



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MÉDICAS**

**DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED**

**CARACTERÍSTICAS PERCEPTIVOAUDITIVAS E ACÚSTICAS  
DA VOZ DO SURDO USUÁRIO DE IMPLANTE COCLEAR**

Brasília-DF  
2021



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MÉDICAS**

**DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED**

**CARACTERÍSTICAS PERCEPTIVOAUDITIVAS E ACÚSTICAS  
DA VOZ DO SURDO USUÁRIO DE IMPLANTE COCLEAR**

Tese apresentada como requisito para a obtenção do Título de Doutora em Ciências Médicas pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas da Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Lopes Sampaio  
Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Magalhães da Silva

Brasília-DF  
2021

DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED

**CARACTERÍSTICAS PERCEPTIVOAUDITIVAS E ACÚSTICAS  
DA VOZ DO SURDO USUÁRIO DE IMPLANTE COCLEAR**

Tese apresentada como requisito para a obtenção do  
Título de Doutora em Ciências Médicas pelo Programa de  
Pós-Graduação em Ciências Médicas da Universidade de  
Brasília.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Banca Examinadora**

---

1º Membro (presidente): Professor Doutor André Luiz Lopes Sampaio  
Professor Adjunto de Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina - Área de Cirurgia -  
Universidade de Brasília

---

2º Membro: Professora Doutora Ana Carolina de Assis Moura Ghirardi  
Professora do Magistério Superior - da Universidade Federal de Santa Catarina

---

3º Membro: Professora Doutora Iruena Moraes Kessler  
Professora da Faculdade de Medicina – Área de Cirurgia – da Universidade de Brasília

---

4º Membro: Doutora Luciana Miwa Watanabe  
Otorrinolaringologista da EBSEH/Hospital Universitário de Brasília/UnB

---

Suplente: Professora Doutora Alcione Ghedini Brasolotto  
Professora da Faculdade de Fonoaudiologia – da Universidade de São Paulo /Bauru

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

Dedico este trabalho a minha mãe, por sua eterna doação aos filhos e sempre acreditar no meu potencial e pela oportunidade de realizar um sonho em percurso repleto de carinho, incentivo, orgulho e reconhecimento.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, minha razão em seguir forte e confiante.

A meu esposo Eduardo, pelos momentos de compreensão pelas inúmeras horas de ausência, pelo amor e disponibilidade em me substituir nas atividades partilhadas, e por torcer em todos os momentos dessa jornada.

As minhas filhas Marcela e Maria Eduarda, por compreender os momentos de dedicação ao estudo, pelo incentivo nas horas difíceis e por acreditarem no meu potencial.

Aos meus irmãos Sérgio e Alexandre, por compartilharem das minhas aflições e desafios e me incentivarem com palavras de força e carinho.

Ao meu orientador Dr. André Sampaio, por proporcionar uma grande oportunidade para minha evolução profissional e pela confiança como orientanda.

Minha eterna gratidão ao meu coorientador, parceiro e amigo, Dr. Eduardo Magalhães, pelo carinho, empenho, suporte e dedicação em tempo incondicional e por acreditar no meu potencial para transformá-lo em energia positiva com vistas à conclusão deste trabalho.

À Mestre, parceira e amiga, Ana Carolina Fernandes, pelas horas incansáveis de análise acústica, encontros, discussões, leituras, disponibilidade de materiais, carinho, apoio e incentivo. Meu eterno agradecimento.

À Dra. Ana Cristina Coelho, amiga de trabalho e parceira, meus agradecimentos pelo apoio, paciência, carinho e por disponibilizar sua coleta de dados tão fundamental para a existência do trabalho.

À Dra. Aveliny Mantovan e ao Dr. Pablo, pela generosidade incondicional dos conhecimentos sobre análise acústica, fundamentais para a construção do meu saber.  
Minha eterna gratidão.

À Fga Larissa Cavalheri, amiga e parceira na realização da Fase 1, pela dedicação e apoio à revisão sistemática.

À Dra. Lucieny, amiga e conselheira, pelo auxílio nas análises estatísticas, carinho e acolhimento no Laboratório de Ensino e Pesquisa Otorrinolaringológica.

Aos meus amigos que, carinhosamente, reclamavam a minha ausência e sempre tiveram um gesto de incentivo e reconhecimento.

Aos participantes da pesquisa, sem os quais o trabalho não seria viável.

Aos amigos do HUB, pelo carinho, convívio, orações, confiando no meu estudo e no meu êxito.

Aos membros da banca, pela avaliação desse estudo e por colaborar com suas valorosas sugestões.

À Universidade de Brasília, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Médicas e a todos os funcionários da Secretaria de Pós-graduação, pela disponibilidade em cooperar para concluir mais uma etapa da minha vida profissional.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a conclusão deste trabalho, obrigada por tudo.

Conheço pessoas que triunfam e sempre triunfarão.

Sabe por quê?

Porque nunca desistem dos seus sonhos e sempre  
terminam aquilo que começam!

(Napoleon Hill)

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** A avaliação perceptivoauditiva da voz é considerada padrão ouro na avaliação da qualidade da voz, no entanto, é subjetiva e influenciada pelos critérios utilizados, pela habilidade e experiência do profissional. A análise acústica permite a quantificação e caracterização de diferentes parâmetros do sinal sonoro vocal de forma não invasiva. O indivíduo com perda auditiva apresenta desvio da frequência fundamental (F0), mudança nas frequências dos formantes, variações na intensidade vocal, bem como alteração na ressonância, velocidade de fala/taxa de elocução e duração dos sons. Nesse contexto, surge a hipótese de que o modelo de produção da voz de surdos usuários de implantes cocleares apresenta diferenciação no nível fisiológico. **OBJETIVO:** explorar as características perceptivoauditivas e acústicas da voz de surdos usuários de implante coclear. **MÉTODO:** O trabalho foi desenvolvido em dois experimentos. Fase 1: Realizada a revisão sistemática seguindo o *Checklist of Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis* (PRISMA). A busca foi realizada em inglês, espanhol e português, em cinco bases de dados: PubMed, SCOPUS, *Web of Science*, LILACS e SpeechBITE e, adicionalmente, foi realizada uma busca na literatura cinzenta nas bases: Google Acadêmico, OpenGrey e ProQuest. Não houve restrição temporal, devido à característica exploratória da pesquisa inicial. Fase 2: Foi utilizado o banco de vozes de surdos adultos que compôs o estudo “Desenvolvimento e validação de um protocolo de avaliação perceptivoauditiva da voz de deficientes auditivos usuários de implante coclear”. As amostras foram divididas em grupo controle (GC – ouvintes) e grupo experimental (GE – surdos usuários de implante coclear), pareados em faixa etária e gênero. As amostras de voz coletadas correspondiam à emissão sustentada da vogal /a/, fala encadeada e conversa espontânea. Para a análise perceptivoauditiva foi utilizado o Protocolo de Avaliação da Voz do Deficiente Auditivo e para a análise acústica foi utilizado o software PRAAT. Para a filtragem cepstral, foram identificadas no mínimo quatro palavras na conversa espontânea com a vogal /a/ nas posições tônica, pré-tônica e pré-tônica longe, em contexto oral. Esses sons foram agrupados em um *script* e realizado um janelamento destes dados a cada 100 Hz e extraído o espectro médio. **RESULTADOS:** Fase 1: Foram identificadas 1.052 publicações que atenderam aos critérios de busca. Após a aplicação do *checklist* PRISMA, exclusão de duplicatas e leitura do texto completo, 10 publicações foram selecionadas para a análise completa. Embora vários sejam os parâmetros estudados, há grande variação nos desenhos dos estudos, tamanho das amostras, idade/faixa etária dos participantes, amostras de voz analisadas e especificações do implante coclear. Fase 2: No gênero masculino a avaliação perceptivoauditiva do GE apresentou escores mais elevados nos parâmetros tensão, *pitch* e *loudness*, na vogal sustentada; ressonâncias excessivamente faríngea, hipernasal e posterior, tensão e grau geral na fala encadeada e coordenação pneumofonoarticulatória, ressonâncias excessivamente laríngea, hiponasal, hipernasal e posterior, tensão, sopro, instabilidade e grau geral na conversa espontânea. No gênero feminino, os maiores escores no GE foram identificados nas ressonâncias excessivamente laríngea, faríngea, hiponasal, hipernasal e anterior, tensão, instabilidade e grau geral na fala encadeada; coordenação pneumofonoarticulatória, ressonâncias excessivamente laríngea, faríngea, hipernasal e posterior; tensão, rugosidade, instabilidade e grau geral na conversa espontânea. Houve diferença entre o GC e o GE na frequência fundamental (104,1 e 127,0 Hz,  $p = 0,035$  entre os homens / 184,0 e 213,6 Hz,  $p = 0,011$  entre as mulheres), os demais parâmetros avaliados (*jitter*, *shimmer*, proporção harmônico-ruído, intensidade e formantes – F1, F2, F3 e F4) não mostraram diferenças entre os GC e GE, independente do gênero. Não foi observada a presença de antiformantes e/ou aumento das larguras de banda, sugestivos de nasalidade, na filtragem cepstral. Não foram identificados formantes nasais nas faixas de frequência esperadas. A



ação conjunta dos articuladores favorece a identificação perceptiva de nasalidade percebida na voz do surdo usuário de implante coclear. **CONCLUSÃO:** Os dados normativos disponíveis na literatura sobre a voz de surdos usuários de IC são consistentes apenas para F0 e é necessária melhor avaliação do nível de evidência dos desenhos dos estudos, por falta de padronização e metodologia com indicadores de qualidade. Há linearidade entre os parâmetros da avaliação perceptivoauditiva e da acústica. A produção vocal dos GC e GE são semelhantes e o GE não apresenta características de aumento da largura de banda compatíveis com nasalidade.

