disfônicas, independentemente da intensidade do desvio vocal(1,5,6,8,9).

O CPP e o CPPS têm duas vantagens principais em relação às medidas tradicionais de perturbação e ruído: eles independem da estimativa de *f₀* para serem obtidas e podem ser extraídas tanto da vogal sustentada quanto de tarefas de fala encadeada. Além disso, os valores do CPPS foram capazes de discriminar entre falantes do português brasileiro com e sem desvio vocal; diferenciar entre vozes predominantemente rugosas, soprosas e tensas; assim como apresentou correlação negativa forte com o grau geral de desvio vocal (GG) e grau de soprosidade (GS), correlação negativa moderada com o grau de rugosidade (GR) e correlação negativa fraca com o grau de tensão (GT) (10).

No campo das medidas espectrais, as medidas relacionadas ao declínio espectral, que incluem parâmetros que refletem o espectro da energia harmônica, comparando as diferenças em dB entre as amplitudes relativas de dois harmônicos, estão entre os principais preditores do hiperfuncionamento vocal ou do componente de soprosidade relacionados à produção vocal (11,12). Entre tais medidas, a diferença de amplitude entre o primeiro e o segundo harmônicos (H1-H2) e a caracterização do declínio espectral expresso em decibel (dB) estão entre as principais medidas recomendadas para utilização em contexto clínico (11). Em uma revisão sistemática com metanálise, o H1-H2 esteve entre as principais medidas para prever a presença e a intensidade do componente de soprosidade na emissão vocal (6).

H1-H2 é uma medida relacionada à inclinação espectral, à inclinação do pulso de fluxo de ar glotal, ao quociente aberto, à espessura da borda livre das pregas vocais e à assimetria de vibração entre as pregas vocais (13,14). Além disso, essa medida está associada com os componentes de soprosidade e tensão. H1-H2 é capaz de fornecer *insights* sobre os mecanismos fisiológicos

subjacentes à produção vocal, com potencial uso na avaliação clínica de indivíduos disfônicos.

De maneira geral, pacientes com lesão fonotraumática nas pregas vocais têm valores mais elevados de H1-H2 em comparação a indivíduos vocalmente saudáveis (15). Maiores valores de H1-H2 estão associados às seguintes características: contato reduzido entre as pregas vocais, padrão vibratório com fechamento menos abrupto entre as pregas vocais, maior duração da fase aberta dos ciclos glóticos, maior constrição/estreitamento no trato vocal e qualidade vocal soprosa (13,15–17). Por sua vez, menores valores de H1-H2 são compatíveis com maior fechamento glótico ou fechamento glótico abrupto das pregas vocais, com maior componente de tensão fonatória na qualidade vocal(12), aumento da tensão longitudinal (anteroposterior) das pregas vocais (18), aumento da espessura vertical da borda livre das pregas vocais (18).

Embora existam vários preditores aerodinâmicos e biomecânicos dos valores de H1-H2, observou-se que há uma grande variabilidade nesses fatores na comparação intersujeitos (19). Dessa forma, a medida H1-H2 necessita ser investigada em diferentes condições laríngeas e de desvio da qualidade vocal para compreensão da sua utilidade no contexto clínico. Por exemplo, pacientes com disfonia comportamental e lesão fonotraumática podem apresentar fenda glótica, maior adução compensatória das pregas vocais e aumento da tensão longitudinal das pregas vocais. Cada uma dessas características pode ocasionar efeitos diferentes sobre os valores de H1-H2, preconizando-se, então, a investigação dessas medidas entre diferentes condições clínicas definidas. Nesse contexto, o CPP/CPPS, H1-H2 e o declínio espectral têm disso consideradas medidas complementares para avaliação do desvio vocal e,

consequentemente, para estimar as mudanças estruturais e cinemáticas das pregas vocais subjacentes ao processo de produção vocal (20,21).

As disfonias comportamentais correspondem a 65% dos casos encontrados na clínica vocal (22), sendo que 10 a 40% desses casos podem ocorrer na ausência de alteração estrutural na laringe (23). De maneira geral, os pacientes com disfonia comportamental, independentemente da presença de lesão fonotraumática, apresentam atividade muscular, esforço ou tensão excessiva relacionada à musculatura intrínseca e/ou extrínseca da laringe durante a produção vocal (24). Por sua vez, a presença de uma lesão tecidual associado ao fonotrauma, como os nódulos, pólipos e edema nas pregas vocais, têm potencial de modificar as características vibratórias e cinemáticas relacionadas à produção vocal (24). Dessa forma, a prevalência desses quadros justifica a importância da identificação de medidas capazes de caracterizar e monitorar a produção vocal desses pacientes.

Sendo assim, considerando-se a relevância dessas medidas no processo de avaliação clínica da voz e a escassez de estudos com falantes do PB, o objetivo dessa pesquisa foi investigar se existem diferenças nas medidas acústicas cepstrais (CPP e CPPS) e espectrais (H1-H2 e declínio espectral) entre mulheres com disfonia comportamental com (DCCL) e sem lesão laríngea (DCSL), bem como verificar se existe correlação entre tais medidas e o JPA da qualidade vocal.

2 MÉTODO

DESENHO DO ESTUDO

Este é um estudo transversal e descritivo, avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição de origem com parecer de nº 508200/13. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), concedendo anuência para participação na pesquisa.

AMOSTRA

A amostra desta pesquisa foi composta por 146 mulheres disfônicas com média de idade de $33,10 \pm 11,26$ anos, avaliadas no laboratório de voz da Instituição de origem em momento anterior à realização da terapia vocal. Entre as participantes, 78 receberam o diagnóstico de disfonia comportamental sem lesão laríngea e 68 foram diagnosticadas com disfonia comportamental com lesão laríngea (nódulos vocais).