**Palavras-chave:** Qualidade da Voz; Acústica da Voz; Voz; Perda Auditiva; Implante Coclear.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** The auditory perceptual assessment of the voice is considered the gold standard in the evaluation of voice quality, however, it is subjective and influenced by the used criteria, by the professional's skill and experience. The acoustic analysis allows the quantification and characterization of different parameters of the vocal sound signal in a non-invasive way. Individuals with hearing loss present fundamental frequency deviation (F0), changes in formant frequencies, variations in vocal intensity, as well as alterations in resonance, speech velocity/utterance rate and duration of sounds. In this context, the hypothesis arises that the voice production model of deaf users of cochlear implants present differentiation at the physiological level. **PURPOSE:** To explore the auditory perceptual and acoustic characteristics of the voice of deaf users of cochlear implants. **METHOD:** The study was developed in two experiments. Stage 1: A systematic review was carried out following the Checklist of Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis (PRISMA). The search was conducted in English, Spanish and Portuguese, in five databases: PubMed, SCOPUS, Web of Science, LILACS and SpeechBITE and, in addition, a search was performed on the gray literature in the databases: Google Scholar, OpenGrey and ProQuest. There was no time restriction, due to the exploratory characteristic of the initial research. Stage 2: The voice databank of deaf adults from in the study "Development and validation of a protocol for auditory perceptual assessment of the voice of hearing-impaired users of cochlear implants" was used. The samples were divided into a control group (CG – listeners) and an experimental group (EG – deaf users of cochlear implants), matched in age and gender. The voice samples corresponded to the sustained emission of the vowel / a /, connected speech and spontaneous conversation. For the auditory perceptual assessment and the acoustic analysis, the Hearing-Impaired Voice Assessment Protocol, and the PRAAT software were used, respectively. For cepstral filtering, at least four words were identified in the spontaneous conversation with the vowel / a / in the tonic, pre-tonic and pre-tonic distant positions, in an oral context. These sounds were grouped in a script and a window was made of these data every 100 Hz and the middle spectrum was extracted. **RESULTS:** Stage 1: 1,052 publications that met the search criteria were identified. After applying the PRISMA checklist, excluding duplicates and reading the full text, 10 publications were selected for complete analysis. Although there are several parameters studied, there is great variation in study designs, sample size, age / age group of participants, analyzed voice samples and cochlear implant specifications. Stage 2: In the male gender, the auditory perceptual assessment of the EG presented higher scores in the parameters tension, pitch and loudness, in the sustained vowel; excessively pharyngeal, hypernasal and posterior resonances, tension and general degree in connected speech and pneumophonoarticulatory coordination, excessively laryngeal, hyponasal, hypernasal and posterior resonances, tension, breathiness, instability and general degree in spontaneous conversation. In the female gender, the highest scores in the EG were identified in the excessively laryngeal, pharyngeal, hyponasal, hypernasal and anterior resonances, tension, instability and general degree in connected speech; pneumophonoarticulatory coordination, excessively laryngeal, pharyngeal, hypernasal and posterior resonances; tension, roughness, instability and general degree in spontaneous conversation. There was a difference between the CG and the EG in the fundamental frequency (104.1 and 127.0 Hz,  $p = 0.035$  among men / 184.0 and 213.6 Hz,  $p = 0.011$  among women), the other parameters evaluated (jitter, shimmer, harmonic-to-noise ratio, loudness and formants – F1, F2, F3 and

F4) did not show differences between CG and EG, regardless of gender. The presence of antiformants and / or increased bandwidths, suggestive of nasality, was not observed in the cepstral filtration. No nasal formants were found in the expected frequency ranges. The joint action of the articulators favors the perceptual identification of nasality perceived in the voice of the deaf user of a cochlear implant. **CONCLUSION:** The normative data available in the literature on the voice of deaf CI users are consistent only for F0 and a better assessment of the level of evidence of study designs is necessary, due to the lack of standardization and methodology with quality indicators. There is linearity between the parameters of the auditory perceptual assessment and acoustic analysis of the voice. The vocal production of the CG and EG are similar, and the EG does not present characteristics of increased bandwidth compatible with nasality.

**Keywords:** Voice Quality; Voice Acoustics; Voice; Hearing Loss; Cochlear implant.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Teoria Fonte-filtro vocal .....	19
Figura 2 – Produção das vogais.....	24
Figura 3 – Fluxograma de identificação de estudos e quantidade de obras identificadas em cada fase.....	40
Figura 4 – Frequência de ocorrência de picos nos grupos controle e experimental.....	59
Figura 5 – Representação dos valores médios dos picos (formantes) para vogais tônicas e átonas em homens e mulheres nos grupos controle e experimental a cada 2.000Hz.....	61
Figura 6 – Boxplot da análise das variáveis para GC e GE na banda 1 (4.000Hz-5.000Hz e 5.000Hz-6.500Hz) .....	62
Figura 7 – Boxplot da análise das variáveis para GC e GE na banda 2 (0-2.000Hz e 2.000Hz-4.000Hz) .....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos estudos incluídos (n=10) .....	41
Tabela 2 – Avaliação do risco de viés pela ferramenta <i>Meta Analysis of Statistic Assesement and Review Instrumente</i> (MAStARI).....	46
Tabela 3 – Risco de viés para os estudos avaliados usando a ferramenta <i>Meta Analysis of Statistic Assesement and Review Instrumente</i> (MAStARI).....	48
Tabela 4 – Comparação intergrupos (GC versus GE) masculinos dos aspectos suprasegmentais da qualidade vocal, da CPFA, ressonância, fonação e percepção vocal geral da qualidade vocal na vogal sustentada, fala encadeada e conversa espontânea.....	51
Tabela 5 – Comparação intergrupos (GC versus GE) femininos dos aspectos suprasegmentais da qualidade vocal, da CPFA, de ressonância, de fonação e de percepção vocal geral da qualidade vocal na vogal sustentada, fala encadeada e conversa espontânea.....	53
Tabela 6 – Comparação intergrupo (GC versus GE) masculino e feminino dos parâmetros acústicos de F0, <i>jitter</i> (PPQ5), <i>shimmer</i> (APQ5), PHR, intensidade, F1, F2, F3 e F4.....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Apresentação em <i>boxplot</i> da distribuição dos valores do parâmetro grau geral do item percepção vocal geral nos gêneros masculino (A, B, C) e feminino (D, E, F) .....	56
---	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ajustes supraglóticos nas frequências de formantes, F1, F2 e F3.....	25
Quadro 2 – Definição dos parâmetros da estratégia PVO para formulação da pergunta de pesquisa.....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IC	Implante Coclear
F0	Frequência Fundamental
PPVV	Pregas Vocais
F1	Primeiro Formante
F2	Segundo Formante
F3	Terceiro Formante
F4	Quarto Formante
FN	Formantes Nasais
APA	Avaliação Perceptivoauditiva
PAV-DA	Protocolo de Avaliação de Voz do Deficiente Auditivo
CPFA	Coordenação Pnemofonoarticulatória
PHR	Proporção Harmônico Ruído
CPPS	<i>Cepstral Peak Prominence-Smoothed</i>
PICOS	População, Intervenção, Comparação, Resultados e Tipo de Estudo
PVO	População, Variáveis e Resultados
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis</i>
MAStARI	<i>Meta Analysis of Statistics Assessment and Review Instrument</i>
GE	Grupo Experimental
GC	Grupo Controle
CAPE-V	Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice
CV	Consoante-vogal
CVC	Consoante-vogal-consoante
PRL	Pré-lingual
POL	Pós-lingual
GRBASI	Escala de Avaliação Perceptivoauditiva da Voz (grau geral, rugosidade, soprosidade, astenia, tensão e instabilidade vocais)



## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b> .....	17
<b>2. Objetivo</b> .....	31
2.1 Objetivo Geral.....	31
2.2 Objetivos Específicos.....	31
<b>3. Metodologia</b> .....	32
<b>4. Resultados</b> .....	39
4.1 Fase 1: Revisão sistemática das características perceptivoauditivas e acústicas da voz de indivíduos surdos usuários de implante coclear.....	39
4.2 Fase 2: Análise perceptivoauditiva e acústica da voz de indivíduos surdos usuários de implante coclear.....	49
<b>5. Discussão</b> .....	64
<b>6. Conclusão</b> .....	79
<b>7. Referências</b> .....	81
<b>Anexos</b> .....	101

## 1. Introdução

Os implantes cocleares (IC) são dispositivos eletrônicos computadorizados que estimulam diretamente o nervo auditivo por meio de pequenos eletrodos colocados dentro da cóclea, que permitem ao nervo transportar esses sinais para o cérebro. São o tratamento da escolha para a reabilitação de pacientes com surdez neurosensorial profunda, pois restauram a função perdida das células ciliadas internas por meio da estimulação elétrica das fibras do nervo auditivo (1,2). São um recurso eficaz que melhora a qualidade de vida dos indivíduos com deficiência auditiva. Atualmente, mais de 100.000 pessoas em todo o mundo usam IC (3).

O sistema auditivo é essencial para o desenvolvimento e manutenção da voz e da qualidade da fala. A perda auditiva pode afetar os ajustes ou o uso adequado dos órgãos envolvidos na produção da fala e da voz devido à ausência de *feedback* auditivo, o que normalmente permitiria monitorar e calibrar a produção da fala (4).

A ausência ou restrição do *feedback* auditivo em indivíduos com perda auditiva tem um impacto negativo nos aspectos segmentais e suprasegmentais da fala e nos parâmetros acústicos e perceptuais da voz, incluindo desvio da frequência fundamental (F0), mudança nas frequências dos formantes, variações na intensidade vocal, alteração na ressonância, velocidade de fala/taxa de elocução e duração dos sons (5–7).

A deficiência auditiva interfere no desenvolvimento da linguagem e da fala, na comunicação interpessoal e na aprendizagem, o que prejudica o desenvolvimento acadêmico e profissional, comprometendo a vida social do indivíduo (8,9).

A produção do som é o resultado de quatro fases: respiração, fonação, articulação e ressonância. Os pulmões, a traqueia, a laringe, as cavidades nasal e oral formam o sistema mais versátil de produção da fala (1).

Os pulmões, juntamente com a contração do músculo diafragma, dos intercostais e da parede abdominal empurram e direcionam o fluxo de ar existente nos brônquios e traqueia para cima, em direção à laringe, aonde chega de forma suave e não-modulado. As pregas vocais (PPVV) são postas em vibração por meio de movimentos de adução e abdução, produzindo um som vocal ou glótico (1), um som fundamental, que pode aumentar de intensidade e ser enriquecido de harmônicos, adquirindo características e qualidades sonoras distintas nas cavidades de ressonância supraglóticas (faríngea, bucal, nasal e seios paranasais). Concomitante a isso, os articuladores (língua, véu palatino, dentes e lábios) interceptam o fluxo aéreo em vibração, que será modelado e transformado em palavras (2).

A principal função da laringe não é fonatória, é respiratória e, mais objetivamente, esfínteriana, para proteção das vias aéreas inferiores contra a penetração de corpos estranhos e alimentos (2,3).

É importante destacar que a voz depende da integridade dos tecidos do aparelho fonador e dos músculos que são responsáveis pela produção vocal. A relação harmônica entre estas estruturas gera um som de boa qualidade para os ouvintes e com emissão sem esforço para o falante. Este som pode ser alterado conforme a situação e o contexto da comunicação e reflete a condição de saúde vocal do indivíduo (4).

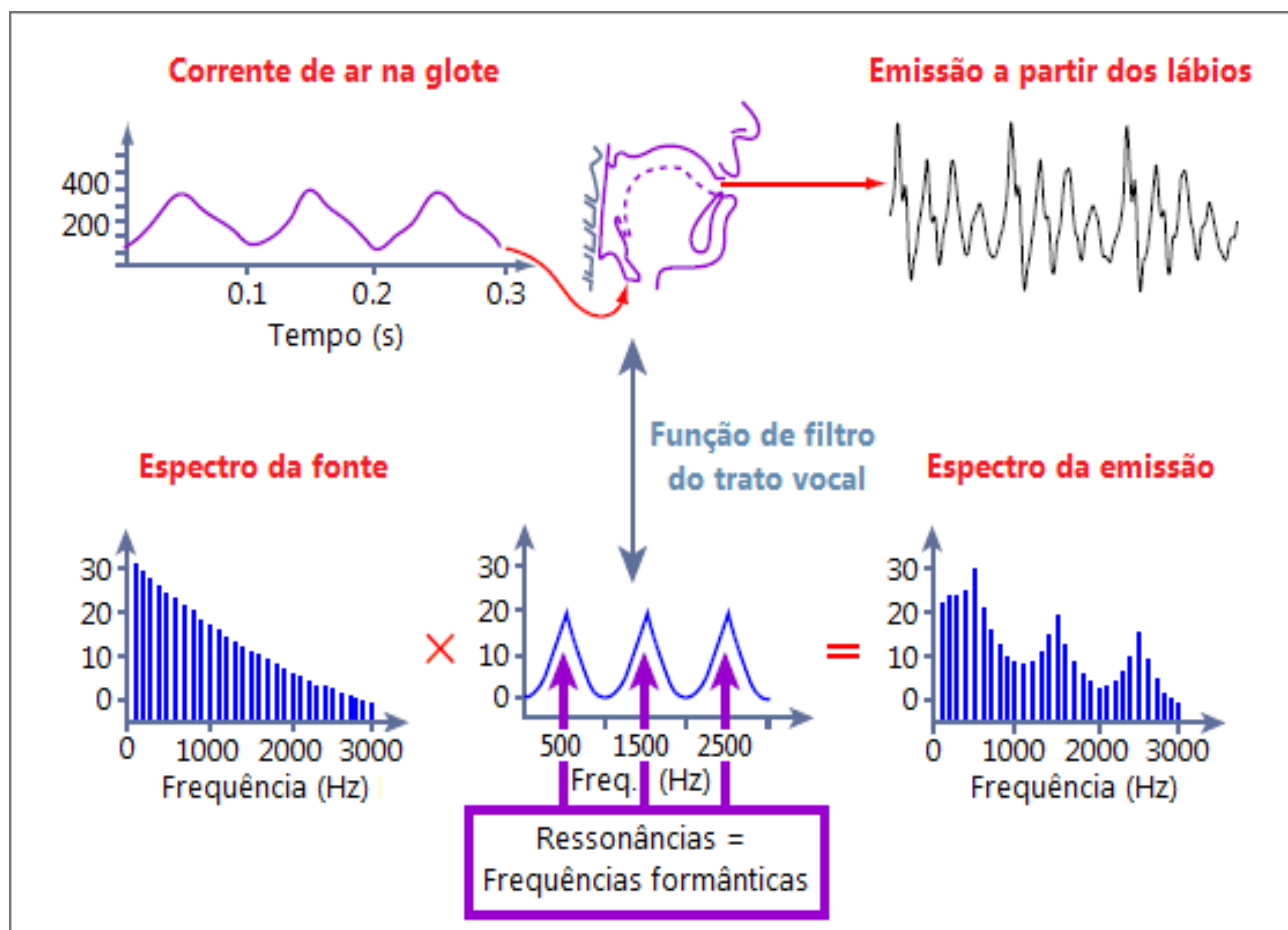
A produção vocal adequada, com inflexões e mudanças de intensidade apropriadas requer atuação adequada das funções e do controle das estruturas que compõem o sistema fonatório, ou seja, uma fisiologia em equilíbrio (4). A partir do Século XVII, várias foram as publicações em relação à fisiologia da fonação até em 1741, quando a laringe foi comparada a uma viola (5).

O consenso atual sobre fisiologia da fonação sugere que a voz é o resultado da coordenação entre o fluxo de ar expirado pelos pulmões e a resistência oferecida pelas PPVV quando em posição de adução (7–12), o que faz com que a mucosa que as recobre vibre, produzindo um som que varia conforme as características intrínsecas do aparelho fonador de cada indivíduo, sendo modificado e modulado pelas cavidades de ressonância e órgãos fonoarticulatórios, de onde se deduz que a fonação decorre da interação, ativação e controle de músculos e estruturas do sistema nervoso. Ainda deve-se considerar que diferentes autores (13–18) propuseram teorias de produção da voz, com base anatômica, funcional ou correlacionando a produção da voz com instrumentos musicais e até com a teoria do caos (19).

A teoria fonte-filtro da produção da fala é baseada no mecanismo de produção do som, em que o fluxo aéreo, advindo dos pulmões, passa pelas PPVV (fonte – sinal laríngeo), que vibram e geram um som, o qual é modificado de acordo com as posições dos articuladores e ressonadores (filtro – sistema), gerando formantes, como consequência das ressonâncias das cavidades oral e nasal (20) (Figura 1).

As relações fonte-filtro podem desestabilizar o processo vibratório das PPVV, gerando instabilidade do sinal sonoro (21). As não-linearidades dos mecanismos da fonte da voz humana (a relação não-linear do fluxo de pressão na glote, as curvas não-lineares de esforço dos tecidos das dobras vocais e as não-linearidades associadas com as colisões das dobras vocais) são fatores que sugerem a presença de caos na voz (22). O surdo pode apresentar instabilidade principalmente nos valores do primeiro formante, que leva a crer na dificuldade para manter o trato vocal na mesma postura articulatória. O posicionamento

dos lábios, da língua e da mandíbula interfere na ressonância e, conseqüentemente, nas medidas de frequência dos formantes (23). É necessário que o surdo controle tanto a F0 quanto a intensidade vocal com considerável precisão para manter a estabilidade vocal, e para isso precisa realizar compensações e interações entre fonte e filtro (24).



**Figura 1.** Teoria Fonte-filtro Vocal Fonte: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Mecanismo-de-funcionamento-da-Teoria-Fonte-Filtro-a-partir-da-glote\\_fig3\\_278848711](https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Mecanismo-de-funcionamento-da-Teoria-Fonte-Filtro-a-partir-da-glote_fig3_278848711).

O modelo fonte-filtro descreve os fenômenos acústicos no domínio da frequência. O filtro oral é caracterizado por picos no espectro de frequências, os quais correspondem à normalidade dos tubos acústicos e recebem o nome de formantes: primeiro (F1), segundo (F2), terceiro (F3) e quarto (F4) formantes (25).

Evidências científicas referem a influência dos formantes na produção das vogais e na dimensão do trato vocal. As ressonâncias vocais e seus formantes associados estão inversamente relacionadas com o comprimento do trato vocal (26).

É importante a compreensão dos mecanismos que controlam a frequência, o padrão ou modo de vibração das PPVV e da configuração do trato vocal. O início da fonação pode

ser dividido em duas fases: fase de pré-fonação, quando as PPVV se movem da posição abduzida para a posição de adução total ou parcial, e a “fase de ataque”, que se inicia com as PPVV aduzidas, ou quase aduzidas, e se estende pelos ciclos vibratórios iniciais. As fases são variáveis quanto à duração, pois dependem do grau em que as PPVV são aduzidas durante a fase de pré-fonação e da maneira como a corrente de ar é liberada (1).

As PPVV, por sua vez, apresentam um corpo mais rígido, composto por músculo e ligamento, revestido por uma cobertura mais flexível, formada por tecido conjuntivo e epitelial. A deformação da camada de cobertura varia a abertura e o fechamento cíclico das PPVV, modulando o fluxo aéreo, o que gera um ciclo aproximadamente periódico, com velocidade de fechamento maior que a de abertura (25,27).

Quanto à intensidade, pode-se dizer que a duração da fase fechada do ciclo vibratório aumenta com o aumento da intensidade vocal e que a pressão subglótica aumenta com a elevação da intensidade, o que pode levar à adução forçada das PPVV, a qual é atingida pela contração simultânea dos músculos laríngenos (1).

Alterações do ciclo vibratório podem ocorrer em situações da fonação normal. Na intensidade vocal elevada há um aumento da fase fechada das PPVV, sem associação a doenças, sendo fisiológico e causado pela resistência glótica (28).

Um indivíduo em conversação normal é capaz de variar frequência e intensidade vocal. Para variação da intensidade na frequência grave, onde as pregas PPVV estão curtas, espessas e menos resistentes ao fluxo aéreo, é fundamental um aumento da resistência glótica. A regra não é a mesma para as frequências agudas, sendo a intensidade controlada pelo volume e pela velocidade do fluxo aéreo (29). É importante destacar, que as mudanças no comprimento e na tensão das PPVV são mediadas pelos músculos intrínsecos da laringe. E, embora os aumentos de frequência possam ser acompanhados por elevação na pressão subglótica, isso não produz necessariamente seu aumento (1).

Quando se aborda a ressonância da voz, deve-se explorar, a função velofaríngea, essencial para a produção da voz e da fala, e responsável pela distribuição do fluxo aéreo expiratório e das vibrações acústicas para a cavidade oral nos sons orais, e, para a cavidade nasal, nos sons nasais (30,31).

A função velofaríngea adequada ocorre quando existe um movimento sincronizado das estruturas de seu mecanismo (palato mole, paredes laterais e posterior da faringe), que promove elevação e posteriorização do palato mole em direção à faringe, medialização das paredes laterais da faringe e anteriorização de sua parede posterior (30,31). As forças aplicadas ao palato mole, em consequência de alterações na posição da mandíbula, em decorrência de mudanças na frequência e/ou intensidade da voz, podem alterar o

mecanismo velofaríngeo, uma vez que há uma coordenação entre estas estruturas e/ou outros órgãos articuladores. A língua também pode participar na função velofaríngea, na tentativa de evitar que ondas acústicas invadam o trato nasal em caso de articulação de sons orais (32). As alterações no mecanismo velofaríngeo são denominadas de inadequação ou disfunção velofaríngea (33).

Para além dos aspectos físicos e motores, a inadequação do mecanismo velofaríngeo pode ser resultante de maus hábitos articulatorios aprendidos na infância, os quais não refletem necessariamente em alterações físicas ou neuromusculares (34), o que pode conferir algum grau de nasalidade à qualidade vocal.