Foram considerados os seguintes critérios de elegibilidade para a seleção das participantes: ser do gênero feminino, considerando-se que as medidas acústicas investigadas no presente estudo são influenciadas pela variável gênero (25); idade superior a 18 anos para evitar período da muda vocal; apresentar queixa vocal, respondendo positivamente à pergunta: “Você considera que tem um problema de voz atualmente?”; diagnóstico de disfonia comportamental (com ou sem lesão laríngea), confirmado por meio de exame visual laríngeo realizado por médico otorrinolaringologista.

Os critérios para exclusão dos participantes consideraram: pacientes com uso profissional da voz ou que tivessem submetido à cirurgia de cabeça e pescoço ou terapia vocal prévia. Além disso, foram estabelecidos critérios de

exclusão relacionados à qualidade dos sinais de voz coletados. Seriam excluídos do estudo as participantes cujos sinais de voz apresentassem as seguintes características durante a gravação: duração inferior a 5 segundos, presença de *peak clipping* no sinal acústico (observado por inspeção visual acústica do sinal) e relação sinal-ruído (*Signal to noise Ratio* - SNR) abaixo de 30dB SPL (7,26).

Na Figura 1 podem ser conferidas as informações relacionadas à seleção da amostra baseada nos critérios de inclusão e exclusão.

As participantes foram alocadas em um dos seguintes grupos:

- Disfonia comportamental sem lesão laríngea (DCSL) - incluindo mulheres cujo fator etiológico da disfonia está associado ao comportamento vocal, com autorreferência de ter um problema de voz. Nenhuma das participantes desse grupo apresentava alteração estrutural na laringe, sendo que 25 receberam diagnóstico otorrinolaringológico de fenda triangular médio-posterior, 11 pacientes com diagnóstico de constrição supraglótica e 42 pacientes com laudo de laringe normal.
- Disfonia comportamental com lesão laríngea (DCCL) – mulheres com alteração estrutural nas pregas vocais cujo fator etiológico da disfonia está associado ao comportamento vocal, com autorreferência de ter um problema de voz. As 68 participantes desse grupo receberam diagnóstico otorrinolaringológico de nódulos vocais. Nesta pesquisa, preconizou-se o diagnóstico de nódulos vocais, considerando-se que é a principal lesão laríngea associada às disfonias comportamentais(22).

PROCEDIMENTO DE COLETA DOS DADOS

A coleta de dados desta pesquisa foi realizada no Laboratório de Voz de uma Instituição de Ensino Superior. Inicialmente, os pacientes são avaliados por meio de uma ficha com abordagem aos dados pessoais e presença de queixa vocal. Em seguida foi realizada a gravação das amostras vocais.

Para a coleta de voz, utilizou-se o *software* Fonoview, versão 4.5, da CTS Informática, desktop Dell all-in-one, microfone cardioide unidirecional, da marca Senheiser, modelo E-835, localizado em um pedestal e acoplado a um pré-amplificador Behringer, modelo U-Phoria UMC 204. As vozes foram coletadas em cabine de gravação com tratamento acústico e ruído inferior a 50 dB NPS, com taxa de amostragem de 44000 Hz, com 16 bits por amostra e distância de 10 cm entre o microfone e a boca do paciente.

Para a coleta das vozes, os pacientes estavam em pé, situando-se o pedestal a sua frente, de acordo com a distância preconizada entre a boca e o microfone. O paciente recebeu as instruções sobre a coleta de voz e, logo em seguida, procedeu-se com o registro. Durante a gravação, o paciente foi solicitado a emitir a vogal /a/ sustentada com duração mínima de cinco segundos, em frequência e intensidade autorreferida como habitual, assim como a contagem de números de 1 a 10.

Durante o registro das vozes, os sinais foram monitorados visualmente pelo no display do *software* Fonoview. Especificamente, os sinais foram monitorados quanto à duração (atingindo uma duração mínima de 5s) e quanto à presença de *peak clipping*. Dessa forma, nos casos de duração menor que 5s

ou de *peak clipping* o participante era convidado a refazer a gravação para obtenção dos critérios estabelecidos.

Após a sessão de coleta de dados e gravação das amostras vocais, os participantes foram encaminhados para o exame médico otorrinolaringológico, que incluía o exame visual da laringe. Todos os exames foram realizados no mesmo serviço de referência e os pacientes recebiam laudo por escrito com o diagnóstico laríngeo. O resultado do exame foi utilizado como critério de seleção das participantes da pesquisa.

Na sequência, antes do JPA e da extração das medidas acústicas, foi utilizado o *script* do *software* de acesso aberto Praat, versão 5.3.84 para obtenção do SNR dos sinais vocais. Todas as amostras das 146 pacientes selecionadas cumpriram os critérios de qualidade do sinal previamente definidos(26), com SNR de $45,37 \pm 3.1$ dB NPS.

As amostras da vogal e contagem foram apresentadas a um fonoaudiólogo especialista em voz, com mais de 20 anos de experiência em avaliação e tratamento dos distúrbios da voz. A sessão de JPA ocorreu em um ambiente silencioso, com fones de ouvido acoplados a um laptop e volume confortável autorreferido pelo avaliador. Para o JPA, o fonoaudiólogo deveria escutar as amostras vocais (contagem e vogal sustentada) de forma concatenada, com intervalo de um segundo entre elas. Na sequência, deveria proceder com a marcação em uma EAV com intervalo entre 0 a 100 mm, julgando o GG, GR, GS e GT. A marcação mais próxima do 0 representa menor desvio da qualidade vocal e, quanto mais próxima do 100, mais desviada é a qualidade vocal (27).

Ao final da sessão de JPA, 20% (n=30) das amostras vocais foram repetidas aleatoriamente, para a análise da confiabilidade intra-avaliador através do Coeficiente Kappa de Cohen. Para esta pesquisa foram utilizados os dados do julgamento perceptivo do avaliador com maior coeficiente Kappa, estabelecendo-se o valor mínimo de 0,83, indicando boa concordância (28).