O ajuste no acoplamento oronasal é utilizado para diferenciar vogais nasalizadas das não nasalizadas. Com este acoplamento, ocorre a inserção de formantes nasais (FN) em torno das frequências baixas, 300 Hz a 400 Hz para a vogal /a/, e de 1.000 Hz, para as vogais /u/ e /i/, suavização do pico do F1 das vogais baixas, quando comparadas às não nasalizadas, e presença de antiformantes na região entre 700 Hz e 1.200 Hz (35).

O traço acústico comum das vogais nasais é o aumento da largura de banda de F1 e F3, aparecendo no espectro como se a nasalidade acrescentasse dois picos extras, um acima e outro abaixo de F1, dependendo da vogal considerada, estando a distância entre F1 e este pico adicional na faixa de 200 Hz a 400 Hz (36,37).

Avaliar os distúrbios do equilíbrio ressonantal oral-nasal é uma atividade fundamental para os fonoaudiólogos. Estas alterações podem ser classificadas em hipernasalidade, hiponasalidade e nasalidade mista e decorrem do comprometimento anatômico e/ou funcional da função velofaríngea. Na hipernasalidade pode haver enfraquecimento da pressão intraoral em níveis insuficientes para a produção de consoantes plosivas, fricativas e africadas, com emissão simultânea ou não de ar nasal audível (31,34,38,39). Enquanto na hiponasalidade ocorrem bloqueios nasais ou nasofaríngeos que afetam a transmissão da energia acústica nasal (39).

Avaliar a percepção da nasalidade em surdos não é uma tarefa fácil. Os julgamentos perceptivoauditivos, que são subjetivos, sofrem influência de alterações encontradas na produção da fala e da voz, entre elas ritmo da fala, alterações articulatorias, variações de frequência e disfunção velofaríngea (40).

A distância entre o palato mole e a parede posterior da faringe no repouso e na emissão da vogal /a/ revela a presença de desproporção velofaríngea, ocasionada por encurtamento do véu palatino, profundidade da nasofaringe aumentada ou sua combinação (41). A hipernasalidade ocorre por excesso de ressonância nasal acompanhando sons orais, com a perda de energia acústica (42) e parece indicar uma maior habilidade na busca

de refinar as produções articulatórias, que podem ser evidenciadas por esse componente de nasalidade (43,44).

A avaliação vocal abrange vários segmentos, dentre eles medidas perceptivoauditivas, imagem laríngea, medidas acústicas, aerodinâmicas e autoavaliação (45). As medidas perceptivoauditivas, apesar de apresentarem características subjetivas e multidimensionais (46,47), são as mais usadas na documentação das alterações vocais, e são consideradas padrão ouro (48,49) para pesquisas científicas e prática clínica (50,51). Sua subjetividade decorre da natureza perceptual da qualidade vocal e de características intuitivas do avaliador (51–54), o que resulta em baixa confiabilidade entre avaliadores e inconsistência nas avaliações vocais (51,55), pois sofre influência de critérios utilizados, bem como da habilidade e da experiência do profissional na aplicação (41).

A avaliação perceptivoauditiva (APA) é realizada pelo profissional na rotina do contexto clínico, todavia na pesquisa científica são seguidos cuidados metodológicos para evitar potenciais fontes de erros relacionados a ela (56). Alguns procedimentos são necessários para considerar a APA padrão ouro na avaliação da voz. Esse tipo de análise possibilita a caracterização da qualidade vocal e a quantificação do desvio vocal em um dado estímulo (49), a compreensão da condição vocal, a escolha dos métodos e técnicas terapêuticas, bem como a eficácia da terapia realizada (53). É uma avaliação de baixo custo, rápida, confortável e não utiliza instrumentos sofisticados (51,52).

É necessário estabelecer especificações básicas e/ou fornecer treinamento antes de qualquer avaliação com o objetivo de reduzir a subjetividade, por meio de: forma de armazenamento da amostra da voz, seleção adequada das tarefas fonatórias, seleção do instrumento de avaliação, seleção da forma de mensuração, seleção, treinamento e calibração dos juízes (avaliadores), concordância interavaliador e confiabilidade intra-avaliador (51). Avaliadores com experiências auditivas e profissionais próximas ou semelhantes apresentam melhor confiabilidade interexaminador (57–59).

O Protocolo de Avaliação Perceptivoauditiva da Voz do Deficiente Auditivo usuários de Implante Coclear (IC) (PAV-DA) (60) é uma ferramenta validada que descreve a severidade de atributos perceptivoauditivos da voz dessa população e é preenchido a partir de três amostras de fala: vogal sustentada /a/ com duração de 3 a 5 segundos, fala encadeada (contagem de números de 1 até 10) e conversa espontânea com duração média de 30 segundos.

Os parâmetros para a avaliação são: aspectos suprasegmentais da voz (inteligibilidade, articulação e entonação), coordenação pneumofonoarticulatória (CPFA), foco de ressonância (excessivamente laríngea, faríngea, hiponasal, hipernasal, anterior,

posterior), ruídos à fonação (tensão, soprosidade, rugosidade, instabilidade, *pitch*, *loudness*), impressão geral da voz e pode-se incluir um parâmetro adicional (60).

A avaliação instrumental da produção da voz e da fala teve início no século XIX, por meio de armazenamento e análise com o uso de equipamentos, como osciloscópios. No entanto, ainda não existe uma base de dados normativos, em consequência das diferentes metodologias de pesquisa, relacionados à voz do surdo, com a caracterização da qualidade vocal, o que seria fundamental para discriminar voz normal e voz patológica, para avaliar e monitorar a voz na clínica e/ou em seu desenvolvimento profissional e para reduzir a subjetividade da APA, correlacionando-a com os dados quantitativos gerados (61).

A nasometria avalia as emissões de falantes com suspeita de prejuízo no mecanismo velofaríngeo e determina o grau de ressonância nasal (62). Os estudiosos do equipamento pesquisam valores de referência nos mais variados contextos linguísticos, faixas etárias e gêneros (63). Os escores de nasalidade foram relatados como sendo significativamente maiores no surdo, quando comparados aos de indivíduos normouvintes, independentemente do grau da perda auditiva, faixa etária ou frequência de uso de próteses auditivas (64–66).

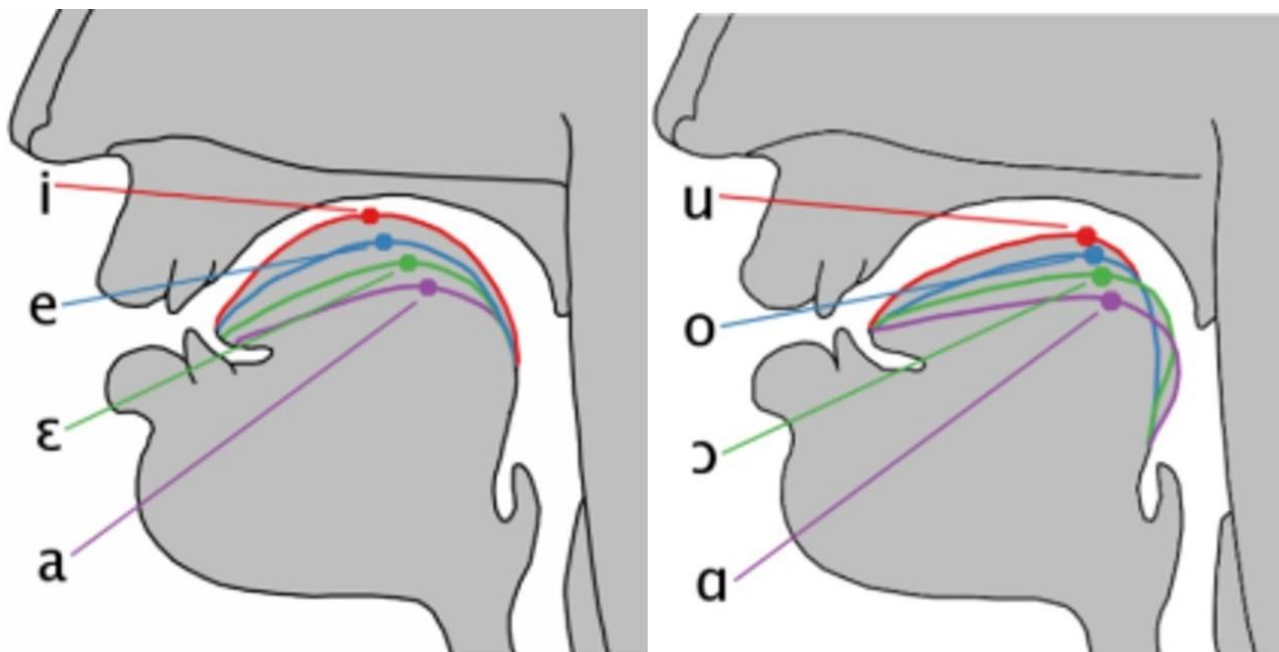
Um estudo sobre a nasalidade em adultos de meia-idade e idosos falantes do português brasileiro, sugeriu que os escores relativos à oralidade variaram entre 12,5 e 16,6 pontos, os relativos à nasalidade, entre 48,9 e 49,7 pontos, e os dos sons oronasais atingiram 27,9 pontos para falantes de meia idade, e, entre os idosos, na mesma ordem entre 15,6 e 20,4 pontos, entre 32,2 e 52,8 (67) sem diferença significativa entre os gêneros (38). Já entre adolescentes, falantes do português brasileiro, os escores de nasalidade são maiores para o gênero feminino quando comparados ao masculino (68).

Considerando as amostras de fala analisadas (oral, oral de baixa pressão, oronasal e nasal), pesquisadores observaram diferença significativa, porém sutil, na variável gênero, com valores de nasalidade 2% mais elevados para o gênero feminino (69). Diferença esta que também se estabelece em falantes de diferentes idiomas, mas os valores das variações não foram clinicamente significantes (70). Assim, o efeito da variável gênero permanece questionável, em virtude da falta de consenso em relação ao seu impacto sobre estes escores para os diferentes idiomas (71).

As vogais são produzidas na região do trato vocal compreendida entre o palato e o véu palatino (Figura 2), geralmente sonorizadas e, em alguns casos, produzidas com arredondamento dos lábios sobreposto à sua articulação. Assim, a produção da vogal é formada pelas variações da aproximação do corpo da língua e do palato, sem ocorrência de fricção da corrente do ar. As características articulatórias e acústicas da vogal variam



conforme a altura (elevada ou baixa) e posição (anterior ou posterior) da língua, arredondamento ou não dos lábios (72) e posição de palato mole e mandíbula (73,74). E, uma vez que a fala é um contínuo, as vogais trazem pistas acústicas da consoante adjacente, pois os formantes são alterados pelo ponto de articulação da consoante que as precede (73).