Os valores do ponto de corte da EAV (27) foram utilizados para classificar as vozes quanto à presença de desvio vocal e ao GG. Os sinais avaliados com valores $\leq 35,5$ mm foram considerados como qualidade vocal adaptada ou com VNVQ (variabilidade normal da qualidade vocal), enquanto as vozes com valores $> 35,5$ mm foram classificadas como desviadas. Posteriormente foi realizada uma correspondência da escala numérica (EN) para a EAV, sendo o grau 1 (0-35,5 mm) relacionado à variabilidade normal da qualidade vocal (VNQV), grau 2 (35,6-50,5 mm) desvio leve a moderado, grau 3 (50,6-90,5 mm) desvio moderado e grau 4 (90,6-100 mm) desvio intenso (27). Após o resultado do JPA, observou-se que 11 mulheres apresentaram qualidade vocal adaptada, 74 mulheres com desvio vocal de leve a moderado, e 61 com desvio vocal moderado. Nenhuma participante selecionada para o presente estudo apresentou desvio vocal intenso.

Optou-se pela manutenção das 11 participantes com qualidade vocal adaptada no presente estudo, considerando-se que a confirmação diagnóstica da disfonia é multidimensional e que nos quadros comportamentais podem ocorrer múltiplas interações entre parâmetros fisiológicos, acústicos, perceptivo-auditivos e de autopercepção do problema de voz (24). Desse modo, pacientes com disfonia comportamental podem apresentar qualidade vocal adaptada, mesmo com a referência de queixas/sintomas vocais e presença de alteração

estrutural na laringe. Na amostra desse estudo, das 11 mulheres com qualidade vocal adaptada, oito estavam no grupo DCSL e apenas três estavam alocadas no grupo DCCL.

Além disso, deve-se destacar que o estudo de referência (27) utilizado na realidade brasileira para determinação dos valores de corte da EAV utilizou como tarefa de fala apenas a contagem de 1 a 10 (fala encadeada). Embora tal fato possa se constituir em uma limitação do presente estudo, optou-se pela utilização dos valores de corte propostos por Yamasaki et al. (2017) (27) por utilizar apenas os quatro graus de desvio considerados internacionalmente (adaptada ou VNQV, leve a moderado, moderado e intenso) e ser a principal referência brasileira para os valores de corte utilizados nessa classificação. Além disso, a tarefa de contagem de 1 a 10 foi incluída (juntamente com a vogal sustentada) durante o procedimento de JPA.

Na sequência, foi realizada a extração das medidas acústicas CPP, CPPS, declínio espectral e H1-H2 a partir da amostra da vogal /a/ sustentada. A amplitude do primeiro e do segundo harmônicos é influenciada pelo tipo de vogal coletada, principalmente quanto ao timbre (abertas vs. fechadas) (29). Dessa forma, a vogal /a/ é a mais confiável para extração da medida H1-H2, visto que a frequência do primeiro formante é suficientemente alta para não interferir nos harmônicos nas faixas de frequências mais baixas. Além disso, há maior distintividade entre o primeiro e o segundo harmônicos nessa vogal (29)(12).

A extração das medidas foi realizada de maneira automática, utilizando-se o *script VoxMore* no *software Praat* (v.5.3.84). Tal script possibilita a extração das medidas nos três segundos centrais da vogal sustentada. Especificamente, quanto à extração de H1-H2, o *script* utiliza a transformação discreta de Fourier,

com janelas de 50 ms. O H1-H2 para cada janela será definido como a diferença, em dB, entre as amplitudes do primeiro e segundo harmônicos no espectro de frequência (12).

ANÁLISE DOS DADOS

Foi realizada análise estatística descritiva para todas as variáveis independentes analisadas, incluindo-se os valores de média e desvio padrão. Inicialmente, foi executado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a curva de distribuição de normalidade das variáveis investigadas (GG, GR, GS, GT, CPP, CPPS, declínio espectral e H1-H2) na amostra do estudo. Dessa forma, considerando-se que houve distribuição normal de todas as variáveis citadas, o teste T para amostras independentes foi utilizado para comparação das médias das medidas acústicas e do julgamento perceptivo-auditivo entre os grupos DCSL e DCCL. O teste de correlação de Pearson foi utilizado para verificar se existia correlação entre os valores das medidas acústicas e os parâmetros do julgamento perceptivo-auditivo (GG, GR, GS e GT).

Os coeficientes de correlação foram utilizados para avaliar e quantificar o grau de relacionamento linear entre as variáveis acústicas (CPP, CPPS, declínio espectral e H1-H2) e perceptivo-auditivas (GG, GR, GS e GT), observando se as variáveis se modificam conjuntamente e em que grau. Para a classificação dos coeficientes de correlação, adotou-se, nesta pesquisa, que valores de 0,1 a 0,3 representam uma correlação fraca; entre 0,4 e 0,6 indicam correlação moderada; e acima de 0,6 é possível afirmar que o grau de correlação entre as variáveis é forte (30).

Todas as análises foram realizadas pelo software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 2.0.O nível de significância adotado foi de 5%.

3 RESULTADOS

Houve diferença em todas nas medidas acústicas de H1-H2, CPP e CPPS entre os grupos de pacientes investigados (Tabela 1). As mulheres com DCCL apresentaram maiores valores de H1-H2 ($p=0,024$), assim como menores valores no CPP ($p=0,017$) e no CPPS ($p=0,004$) em relação às mulheres com DCSL. Não houve diferenças nos valores do declínio espectral entre os grupos DCCL e DCSL ($p=0,504$).

Tabela 1. Comparação das médias dos valores das medidas acústicas e dos parâmetros do julgamento perceptivo-auditivo entre mulheres com disfonia comportamental, com e sem lesão laríngea.