**Figura 2.** Produção das vogais (Fonte: <https://docplayer.com.br/123639426-Distinguindo-os-sons-da-fala-vogais>).

As vogais produzidas com menor grau de abertura da mandíbula são chamadas fechadas ou altas, se abrimos um pouco, teremos as semifechadas ou centrais, e, no máximo da abertura, as abertas ou baixas. Com relação ao movimento do dorso da língua no sentido sagital do trato, podemos classificar as vogais em frontais (produzidas com o dorso da língua maximamente projetado para frente, próximo do ponto palatal, como /i/, /e/ ou /ε/), posteriores (produzidas com o dorso da língua maximamente retraído, próximo do ponto velar, como /u/, /o/ e /ɔ/) e intermediárias (produzidas com o dorso da língua no centro, como /a/). O arredondamento dos lábios será realizado com aproximação e protrusão e independe da posição da língua no trato vocal (75). Estes ajustes podem ser denominados de ajustes supraglóticos, os quais se refletem nas frequências dos formantes, em particular F1, F2 e F3, conforme descrito no quadro 1.

**Quadro 1.** Ajustes supraglóticos nas frequências de formantes, F1, F2 e F3.

<b>Estrutura</b>	<b>Formante</b>	<b>Configuração</b>
Cavidade posterior – faringe	F1	Atrás do ponto de máxima constrição lingual (76)
Língua	F1	Influência da altura (77,78)
Boca	F1	Influência da abertura (77,78)
Cavidade oral anterior	F2	Cavidade anterior a constrição lingual (76)
Constrição lingual	F2	Variações no eixo anteroposterior (7,76,77,79)
	F3	Passagem da constrição - cavidade atrás da constrição e na frente dela (76)

Os valores da F0 e das frequências dos formantes (F1, F2, F3 e F4) possuem correlação com o idioma (80). Os harmônicos da F0 são modificados na região supraglótica, que atua como um filtro, atenuando e amplificando frequências. As frequências dos formantes são amplificadas e os F1 e F2 fornecem a identidade fonética às vogais (79,81–83).

F1 tem relação com a posição vertical da língua e com o grau de abertura da mandíbula, seu valor é inversamente proporcional à posição do complexo linguomandibular. Enquanto F2 sofre influência do deslocamento anteroposterior da língua, quanto mais anterior a língua, maior será seu valor e vice-versa (84).

No português brasileiro, a vogal /a/, de acordo com a posição da língua no eixo vertical, é baixa e, no eixo anteroposterior, é média. A altura da língua se reflete no valor de F0, de forma que as vogais altas e posteriores possuem valores mais agudos que as baixas e suas correspondentes anteriores, respectivamente. A F0 elevada na vogal sustentada /a/, por ser central, não apresenta correspondência com outra vogal no eixo anteroposterior (80).

A configuração do trato vocal supraglótico, controlada pelos articuladores (posição da língua, mandíbula e lábios), gera diferentes sinais de saída e conseqüentemente, diferentes vogais (85). F1 e F2 são consideradas as principais frequências para distinguir um som vocálico, diferenciando-o (86) e, juntamente com F3, são as mais instáveis, variando de vogal para vogal, relacionando-se com sua qualidade articulatória. Já os F4, F5 e os demais são mais estáveis, possuem menor conteúdo linguístico e maior variação de acordo com o falante e estão relacionados com a qualidade da voz (87).

Estudo de vozes de homens jovens com voz e laringes normais, mas com características de nasalidade ou sopro, constatou a presença de maior influência em F3, com aumento de valores de largura de banda (79). A literatura refere que ajustes de

nasalidade e escape de ar nasal influenciam o aumento da relação entre valores de largura de banda dos formantes F1, F2 e F3 (88,89).

F1 e F2, então, fornecem dados para avaliação da percepção da qualidade vocal, visto que formam um triângulo acústico com as vogais /a/, /i/ e /u/ e fornecem as características para a análise do comprimento do trato vocal (26). As frequências destes formantes caracterizam as vogais em consequência da posição da língua durante sua articulação, assim como a produção vocal e o processamento da fala (85).

Nenhuma avaliação isolada é suficiente para definição da conduta (11), bem como a reabilitação da fala e da voz não deve ser secundarizada em detrimento à audição, pois ambas precisam ser conduzidas paralelamente, visto que cada uma possui sua importância dentro do processo da comunicação.

Outro segmento utilizado para avaliação da voz é a análise acústica, que surgiu com os laboratórios computadorizados de voz e fonética, e seu objetivo é complementar a APA (90), para reduzir a subjetividade, pois quantifica e caracteriza o sinal sonoro da voz, de forma não invasiva, por meio de diferentes parâmetros acústicos que compõem esse sinal: medidas tradicionais (amplitude, periodicidade, duração e composição espectral) (44) e medidas formânticas, as quais não dependem da F0, como os coeficientes obtidos na análise preditiva linear (LPC – *Linear Predictive Coding*), os coeficientes cepstrais e mel-cepstrais que possibilitam a extração dos formantes das vogais (91).

A análise acústica realiza a extração das medidas clássicas que quantificam (92) a perturbação ciclo a ciclo e estão relacionadas com a instabilidade do sinal e o controle sobre o sistema fonatório, permitindo a diferenciação de um período de vibração glótica em relação ao seu sucessor quanto à frequência (*jitter*) e à intensidade (*shimmer*) e ao ruído (proporção harmônico-ruído, PHR), com a determinação clara dos ciclos glóticos, sendo mais provável de ser extraído em sinais vocais com desvios leves (93,94). É importante destacar que existem diferentes formas de extração dessas medidas, cuja padronização pode variar em consequência da metodologia de extração aplicada, do contexto de fala analisado, da idade, do sexo biológico e das tarefas de fala (95–101). A análise cepstral avalia sinais mais desviados, pois determina a F0 e produz estimativas de aperiodicidade e/ou ruído aditivo sem identificar o limite de ciclos individuais (93).

A voz, por não ser um fenômeno periódico, é certamente instável frente a fatores de origem neurológica, emocional e biomecânica. Sendo assim, são esperados pequenos graus de perturbação e irregularidade no sinal vocal (61).

O *jitter* evidencia pequenas variações involuntárias na F0 e determina o grau de estabilidade do sistema fonatório, com maior alteração na falta de controle da vibração das

PPVV, assim, indivíduos com alterações vocais apresentam porcentagem mais elevada de *jitter* (61). Mesmo não consensuais, estudos mostram que alguns fatores favorecem o aumento do *jitter*, como valor da F0 (102,103), sexo biológico (104), com as mulheres apresentando valores mais elevados que os homens (105–107), envelhecimento (108–110) e idade (80,111–114). Seu valor vai ser considerado como típico quando varia entre 0,5 e 1,0% para as fonações sustentadas em jovens adultos (61), cuja variabilidade nas diferentes vogais no adulto é polêmica, com pesquisadores sugerindo diferentes possibilidades de modificações ou alterações por conta da vogal analisada (106,108,113,115), com valores mais elevados para a vogal aberta /a/ que para as fechadas /i/ e /u/ (104,106,108,109).

Inúmeras situações, como as alterações neurológicas que geram movimentos involuntários da musculatura laríngea, as vibrações ocasionadas pelo pulso arterial, a mobilização do muco nas PPVV, as assimetrias presentes e/ou a rigidez da mucosa das PPVV, a turbulência do fluxo aéreo transglótico, vibrações da glândula tireoide e o acoplamento entre a laringe e as cavidades supraglóticas modificam o *jitter* (116).

O *shimmer* é uma medida da irregularidade percentual da amplitude do sinal vocal. Quantifica a variação na intensidade dos ciclos adjacentes da vibração das PPVV, alterando-se com a redução da resistência glótica; com a presença de lesões de massa nas PPVV e está relacionado com a presença de ruído à emissão e à presença de soprosidade vocal (61).

Estudos sugerem que o *shimmer* é inversamente proporcional à intensidade média vocal, ou seja, quanto maior a intensidade, menor o valor de *shimmer*. Pode ser mensurado em dB, com o coeficiente logarítmico da amplitude de ciclos consecutivos em que os valores desta medida reduzem 0,4 dB à medida em que aumenta a intensidade vocal (61).

A PHR corresponde a uma proporção média entre a energia dos harmônicos componentes do sinal sonoro na faixa entre 70 e 4.500 Hz e a energia dos componentes não harmônicos na faixa de 1.500 a 4.500 Hz. É uma avaliação geral da presença do ruído no sinal coletado e representa a proporção do componente cuja frequência é um múltiplo inteiro da F0 e do ruído componente na amostra de voz (117).

Em homens com vozes saudáveis, a PHR é, em média 19,0 dB e, nas mulheres, 22,5 dB. Os indivíduos com alterações vocais apresentam PHR menor, com médias de 7,23 dB para homens e 6,2 dB para mulheres, e variação de cerca de 10 dB, maior se comparada a dos indivíduos com vozes saudáveis (118). É considerada mais sensível que o *jitter* para quantificar o ruído acústico do sinal de voz (119).

A análise cepstral é mais confiável para a avaliação de vozes com ampla faixa de desvio e difere do processo de extração das medidas de perturbação e ruído. Verifica-se, pois, em que medida os harmônicos resultantes da F0 são individualizados e se destacam em relação ao nível de ruído existente no sinal, demonstrando que os sinais mais regulares e com pouco ruído possuem a amplitude e definição do pico cepstral dominante (120).

A filtragem cepstral propõe um envelopamento das frequências que sobrepõe um vogal nasal a uma vogal oral, tornando possível avaliar se existe um predomínio de uma condição de nasalidade ou oralidade na emissão. O cancelamento das frequências ressonantes do trato vocal que estão próximas ao trato nasal é o chamado zero espectral ou antiformante, que mostra que a existência de um formante foi cancelada pelo efeito de nasalidade. Os antiformantes resultam em perda de energia, e, por isso, são o oposto dos formantes, representados por vales espectrais, ou seja, ressonâncias negativas (121).

Diante disso, os métodos de aferição do trato vocal, representado como um filtro, levam em consideração os conceitos inerentes ao modelo fonte-filtro (122). Algoritmos de estimação do filtro são desenvolvidos para que representem o trato vocal de forma simples, não invasiva e em tempo real (123).

No artigo clássico intitulado *The Quefrequency Analysis of Time Series for Echos: Cepstrum, Pseudo-Autocovariance, Cross-Cepstrum, and Saphe Cracking*, de 1963, Bogert, Healy and Tukey cunharam o termo *cepstrum*, e mais um glossário completo com termos como *rahmônico* e *liftering*, cuja ideia era intercambiar consoantes de termos conhecidos e que foi justificado pelo fato de “*In general, we find ourselves operating on the frequency side in ways customary on the time side and vice-versa*”<sup>1</sup>. Neste artigo os autores sugerem que a densidade espectral de um sinal tem a forma de um “envelope” (o espectro do sinal original), que modula a função periódica da frequência (a contribuição do espectro para o som) (124).