MEDIDAS	GRUPO		Valor de p
	DCSL	DCCL	
	Média e DP	Média e DP	
GG	43,03±8,18	55,83±12,10	<0,001*
GR	38,24±11,12	51,38±12,79	<0,001*
GS	38,01±13,66	48,19±17,39	<0,001*
GT	28,62±11,10	36,22±13,73	<0,001*
CPP	27,52±3,60	25,29±5,45	0,017*
CPPS	16,36±2,39	14,77±3,10	0,004*
Declínio espectral	-14,68±0,52	-15,33±0,63	0,504
H1-H2	1,65±5,31	3,64±5,16	0,024*

*Valores significativos – p-valor < 0,05. Teste T

Legenda: DP= desvio-padrão; **GG**= grau geral de desvio vocal; **GR**= grau de rugosidade; **GS**= grau de soprosidade; **GT**= grau de tensão vocal; **H1-H2**= diferença de amplitude entre os dois

primeiros harmônicos do espectro da voz; CPP= cepstral peak prominence; CPPS= cepstral peak prominence smoothed; **DCSL**= disfonia comportamental sem lesão laríngea; **DCCL**= disfonia comportamental com lesão laríngea.

Observou-se diferença nos valores do CPP ($p < 0,001$) e CPPS ($p < 0,001$) em função do GG (Tabela 2). No pós teste (Teste de Tukey) para comparação dos grupos par a par, os valores do CPP apresentaram diferenças na comparação saudável x leve a moderado ($p = 0,004$), saudável x moderado ($p < 0,001$), leve a moderado x moderado ($p < 0,001$). Da mesma forma, os valores do CPPS apresentaram diferenças na comparação saudável x leve a moderado ($p = 0,005$), saudável x moderado ($p < 0,001$), leve a moderado x moderado ($p < 0,001$). De modo geral, as vozes mais desviadas apresentaram menores valores do CPP e CPPS. Não houve diferenças nos valores do declínio espectral ($p = 0,220$) e H1-H2 ($p = 0,504$) em função do GG ($p = 0,504$).

Tabela 2. Comparação das médias dos valores das medidas acústicas e dos parâmetros do julgamento perceptivo-auditivo entre mulheres com disfonia comportamental, com e sem lesão laríngea, em função do grau geral do desvio vocal.

MEDIDAS	GRAU DO DESVIO VOCAL			Valor de p
	Saudável	Leve a moderado	Moderado	
	Média e DP	Média e DP	Média e DP	
CPP	31,86±3,25	27,52±3,39	24,25±5,04	<0,001*
CPPS	18,98±2,22	16,33±2,32	14,15±2,71	<0,001*
Declínio espectral	-13,47±1,04	-15,23±0,57	-14,96±0,66	0,220
H1-H2	3,76±2,91	1,54±4,89	3,62±5,92	0,057

*Valores significativos – p-valor < 0,05. Teste Anova

Legenda: DP= desvio-padrão; **H1-H2**= diferença de amplitude entre os dois primeiros harmônicos do espectro da voz; CPP= cepstral peak prominence; CPPS= cepstral peak prominence smoothed.

Houve diferença nas medidas de CPP ($p < 0,001$), CPPS ($p < 0,001$) e H1-H2 ($p = 0,022$) em função da qualidade vocal predominante (Tabela 3). No pós teste (Teste de Tukey) para comparação dos grupos par a par, observou-se que os valores do CPP ($p < 0,001$), CPPS ($p < 0,001$) e H1-H2 ($p = 0,018$) apresentaram diferenças apenas na comparação entre a qualidade vocal rugosa e soprosa. As vozes soprosas apresentaram menores valores de CPP e CPPS, assim como maior valor de H1-H2 em relação às vozes rugosas. Não houve diferenças nos valores do declínio espectral ($p = 0,671$) em função da qualidade vocal predominante.

Tabela 3. Comparação das médias dos valores das medidas acústicas e dos parâmetros do julgamento perceptivo-auditivo entre mulheres com disfonia comportamental, com e sem lesão laríngea, em função da qualidade vocal predominante.

MEDIDAS	QUALIDADE VOCAL PREDOMINANTE			Valor de p
	Rugosa	Soprosa	Tensa	
	Média e DP	Média e DP	Média e DP	
CPP	27,53±4,13	24,61±4,49	28,38±1,58	<0,001*
CPPS	16,14±2,45	14,57±2,78	16,80±1,47	<0,001*
Declínio espectral	-15,49±0,64	-15,30±0,54	-5,84±2,75	0,671
H1-H2	0,98±5,44	3,68±5,23	4,35±5,14	0,022*

*Valores significativos – p-valor < 0,05. Teste Anova

Legenda: DP= desvio-padrão; **H1-H2**= diferença de amplitude entre os dois primeiros harmônicos do espectro da voz; CPP= cepstral peak prominence; CPPS= cepstral peak prominence smoothed.

Por fim, o CPP demonstrou correlação negativa fraca com o GR (<0,001), negativa moderada com o GG (<0,001) e negativa forte com o GS (<0,001) (Tabela 4). O CPPS apresentou correlação negativa moderada com o GG (<0,001), GR (<0,001) e GS (<0,001). A medida H1-H2 apresentou apenas correlação positiva fraca com o GS (p=0,013). Houve correlação positiva fraca entre o declínio espectral e o GT (p=0,003).

Tabela 4- Correlação entre a intensidade do desvio vocal nos diferentes parâmetros perceptivo-auditivos e as medidas acústicas

MEDIDA ACÚSTICA	VARIÁVEIS							
	GG		GR		GS		GT	
	Corr	p-valor	Corr	p-valor	Corr	p-valor	Corr	p-valor
CPP	-0,45	<0,001*	-0,31	<0,001*	-0,60	<0,001*	-0,03	0,693
CPPS	-0,52	<0,001*	-0,40	<0,001*	-0,58	<0,001*	-0,10	0,210
Declínio espectral	0,07	0,933	-0,021	0,802	-0,086	0,303	0,24	0,003*
H1-H2	-0,12	0,208	-0,15	0,783	0,08	0,013*	-0,08	0,313

* Valores significativos (p≤0,05) - Teste de Correlação de Pearson

Legenda: GG= grau geral de desvio vocal; GR= grau de rugosidade; GS= grau de soproidade; GT= grau de tensão vocal; Corr= coeficiente de correlação; H1-H2= diferença de amplitude entre os dois primeiros harmônicos do espectro da voz; CPP= cepstral peak prominence; CPPS= cepstral peak prominence smoothed.