Desta forma, em contraste com a análise tradicional no domínio do tempo, os estudos têm direcionado esforços para o uso de métodos acústicos com base espectral para analisar vozes normais e alteradas e recomendam fortemente o uso do *cepstrum* como um forte indicador de severidade da disфонia tanto no contexto de vogal sustentada, quanto da fala encadeada (125).

A razão para a atual importância dada na utilização do *cepstrum* para a análise da voz pode residir no fato limitante de que vários métodos acústicos, até então utilizados, consideram a voz como um sinal produzido por um oscilador único com uma única

---

<sup>1</sup> EM TRADUÇÃO LIVRE: *Em geral, nós trabalhamos na análise da frequência, mas no domínio do tempo e vice-versa.*

frequência fundamental em uma frequência específica (126). Logo, deve-se ter em mente que as práticas clínicas relacionadas aos distúrbios da voz precisam considerar a natureza integrativa das funções respiratória, fonatória e ressonadora, havendo a necessidade de uma avaliação multidimensional. Embora, tradicionalmente, na análise acústica da voz, os algoritmos mais comuns se direcionem às medidas no domínio do tempo, cujos parâmetros mais comumente definidos são  $F_0$ , *jitter*, *shimmer* e a PHR e proporção ruído-harmônico. Contudo, em quadros disfônicos a presença da aperiodicidade ou instabilidade do sinal acústico torna essa determinação problemática (127) e, por vezes, inconsistente.

A FFT é uma técnica de processamento digital de sinais para cálculo da transformada rápida de Fourier. É um método matemático que decompõe um sinal em suas componentes espectrais: frequência e amplitude, considerando suas relações de ortogonalidade. As representações do sinal vocal no domínio do tempo e no domínio de frequência são combinações de sinais, resultados de convolução (operação matemática em duas funções para produzir uma terceira função que expressa como a forma de uma é modificada pela outra). A FFT transforma o espectro, representação no domínio da frequência no domínio da quefrência ( $1/\text{frequência}$ ), o que gera uma melhor representação da organização harmônica do sinal (25). O *cepstrum* corresponde à transformada inversa de *Fourier* do logaritmo do espectro de potência do sinal, ou seja, consiste em aplicar ao som duas transformadas de *Fourier*, permitindo determinar a  $F_0$  a partir da identificação e emergência de seu componente harmônico (periódico), representado pelo pico cepstral, cuja amplitude informa objetivamente o grau de periodicidade do sinal de frequência mais baixa em relação aos demais componentes periódicos ou não periódicos presentes sobre o nível de ruído (125,127,128). Tornando-se, assim, uma excelente medida na predição do grau de severidade de uma alteração da voz, assim como diferenciando as vozes disfônicas das não disfônicas, já se tendo, inclusive definida sua elevada correlação com determinados ruídos glóticos, como a soprosidade (129). O nome *cepstrum* origina-se da inversão da ordem das quatro primeiras letras de *spectrum* (130).

Uma característica importante da análise dos parâmetros cepstrais é sua independência da técnica de registro e do volume da amostra de voz. E se sugere que o pico de proeminência cepstral consegue predizer a existência de disфонia com bastante sensibilidade, especificidade e valor preditivo, com elevada correlação à APA da voz (131), pois estima a dominância de harmônicos sem a delimitação dos ciclos, podendo ser utilizado para quantificar o grau de dominância espectral dos harmônicos da oscilação quase periódica das PPVV (132). E estas medidas tendem a ser mais confiáveis, uma vez que a voz normal apresenta uma estrutura harmônica mais bem definida, quando

comparada com vozes alteradas (133), nas quais além de uma estrutura harmônica pobre, pode-se encontrar mais de uma fonte sonora.

Por isso a ASHA<sup>2</sup> incluiu a medida acústica, *Cepstral Peak Prominence-Smoothed (CPPS)*, nas recomendações do Protocolo de Avaliação Instrumental da Voz, para a avaliação tanto do ruído quanto da qualidade da voz (134), haja vista que uma grande quantidade de informações pode ser obtida pelo *cepstrum*, como frequência e variabilidade, de forma similar à análise no domínio do tempo. Ao contrário da emissão de vogais sustentadas, no entanto, a análise cepstral de amostras de fala contínua pode fornecer uma avaliação representativa da voz de um paciente (135).

Considerando que não existem parâmetros normativos para a voz do surdo adulto usuário de IC, com impacto no processo terapêutico, que passa a depender da subjetividade dos envolvidos (terapeuta e paciente) e, que há ampla discussão acerca da presença de nasalidade na voz destes indivíduos, os resultados desse estudo podem auxiliar o trabalho dos fonoaudiólogos que atuam tanto na clínica quanto nas pesquisas voltadas para a habilitação e a reabilitação da fala e da voz de surdos adultos usuários de IC, ao reforçar os pressupostos de que a APA, associada à avaliação acústica com filtragem cepstral, pode auxiliar no direcionamento dos objetivos terapêuticos para cada indivíduo.

---

<sup>2</sup> The American Speech-Language-Hearing Association

## **2. Objetivo**

### **2.1. Objetivo Geral**

Explorar as características perceptivoauditivas e acústicas da voz de surdos usuários de IC.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Investigar na literatura dados normativos sobre as características perceptivoauditivas e acústicas da voz de surdo adultos com IC;
- Determinar valores referência dos parâmetros acústicos e perceptivoauditivos e identificar a presença de formantes nasais na voz de surdos adultos usuários de IC.



### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. FASE 1: Revisão sistemática das características perceptivoauditivas e acústicas da voz de indivíduos surdos usuários de implante coclear<sup>3</sup>

O número de registro no International Prospective Register of Systematic Reviews CRD42019125960

([https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display\\_record.php?ID=CRD42019125960](https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?ID=CRD42019125960)). A busca foi realizada em 21 de dezembro de 2018, e todos os estudos foram inicialmente identificados por busca eletrônica.

##### *Estratégia de pesquisa*

Para identificar os estudos foram seguidas as regras do *Cochrane Handbook*, que envolve: a formulação da pergunta; a localização, seleção e avaliação dos estudos.

A pergunta foi formulada a partir da adaptação da estratégia PICOS (em inglês *Population, Intervention, Comparison, Outcomes e Style*, em português, População, Intervenção, Comparação, Resultados e Tipo de Estudo), denominada PVO (em inglês *Population, Variables e Outcomes*, em português, População, Variáveis e Resultados), conforme o Quadro 2.

**Quadro 2** – Definição dos parâmetros da estratégia PVO para formulação da pergunta de pesquisa.

P ( <i>population</i> /população)	Indivíduos de ambos os gêneros com surdez e usuários de implante coclear
V ( <i>variables</i> /variáveis)	Características perceptivoauditivas e acústicas da voz
O ( <i>outcomes</i> /resultados)	Dados normativos

Desta forma, a pergunta definida para este estudo foi: “*Quais são os dados normativos das características perceptivoauditivas e acústicas da voz de indivíduos surdos adultos, de ambos os gêneros, usuários de implante coclear?*”

A revisão sistemática foi elaborada seguindo o *Checklist of Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis* (PRISMA) (<http://prisma->

<sup>3</sup> Referência do artigo publicado:

Medved DMS, Cavalheri LMDR, Coelho AC, Fernandes ACN, Silva EMD, Sampaio ALL. Systematic Review of Auditory Perceptual and Acoustic Characteristics of the Voice of Cochlear Implant Adult Users. *J Voice*. 2020 Apr 1; S0892-1997(20)30087-4. doi: 10.1016/j.jvoice.2020.02.023. Epub ahead of print. PMID: 32247544

[statement.org/PRISMAStatement/Checklist](http://statement.org/PRISMAStatement/Checklist)). A estratégia de busca para o levantamento de referências foi realizada nas línguas inglesa, espanhola e portuguesa. Foram selecionadas e adaptadas combinações de cruzamentos de palavras adequadas para as cinco bases de dados utilizadas: PubMed, SCOPUS, *Web of Science*, LILACS e SpeechBITE. Adicionalmente, foi realizada uma busca na literatura cinzenta utilizando as seguintes bases: Google Acadêmico, OpenGrey e ProQuest. Não houve restrição temporal, devido à característica exploratória da pesquisa inicial.

Especificamente para a pesquisa foram utilizados descritores e operadores booleanos, os quais resultaram na seguinte combinação: *voice OR phonation AND auditory perceptual analysis OR speech acoustics AND cochlear implant AND deafness AND cepstral analysis OR cepstrum*.

#### *Critérios de seleção*

Foram critérios de inclusão de referências: estudos observacionais relacionados a dados normativos da análise acústica da voz de usuários de IC e estar disponíveis na íntegra nas bases de dados pesquisadas, estudos com surdos adultos usuários de IC, com surdez pré e pós-lingual, de ambos os gêneros, com ausência de relato de comprometimentos de natureza neurológica ou intelectual.

Como critérios de exclusão, definiram-se: artigos em duplicata, estudos de caso, cartas ao editor, estudos de revisão bibliográfica e estudos que não incluíssem análise da voz.

#### *Processo de coleta de dados*

As referências foram gerenciadas e as duplicatas removidas usando o *software* do gerenciador de referências EndNote® X7 (Thomson Reuters, Philadelphia, PA). A leitura de títulos e resumos foi realizada através do *software* Rayyan (Qatar Computing Research Institute, Doha, Qatar). A seleção dos estudos finais ocorreu através de um processo de duas fases.

Na fase 1, dois revisores (D.M.S.M, L.M.R.C) avaliaram de forma independente os títulos e resumos de todas as citações encontradas nos bancos de dados. Foram descartados quaisquer estudos que não se enquadrassem nos critérios de inclusão.

Na fase 2, foi avaliado de forma independente o texto completo dos estudos selecionados após a fase 1. Nessa fase foram aplicados os mesmos critérios de seleção dos artigos para confirmar sua elegibilidade. Conflitos de seleção foram resolvidos em qualquer das fases por discussão dos pesquisadores e acordo. Um terceiro revisor (E.M.S.)

seria envolvido quando necessário, para a decisão final. Embora não tenha havido conflitos na seleção dos artigos.

O processo de coleta de dados foi realizado pelo primeiro revisor (D.M.S.M) sendo verificadas todas as informações para confirmar a integridade dos dados encontrados pelos segundo e terceiro revisores (L.M.R.C, E.M.S). De todos os estudos incluídos foram registrados autor, ano de publicação, país, revista de publicação, tamanho da amostra, gênero, média de idade do grupo de estudo, tempo de privação auditiva, qualidade vocal, materiais e protocolos de avaliação e escores dos protocolos utilizados nos estudos.