4 DISCUSSÃO

As medidas acústicas espectrais/cepstrais têm despontado como as mais promissoras para avaliação e monitoramento de vozes disfônicas. Elas demonstraram ser sensíveis a diferentes componentes do JPA (tais como o GG, GS e GT) (10) e às características cinemáticas e vibratórias associadas à produção vocal normofônica e disfônica (20). Nesta pesquisa, foi investigado se existem diferenças no CPP, CPPS, H1-H2 e declínio espectral entre mulheres com DCCL e DCSL, bem como verificar se existe correlação entre tais medidas e o JPA da qualidade vocal.

As mulheres com DCCL apresentaram maiores valores na H1-H2, assim como menores valores no CPP e no CPPS em relação às mulheres com DCSL. Embora não haja dados normativos de H1-H2 para mulheres falantes do português brasileiro, há uma variabilidade de 3,3-8,4 dB nos valores dessa medida para falantes do inglês (29). Nesta pesquisa, as mulheres DCSL e DCCL apresentaram valores de $1,65 \pm 5,31$ e $3,64 \pm 5,16$, respectivamente. Tais valores são inferiores ao encontrado na literatura para falantes vocalmente saudáveis e podem ser sugestivos de maior fechamento glótico ou fechamento glótico abrupto das pregas vocais, com maior componente de tensão fonatória na qualidade vocal(12), aumento da tensão longitudinal (anteroposterior) das pregas vocais (18) e aumento da espessura vertical da borda livre das pregas vocais (18) em mulheres disfônicas.

Por sua vez, os maiores valores de H1-H2 em mulheres com DCCL em comparação às mulheres com DCSL podem indicar contato mais reduzido entre as pregas vocais, padrão vibratório com fechamento menos abrupto entre as

pregas vocais, maior duração da fase aberta dos ciclos glóticos, maior constrição/estreitamento no trato vocal e maior componente de sopro nas mulheres com DCCL (13,15–17).

Pacientes com lesões fonotraumáticas nas pregas vocais tendem a apresentar fenda glótica em ampulheta, o que pode justificar a presença de maior componente de sopro (devido à fenda glótica) e os valores mais elevados de H1-H2(12,31,32). Provavelmente, o grupo DCCL pode ter apresentado maior componente hiperfuncional e maior grau de fechamento glótico ou fechamento glótico abrupto, justificando os valores mais reduzidos de H1-H2.

Os estudos anteriores (12,13,31) compararam pacientes com lesão fonotraumática e indivíduos vocalmente saudáveis, observando que os valores de H1-H2 eram menores no grupo com lesão. No entanto, os dados da presente pesquisa podem indicar que, quando comparadas pacientes disfônicas com e sem lesão fonotraumática, os valores de H1-H2 demonstraram ser maiores nas pacientes com lesão. Dessa forma, parece haver um continuum na medida H1-H2, com maiores valores em pessoas vocalmente saudáveis, redução de H1-H2 nas disfonias comportamentais com lesão e menores valores nas disfonias comportamentais sem lesão laríngea. Esse achado pode ser compatível com fechamento glótico mais intenso em pessoas com disфонia comportamental em relação àquelas vocalmente saudáveis, o que se reflete em menores valores de H1-H2.

Além disso, há correlação positiva moderada entre a assimetria de vibração das pregas vocais e os valores de H1-H2 (33). Sendo assim, a presença dos nódulos vocais no grupo DCCL pode ocasionar maior assimetria vibratória entre as pregas vocais e justificar os maiores valores de H1-H2 nesse grupo.

Quanto à comparação das medidas acústicas investigadas em função do GG, apenas o CPP e o CPPS apresentaram diferenças, com menores valores em pacientes com vozes mais desviadas. O CPPS e o CPPS têm disso recomendados como medidas úteis para monitorar o desvio da qualidade vocal durante o tratamento oferecido ao paciente(5,9). Tais medidas são sensíveis à periodicidade do sinal e à amplitude da energia harmônica, portanto, recomendadas como a principal medida para monitorar o GG(7). Em geral, quanto maior o GG, menores os valores de CPP e CPPS, o que é compatível com os achados do presente estudo.

Os resultados com relação à medida H1-H2 em função do GG são conflitantes. Não foram observadas modificações de H1-H2 consistentes na comparação entre vozes com maior ou menor GG (34). Vozes com desvios intensos apresentaram valores semelhantes às vozes sem desvio (34). Além disso, os valores de H1-H2 não reduziram após a terapia vocal em pacientes disfônicos, mesmo com a redução do GG e melhora nos parâmetros videoestroboscópicos da laringe (35). Dessa forma, H1-H2 para ser complementar às outras medidas como o CPP e CPPS e úteis para compreender a qualidade vocal predominante e a fisiologia subjacente ao processo de produção vocal.

Mulheres disfônicas com vozes predominantemente soprosas apresentaram menores valores de CPP e CPPS, assim como maior valor de H1-H2 em relação às mulheres disfônicas com vozes predominantemente rugosas. A diferenciação entre vozes disfônicas rugosas e soprosas a partir de medidas acústicas é desafiadora, uma vez que há sobreposição desses dois componentes em um mesmo sinal vocal desviado.

Existem três indicadores acústicos da presença de soprosidade na produção vocal: periodicidade do sinal, declínio espectral e amplitude do primeiro harmônico (36). Entre esses indicadores, a periodicidade do sinal é capaz de explicar em 80% a variabilidade na percepção do grau de soprosidade presente em uma voz (36). O CPP e o CPPS são medidas relacionadas à periodicidade do sinal, o que justificaria as diferenças encontradas nessas medidas entre as vozes rugosas e soprosas na presente pesquisa, com menores valores nas vozes soprosas.

Vozes soprosas tendem a apresentar maior amplitude do primeiro harmônico, com harmônicos superiores relativamente fracos, o que justifica os maiores valores de H1-H2 em vozes soprosas quando comparados às vozes rugosas (36). Dessa forma, considerando-se que essas três medidas são sensíveis à presença do componente de soprosidade na produção vocal (37), pode-se compreender a diferença de valores entre vozes predominantemente rugosas e soprosas.

Na presente pesquisa, o GG apresentou correlação negativa moderada com o CPP e CPPS. Tal achado suporta a indicação atual do CPP e CPPS como principais medidas para predizer a presença e a intensidade do desvio vocal em vozes disfônicas(1,5,7).

O GS apresentou correlação negativa forte com o CPP, negativa moderada com o CPPS e positiva fraca com H1-H2. O CPP e CPPS são medidas consideradas sensíveis à presença do componente de soprosidade presente na emissão vocal. Modelos computacionais (20) têm demonstrado que o CPP é sensível aos diferentes fatores subjacentes à percepção auditiva de soprosidade, tais como o afastamento dos processos vocais, as modificações na

superfície da borda livre das pregas vocais e a redução da constrição na área epilaríngea.

Por outro lado, embora H1-H2 seja indicada como uma medida sensível à presença do componente de soprosidade, foi observado em condições experimentais que a medida H1-H2 só foi sensível à presença de soprosidade advinda de afastamento dos processos vocais quando todas as outras variáveis estruturais e cinemáticas das pregas vocais eram mantidas constantes(20). Por outro lado, as modificações de borda livre das pregas vocais e as constrições implementadas no trato vocal podem ter mais influência nos valores de H1-H2, e na associação entre essa medida e a percepção de soprosidade (20,21).

O GR demonstrou correlação negativa moderada com o CPPS e negativa fraca com o CPP. Obviamente, em vozes disfônicas há uma sobreposição dos componentes de rugosidade e soprosidade conforme citado anteriormente. Essa sobreposição é maior em função da intensidade do desvio vocal. Dessa forma, pode-se compreender o achado de correlação negativa de moderada a forte do CPP e CPPS com o GS, e a correlação de fraca a moderada dessas medidas com o GR.

Por fim, observou-se correlação positiva fraca entre o GT e o declínio espectral. Embora o declínio espectral seja influenciado por características estruturais e cinemáticas das pregas vocais, a pressão subglótica parece ser o principal fator determinante nos valores dessa medida(38). Por sua vez, o aumento da pressão subglótica tem relação com a percepção da tensão fonatória(9) percebida auditiva, o que pode fundamentar a correlação encontrada entre o declínio espectral e o GT na presente pesquisa.

Os achados desta pesquisa podem reforçar que o processo de produção vocal ocorre no domínio do tempo, enquanto a percepção auditiva da qualidade vocal é fortemente influenciada pela informação espectral. Dessa forma, diferentes ajustes glóticos/supraglóticos e diferentes condições laríngeas podem produzir o mesmo *output* vocal, assim como maiores mudanças nesses ajustes podem não ocasionar em mudanças no output vocal(14,39). Os diferentes ajustes interagem entre si de maneira não linear para ocasionar uma impressão auditiva relacionada à qualidade vocal. Além disso, os dados encontrados parecem reforçar a importância da análise acústica como uma ferramenta adicional para estimar aspectos estruturais e cinemáticos subjacentes à produção vocal, que devem ser utilizados de maneira parcimoniosa para compreender o problema de voz do paciente disfônico.

Os achados desta pesquisa foram restritos a mulheres com disfonia comportamental, com e sem lesão nas pregas vocais, o que deve ser considerado no momento da interpretação e transferência desses achados para as condições clínicas cotidianas. No presente estudo, não foram recrutados indivíduos vocalmente saudáveis e essa é uma limitação a ser superada em investigações futuras. Além disso, há uma necessidade do desenvolvimento de dados normativos da medida H1-H2 para falantes do português brasileiro de ambos os sexos e vocalmente saudáveis.

5 CONCLUSÃO

Há diferenças nas medidas acústicas entre mulheres com DCCL e DCSL. As mulheres com DCCL apresentam maiores valores H1-H2 ($p=0,024$), assim como menores valores no CPP e no CPPS em relação às mulheres com DCSL. Existe diferença no CPP e CPPS em função do GG. As vozes mais desviadas apresentam menores valores de CPP e CPPS em relação às vozes menos desviadas. Há diferença nas medidas de CPP, CPPS e H1-H2 em função da qualidade vocal predominante. Vozes soprosas apresentam menores valores de CPP e CPPS, assim como maior valor de H1-H2 em relação às vozes rugosas.

O GG correlaciona-se de forma negativa moderada com o CPP e CPPS. O GR correlaciona-se de forma negativa fraca com o CPP e negativa moderada com o CPPS. O GS correlaciona-se de forma negativa forte com o CPP, negativa moderada com o CPPS e positiva fraca com H1-H2. O GT apresenta correlação positiva fraca