### *Risco de viés*

O risco de viés dos estudos incluídos foi avaliado de forma independente através da ferramenta *Meta Analysis of Statistics Assessment and Review Instrument (MAStARI) critical appraisal tools*, desenvolvido pelo Joanna Briggs Institute (136).

Este risco foi caracterizado como ALTO quando os estudos tiveram pontuação igual ou menor a 49% para respostas “Yes”; MODERADO, quando a pontuação ficou entre 50% a 69% de respostas “Yes”; e BAIXO, quando a pontuação foi igual ou maior a 70% de respostas “Yes”. Os terceiros (E.M.S) e quarto (A.C.C) revisores foram os responsáveis pela definição final do risco de viés dos estudos selecionados para a revisão.

## **3.2.FASE 2: Análise perceptivoauditiva e acústica da voz de indivíduos surdos usuários de implante coclear**

### *Amostras de voz*

Foi utilizado o banco de vozes de surdos usuário de IC que compôs o estudo *Desenvolvimento e validação de um protocolo de avaliação perceptivoauditiva da voz de deficientes auditivos usuários de implante coclear* (60), cujos participantes foram submetidos no estudo original aos seguintes critérios de exclusão:

- Uso profissional da voz;
- Período da menopausa para mulheres;
- Uso atual ou pregresso de cigarro;
- Consumo regular de bebidas alcoólicas e;
- Cirurgia laríngea pregressa.

As amostras foram divididas em Grupo Controle (GC), composto por 24 indivíduos ouvintes entre 18 e 46 anos e 11 meses, e Grupo Experimental (GE), composto por 24 indivíduos surdos usuários de IC entre 18 e 46 anos e 11 meses.

As gravações foram realizadas por meio do programa *Sony Sound Forge* (*Sony Pictures Digital Inc 10.0*) com taxa de amostragem de 44.100 Hz, 16 Bit, Canal Mono, pré-amplificador M-Audio *Fast Track Pro* e *notebook* com nível de ruído interno desprezível (abaixo de 0 dB).

As amostras de voz coletadas correspondiam à emissão da vogal /a/ com duração de 3 a 5 segundos, contagem de números de 1 a 10 e conversa espontânea com duração média de 30 segundos, registradas em sala acusticamente tratada, com microfone tipo *headset* (AKG C512), posicionado a 45° e com distância de 3 cm da boca do indivíduo.

### *Avaliação perceptivoauditiva*

Para a APA foi utilizado o PAV-DA (60), validado para o português (Anexo A), protocolo constituído por 18 itens, que contemplam a análise de parâmetros segmentais e suprasegmentais da produção da voz e um item destinado às observações dos juízes. Todos os parâmetros foram marcados em escalas visuais analógicas de 100 mm, nas quais o juiz deveria marcar o ponto que quantificava a sensação do parâmetro que estava sendo avaliado.

A pontuação foi medida em milímetros a partir do começo da linha até onde o juiz efetuou a marcação e transformada em “pontos” para a leitura. O início e o fim da linha representavam a ausência e o grau severo de alteração do parâmetro avaliado.

Segundo a autora (60), o PAV-DA define como pontos de corte para voz *normal*, 30,5 pontos, para desvio vocal *discreto*, 49,0 pontos, para desvio vocal *moderado*, 69,5 pontos, a partir do qual o desvio vocal é considerado *intenso*.

Três juízes, especialistas e com ampla experiência na análise de voz na clínica e para pesquisa, realizaram a APA das amostras de fala de ouvintes e surdos usuários de IC, de forma cega e randomizada.

Previamente à avaliação, foram realizadas sessões de treinamento e calibração com a equipe de avaliadores. Esses encontros tiveram duração média de duas horas cada e tiveram o objetivo de deixar os juízes familiarizados com o instrumento de avaliação e seu preenchimento, bem como realizar um processo de calibração para que tivessem o mesmo entendimento sobre os parâmetros avaliados em cada uma das tarefas fonatórias.

Após as sessões de treinamento e calibração, os avaliadores receberam cópias do protocolo de avaliação e o banco de dados com as amostras de voz. As vozes foram apresentadas de forma cega e randomizada, ou seja, os avaliadores não sabiam se a amostra de voz era de um deficiente auditivo ou de um ouvinte.

A APA foi realizada separadamente por emissão: todas as amostras da vogal

sustentada, da fala encadeada e da conversa espontânea. Os avaliadores receberam também informações do gênero e da idade dos participantes para a realização da avaliação.

Em seguida, receberam as seguintes instruções:

- Usar fones de ouvido e escutar todas as vozes na mesma intensidade para análise confiável do *loudness*;
- Avaliar um número máximo de 20 vozes ao dia;
- Avaliar os parâmetros na ordem de apresentação do instrumento; e
- Justificar nas observações, caso algum parâmetro não pudesse ser avaliado.

Após a entrega pelos avaliadores dos protocolos preenchidos, a pesquisadora realizou as medidas dos parâmetros com régua e a tabulação dos dados. Para o estabelecimento da confiabilidade intra-avaliador, 20% das amostras foram repetidas de forma aleatória.

### *Análise acústica*

A análise acústica incluiu a determinação dos parâmetros acústicos: F0 (em Hz), *jitter* ppq5 (em %), *shimmer* apq5 (em %), proporção harmônico-ruído (PHR, em dB), intensidade (em dB) e os formantes F1, F2, F3 e F4 (em Hz).

Para esta análise foi utilizada a emissão sustentada da vogal /a/, de cuja emissão foi excluído o primeiro segundo e selecionados os três segundos subsequentes, os quais foram etiquetados para facilitar a identificação, organização e a seleção manual do som. Os parâmetros acústicos foram extraídos por meio do *software* PRAAT, versão 6.0.37, no menu *voice report*.

### *Filtragem cepstral*

Para realização da filtragem cepstral, foram identificadas no mínimo quatro palavras na conversa espontânea de cada um dos participantes que tivessem a vogal /a/ nas posições tônica, pré-tônica e pré-tônica não imediata, em contexto oral e de ocorrência no início de palavras; consoante e vogal (CV); e consoante, vogal e consoante (CVC), precedidos ou sucedidos de consoantes vozeadas e não-vozeadas orais. Em seguida, foram excluídas as vogais que atendiam a esta condição, mas que se constituíam em ditongos, hiatos, palavras monossílabas, estavam antes ou após fonemas nasais e/ou no final de frases.

Utilizando-se fones de ouvido, os sinais sonoros das palavras selecionadas eram lidos e visualizados (menu *Read from file*) no *software* PRAAT, versão 6.0.37, no menu *View & Edit*, com janelamento de banda larga (*View range* = 0 a 5000Hz, *Window length* =

0,005s e *Dinamic range* = 40dB), os sons das vogais eram segmentados, etiquetados, extraídos e salvos. Esses sons foram agrupados em um *script* confeccionado, especificamente para a estudo, e para a análise da filtragem cepstral, que tornou a mais automática possível a extração dos dados, reduzindo-se a possibilidade de erro humano.

Os dados dos GC e GE foram separados e foi realizado um janelamento destes dados a cada 100 Hz e extraído o espectro médio desses espectros (entre 30 e 46 espectros). O filtro cepstral escolhido foi de 1.000Hz, após comparação entre os filtros cepstrais de 500Hz, 1.000Hz, 1.500Hz e 2.000Hz, por preservar os movimentos mais importantes das curvas espectrais, sem perda de informações.

### *Análise dos dados*

Na APA, o teste ANOVA foi utilizado para comparação das emissões do GC e GE. Foi utilizado o software PRISMA versão 5.0, para análise descritiva univariada por meio de valores de referência e intervalos de variação para comparar a média dos grupos: frequência relativa, média, mediana, quartis, variância (populacional e amostral), desvio padrão (populacional e amostral), coeficiente de variação, *boxplot* e tipos de variáveis (qualitativas e quantitativas).

Para a análise acústica, foi realizada uma avaliação comparativa de semelhança dos parâmetros acústicos por tipificação (identificados nos prontuários dos centros de reabilitação fonoaudiológica) de perda auditiva pré-lingual (PRL) e pós-lingual (POL) dos indivíduos surdos adultos usuários de IC por meio do teste de *Mann-Whitney*. Esta análise não mostrou diferença, sugerindo que ambas as condições poderiam ser unidas em apenas um grupo, denominado GE, para a análise realizada (Anexo B).

Os indivíduos dos GC e GE foram separados por gênero e os parâmetros foram avaliados quanto à normalidade de distribuição, por meio do teste *Kolmogorov-Smirnov*, para utilização dos testes comparativos *t* de *Student* para dados não pareados (dados paramétricos) e *Mann-Whitney* (dados não-paramétricos), com nível de significância de 95%.

Para a avaliação da presença sistemática de nasalidade na condição experimental foi estabelecida a frequência de picos e a presença de formantes nasais, e comparada esta informação entre os GC e GE por meio do teste Qui-Quadrado ( $X^2$ ), respeitando-se as condições masculino *versus* feminino; tônico *versus* átono e surdo *versus* ouvinte.

Os desvios padrões e a curtose dos GC e GE foram comparados com o teste *t* de *Student* para dados não pareados, para avaliar o aumento da variação (nasalidade).

Para o cálculo da inclinação espectral, os GC e o GE, foram avaliados dois intervalos

de frequência em duas faixas espectrais: banda 1 (0-2.000Hz e 2.000Hz-4.000Hz) e banda 2 (4.000Hz-5.000Hz e 5.000Hz-6.500Hz). Os intervalos de frequência das bandas em GC e GE foram comparados com o teste *t* de *Student* para dados não pareados.

O nível de significância aplicado em todas as análises foi de 95%.

#### *Considerações éticas*

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (FM/UnB) pelo parecer nº 1.940.025 (Anexo B) via Plataforma Brasil (CAAE: 64735817.5.0000.5558) (Anexo C).

## 4. Resultados

### 4.1. FASE 1: Revisão sistemática das características perceptivoauditivas e acústicas da voz de indivíduos surdos usuários de implante coclear<sup>4</sup>

#### *Etapa de seleção dos estudos*

A busca foi realizada no dia 21 de dezembro de 2018, e todos os estudos foram inicialmente identificados por busca eletrônica. Foram identificados 1.052 artigos nas cinco bases de bancos pesquisadas. As duplicatas foram removidas, restando 1.018 referências. Na literatura cinzenta, foram identificados 49 estudos no Proquest, 6 no Google Acadêmico e nenhum no OpenGrey. Após a leitura do título e resumo, 28 estudos demonstraram potencial para serem incluídos na fase 2. Posteriormente, foram excluídos 18 estudos por diferentes motivos, sendo incluídos, ao final, 10 artigos na síntese qualitativa (Figura 3).