REFERÊNCIAS

1. Lopes L, Vieira V, Behlau M. Performance of Different Acoustic Measures to Discriminate Individuals With and Without Voice Disorders. J Voice [Internet]. 2022 Jul 1 [cited 2022 Jul 24];36(4). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32798120/>
2. Lopes L, Cavalcante D, CoDAS PC, 2014 undefined. Severity of voice disorders: integration of perceptual and acoustic data in dysphonic patients. SciELO Brasil [Internet]. [cited 2022 Nov 9]; Available from: <https://www.scielo.br/j/codas/a/kGTm3ryX49stcPVt9YvC5vS/abstract/?lang=en>
3. (PDF) Acoustic Analysis of Voice Quality: A Tabulation of Algorithms 1902-1990 [Internet]. [cited 2022 Dec 4]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/263965762_Acoustic_Analysis_of_Voice_Quality_A_Tabulation_of_Algorithms_1902-1990
4. Brockmann-Bauser M, in MDC opinion, 2011 undefined. Routine acoustic voice analysis: time to think again? journals.lww.com [Internet]. [cited 2022 Feb 7]; Available from: https://journals.lww.com/otolaryngology/FullText/2011/06000/Routine_acoustic_voice_analysis__time_to_think.7.aspx?casa_token=m-rZkwdlb-4AAAAA:1XP0JTCoZ-HrmPhQ5nr9Yt6OBKEwYjXNJvOntk9fUqfq8u1acEvD6USpBu_L7AlXqWFG1Zqav_6LBqe0q7hRxNmntQ
5. Murton O, Hillman R, Mehta D. Cepstral Peak Prominence Values for Clinical Voice Evaluation. Am J Speech Lang Pathol [Internet]. 2020 Aug 1 [cited 2022 Dec 2];29(3):1596–607. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32658592/>

6. Ben BB, Maryn Y, Gerrits E, de Bodt M. A Meta-Analysis: Acoustic Measurement of Roughness and Breathiness. *J Speech Lang Hear Res* [Internet]. 2018 Feb 1 [cited 2022 Dec 2];61(2):298–323. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29392295/>
7. Patel RR, Awan SN, Barkmeier-Kraemer J, Courey M, Deliyski D, Eadie T, et al. Recommended protocols for instrumental assessment of voice: American speech-language-hearing association expert panel to develop a protocol for instrumental assessment of vocal function. *Am J Speech Lang Pathol*. 2018 Aug 1;27(3):887–905.
8. Patel RR, Awan SN, Barkmeier-Kraemer J, Courey M, Deliyski D, Eadie T, et al. Recommended protocols for instrumental assessment of voice: American speech-language-hearing association expert panel to develop a protocol for instrumental assessment of vocal function. *Am J Speech Lang Pathol*. 2018 Aug 1;27(3):887–905.
9. Lopes LW, Sousa ES da S, da Silva ACF, da Silva IM, de Paiva MAA, Vieira VJD, et al. Cepstral measures in the assessment of severity of voice disorders. *Codas* [Internet]. 2019 Aug 15 [cited 2022 Dec 2];31(4). Available from: <http://www.scielo.br/j/codas/a/HDHK66jLGChyNKxJvdQwHBw/?lang=en>
10. Lopes L, Sousa E, Silva A, Silva I, CoDAS MP, 2019 undefined. Cepstral measures in the assessment of severity of voice disorders. *SciELO Brasil* [Internet]. [cited 2022 Feb 6]; Available from: <https://www.scielo.br/j/codas/a/HDHK66jLGChyNKxJvdQwHBw/?format=html&lang=en>

11. Hejná M, Šturm P, Tylečková L, Bořil T. Normophonic Breathiness in Czech and Danish: Are Females Breathier Than Males? *J Voice* [Internet]. 2021 May 1 [cited 2022 Dec 3];35(3):498.e1-498.e22. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31902679/>
12. van Stan JH, Mehta DD, Ortiz AJ, Burns JA, Toles LE, Marks KL, et al. Differences in Weeklong Ambulatory Vocal Behavior Between Female Patients With Phonotraumatic Lesions and Matched Controls. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* [Internet]. 2020 Jan 29 [cited 2022 Dec 3];63(2):372–84. Available from: https://pubs.asha.org/doi/10.1044/2019_JSLHR-19-00065
13. Mehta DD, Espinoza VM, van Stan JH, Zaňartu M, Hillman RE. The difference between first and second harmonic amplitudes correlates between glottal airflow and neck-surface accelerometer signals during phonation. *J Acoust Soc Am* [Internet]. 2019 May [cited 2022 Dec 2];145(5):EL386–92. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31153299/>
14. Kreiman J, Gerratt BR, Garellek M, Samlan R, Zhang Z. Toward a unified theory of voice production and perception. *Loquens* [Internet]. 2014 Jun 30 [cited 2022 Nov 30];1(1):e009. Available from: [/pmc/articles/PMC4847936/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25444441/)
15. van Stan JH, Mehta DD, Ortiz AJ, Burns JA, Toles LE, Marks KL, et al. Differences in weeklong ambulatory vocal behavior between female patients with phonotraumatic lesions and matched controls. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2020 Feb 1;63(2):372–84.
16. Zhang Z. Cause-effect relationship between vocal fold physiology and voice production in a three-dimensional phonation model. *J Acoust Soc Am* [Internet].

2016 Apr [cited 2022 Nov 30];139(4):1493–507. Available from:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27106298/>

17. Bickley CA, Stevens KN. Effects of a vocal-tract constriction on the glottal source: experimental and modelling studies. *J Phon*. 1986 Oct 1;14(3–4):373–82.
18. Zhang Z. Effect of vocal fold stiffness on voice production in a three-dimensional body-cover phonation model. *J Acoust Soc Am* [Internet]. 2017 Oct [cited 2022 Dec 2];142(4):2311. Available from: [/pmc/articles/PMC5654985/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30000000/)
19. Kreiman J, Gerratt B, Garellek M, Samlan R, Loquens ZZ, 2014 undefined. Toward a unified theory of voice production and perception. *ncbi.nlm.nih.gov* [Internet]. [cited 2022 Jan 26]; Available from:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc4847936/>
20. Samlan RA, Story BH. Relation of Structural and Vibratory Kinematics of the Vocal Folds to Two Acoustic Measures of Breathy Voice Based on Computational Modeling. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* [Internet]. 2011 Oct 1 [cited 2022 Nov 27];54(5):1267–83. Available from:
[https://pubs.asha.org/doi/10.1044/1092-4388\(2011/10-0195\)?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed](https://pubs.asha.org/doi/10.1044/1092-4388(2011/10-0195)?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed)
21. Garellek M, Samlan R, Gerratt BR, Kreiman J. Modeling the voice source in terms of spectral slopes. *J Acoust Soc Am* [Internet]. 2016 Mar [cited 2022 Dec 2];139(3):1404. Available from: [/pmc/articles/PMC4818273/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27106298/)
22. van Houtte E, van Lierde K, Claeys S. Pathophysiology and treatment of muscle tension dysphonia: a review of the current knowledge. *J Voice* [Internet]. 2011

[cited 2022 Dec 4];25(2):202–7. Available from:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20400263/>

23. Roy N, Merrill R, Thibeault S, Parsa R, Gray S. Prevalence of voice disorders in teachers and the general population. *Journal of Speech Language and Hearing Research* [Internet]. 2004 Apr [cited 2022 Nov 3];47(2):281–93. Available from: [https://pubs.asha.org/doi/full/10.1044/1092-4388\(2004/023\)](https://pubs.asha.org/doi/full/10.1044/1092-4388(2004/023))
24. Hillman RE, Stepp CE, van Stan JH, Zañartu M, Mehta DD. An Updated Theoretical Framework for Vocal Hyperfunction. *Am J Speech Lang Pathol* [Internet]. 2020 Oct 2 [cited 2022 Dec 4];29(4):2254–60. Available from: https://pubs.asha.org/doi/10.1044/2020_AJSLP-20-00104
25. Pépiot E, Skills AAP and M, 2021 undefined. Cross-Gender Differences in English/French Bilingual Speakers: A Multiparametric Study. *journals.sagepub.com* [Internet]. 2021 Feb 1 [cited 2022 Nov 9];2021(1):153–77. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0031512520973514>
26. Deliyski DD, Shaw HS, Evans MK. Adverse effects of environmental noise on acoustic voice quality measurements. *J Voice* [Internet]. 2005 [cited 2022 Dec 4];19(1):15–28. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15766847/>
27. Yamasaki R, Madazio G, Leão SHS, Padovani M, Azevedo R, Behlau M. Auditory-perceptual Evaluation of Normal and Dysphonic Voices Using the Voice Deviation Scale. *Journal of Voice* [Internet]. 2017 Jan 1 [cited 2022 Dec 4];31(1):67–71. Available from: <http://www.jvoice.org/article/S0892199716000102/fulltext>

28. Sim J, therapy CWP, 2005 undefined. The kappa statistic in reliability studies: use, interpretation, and sample size requirements. academic.oup.com [Internet]. [cited 2022 Nov 9]; Available from: <https://academic.oup.com/ptj/article-abstract/85/3/257/2805022>
29. Henton CG, Bladon RAW. Breathiness in normal female speech: Inefficiency versus desirability. *Lang Commun.* 1985 Jan 1;5(3):221–7.
30. Dancey C, Reidy J. *Estatística Sem Matemática para Psicologia-7*. 2018 [cited 2022 Nov 9]; Available from: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=TSZzDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Estat%C3%ADstica+sem+matem%C3%A1tica+para+psicologia:+usando+SPSS+para+Windows&ots=PbYy2bQ66u&sig=GmvBobPzi3kjOSCWaaJla4iDM8I>
31. Kumar B, Bhat J, Voice PMJ of, 2011 undefined. Vowel harmonic amplitude differences in persons with vocal nodules. Elsevier [Internet]. [cited 2022 Nov 16]; Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892199710001220?casa_token=5lryDgLpubsAAAAA:z1cZ1CADtclYW25qfYz4lZ6PBrvbt3s77sNsmYIAhdZQFYxX2BE3J2zkXEtQsiUK8MAbkmdY
32. Narasimhan S v., Vishal K. Spectral Measures of Hoarseness in Persons with Hyperfunctional Voice Disorder. *Journal of Voice* [Internet]. 2017 Jan 1 [cited 2022 Dec 2];31(1):57–61. Available from: <http://www.jvoice.org/article/S0892199716000680/fulltext>
33. Mehta DD, Zañartu M, Quatieri TF, Deliyski DD, Hillman RE. Investigating acoustic correlates of human vocal fold vibratory phase asymmetry through

modeling and laryngeal high-speed videoendoscopy. *J Acoust Soc Am*. 2011 Dec;130(6):3999–4009.

34. Cannito MP, Buder EH, Chorna LB. Spectral amplitude measures of adductor spasmodic dysphonic speech. *Journal of Voice* [Internet]. 2005 Sep 1 [cited 2022 Nov 13];19(3):391–410. Available from:
<http://www.jvoice.org/article/S0892199704000918/fulltext>
35. Holmberg EB, Doyle P, Perkell JS, Hammarberg B, Hillman RE. Aerodynamic and acoustic voice measurements of patients with vocal nodules: Variation in baseline and changes across voice therapy. *Journal of Voice* [Internet]. 2003 Sep 1 [cited 2022 Nov 13];17(3):269–82. Available from:
<http://www.jvoice.org/article/S0892199703000766/fulltext>
36. Hillenbrand J, Houde RA. Acoustic Correlates of Breathy Vocal Quality: Dysphonic Voices and Continuous Speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* [Internet]. 1996 [cited 2022 Nov 9];39(2):311–21. Available from: <https://pubs.asha.org/doi/full/10.1044/jshr.3902.311>
37. Aaen M, McGlashan J, Thu KT, Sadolin C. Assessing and Quantifying Air Added to the Voice by Means of Laryngostroboscopic Imaging, EGG, and Acoustics in Vocally Trained Subjects. *Journal of Voice* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2022 Dec 2];35(2):326.e1-326.e11. Available from:
<http://www.jvoice.org/article/S0892199719301808/fulltext>
38. Zhang Z. Mechanics of human voice production and control. *J Acoust Soc Am* [Internet]. 2016 Oct [cited 2022 Nov 30];140(4):2614–35. Available from:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27794319/>

39. Kreiman J, Gerratt BR. Perceptual sensitivity to first harmonic amplitude in the voice source. J Acoust Soc Am [Internet]. 2010 Oct [cited 2022 Nov 30];128(4):2085. Available from: /pmc/articles/PMC2981120/