#### *Características dos estudos*

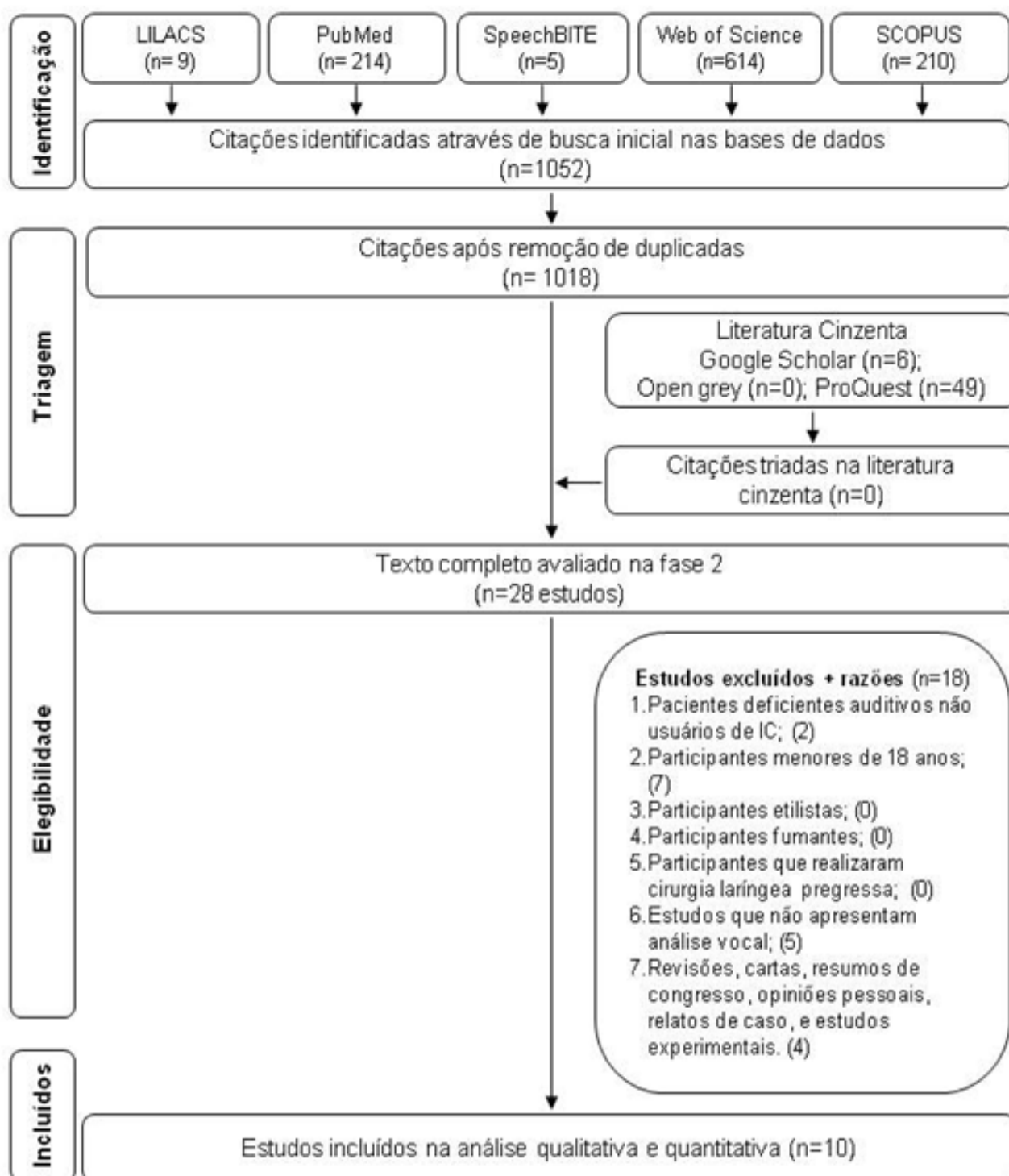
Dentre os estudos selecionados, a média de idade dos participantes variou de 28 a 64 anos, o tamanho das amostras variou de 3 a 40 participantes e a média do tempo de privação auditiva variou de 10,1 a 51,1 anos. Houve grande heterogeneidade em relação ao número de participantes, aos programas utilizados e dos parâmetros selecionados para a avaliação (Tabela 1).

---

<sup>4</sup> Referência do artigo publicado:

Medved DMS, Cavalheri LMDR, Coelho AC, Fernandes ACN, Silva EMD, Sampaio ALL. Systematic Review of Auditory Perceptual and Acoustic Characteristics of the Voice of Cochlear Implant Adult Users. J Voice. 2020 Apr 1: S0892-1997(20)30087-4. doi: 10.1016/j.jvoice.2020.02.023. Epub ahead of print. PMID: 32247544





**Figura 3.** Fluxograma de identificação de estudos e quantidade de obras identificadas em cada fase.

**Tabela 1.** Características dos estudos incluídos (n=10).

Autor Ano País Revista	Objetivo	Tamanho da amostra	Idade (anos)	Duração da PA (anos)	Enunciado utilizado na avaliação	Parâmetros avaliados	Resultados
Leder et al. 1987 (137) USA Archives of Oto-Rhino-Laryngology	Investigar possíveis alterações da voz após estimulação elétrica auditiva com IC	9 homens	Não informado	Não informado	<i>The rainbow passage</i>	F0, intensidade e duração de fala.	Redução significativa da F0 (157,0 Hz para 145,8 Hz), sem alterações significativas na intensidade (55,9 dB para 55,0 dB) ou na duração de fala (41,5 s para 39,6 s) após o primeiro dia de uso do IC
Leder et al. 1990 (138) USA The Laryngoscope	Investigar alterações longitudinais nos parâmetros acústicos da voz após estimulação elétrica auditiva com IC de um canal	20 homens (10 no GE e 10 no GC)	GE, 56,5; GC, 50,6	17,3	<i>The rainbow passage</i>	F0, intensidade e duração de fala.	Redução significativa da F0 após o primeiro dia (152,6 Hz para 140,2 Hz) de uso do IC. Para a F0, intensidade e duração de fala não foram observadas alterações significativas em relação aos valores pré-IC (152,6 Hz, 55,2 dB e 43,1 s) aos 6 meses (133,9 Hz, 50,4 dB e 37,8 s) e após 1 ano (144,7 Hz, 51,1 dB e 37,2 s)
Perkel et al. 1992 (139) USA Acoustical Society of America	Contribuir para a avaliação de próteses cocleares e esclarecer o papel do feedback auditivo no controle da produção de fala no adulto	2 homens e 2 mulheres	Grupo, 45,5 Homens, 40,5 Mulheres, 50,5	Grupo, 22,2 Homens, 17,5 Mulheres, 27,0	3 leituras sequenciais da frase carreadora " <i>It's a /hVd/ again</i> ", com 9 vogais em sequência	F0, F1, F2, nível de pressão de fala, duração e amplitude da diferença entre os H1 e H2	Diferenças nos valores médios dos formantes (F1: mulheres 734,0 Hz para 692,5 Hz / homens 468,5 Hz para 429,0 Hz e F2: mulheres 1846,0 Hz para 1815,0 Hz / homens 1.198,5 Hz para 1.176,5 Hz), nível de pressão de fala (mulheres 85,5 dB para 74,5 dB / homens 89,8 dB para 82,9 dB), F0 (mulheres 250,0 Hz para 201,0 Hz / homens 159,0 Hz para 150,5 Hz) e H1-H2 (mulheres 214,5 ms para 170,0 ms / homens 210,5 ms para 175,0 ms). Tendência a padrões normativos entre as mulheres que perderam a

Autor Ano País Revista	Objetivo	Tamanho da amostra	Idade (anos)	Duração da PA (anos)	Enunciado utilizado na avaliação	Parâmetros avaliados	Resultados
Schenk et al. 2003 (140) Austria ORL	Investigar características da produção vocálica, que contribuem para a melhora da fala após o IC	5 homens e 5 mulheres	Não informado	Grupo, 10,1 Homens, 8,2 Mulheres, 12,1	Leitura do texto alemão <i>Der Nordwind und die Sonne</i> e de uma sentença enriquecida com vocais ( <i>Olga wollte unter allen Umständen Ärztin werden</i> )	Duração, F0, F1, F2, F3, e espaço das vogais /a/, /e/ e /o/	audição quando adultas, mas não entre os homens que perderam a audição na infância Decréscimo da F0 após 3 (mulheres 201 Hz para 174 Hz / homens 140 Hz para 125 Hz) e 12 meses (mulheres 201 Hz para 171 Hz / homens 148 Hz para 133 Hz) após o IC; F1 dos homens reduziu significativamente nas vogais /e/ aos 12 meses (411 Hz para 349 Hz) e /o/ aos 3 meses (446 Hz para 408 Hz) e tanto os valores de F2 quanto de F3 foram mais elevados ou reduzidos quando comparados com os valores antes do IC; o espaço da vogal ficou maior ou permaneceu quase o mesmo, com mudança significativa na vogal /o/ (372 Hz para 467 Hz) entre os homens, sem diferença entre as mulheres
Evans et al. 2007 (141) USA Journal of Voice	Usar a análise acústica para rastrear mudanças na qualidade da voz e produção da fala em adultos surdos pré-linguais para fornecer evidência sobre a utilidade das medidas acústicas como ferramenta de avaliação e desenvolvimento do plano de tratamento	6 homens (3 no GC e 3 no GE)	46,6	Não informado	Vogal sustentada, leitura de <i>Rainbow Passage</i> e registro de conversa espontânea	F0 média, amplitude, variabilidade e faixa de variação de F0, velocidade de fala, amplitude e duração da variação de F2 e F1 e F2 das vogais /i/, /æ/, /u/ e /a/, jitter (RAP), shimmer (Shim), PHR,	Decréscimo na F0 relacionado ao contexto entre usuários e língua de sinais e leitores orofaciais; alterações no % de nasalidade. A análise acústica é uma ferramenta útil para identificar e avaliar as características vocais e de fala que contribuem para a redução da inteligibilidade ou para uma qualidade vocal alterada em surdos pré-linguais usuários de IC

Autor Ano País Revista	Objetivo	Tamanho da amostra	Idade (anos)	Duração da PA (anos)	Enunciado utilizado na avaliação	Parâmetros avaliados	Resultados
Ubrig et al. 2011 (142) Brazil Journal of Voice	Verificar se os parâmetros vocais (perceptuais e acústicos) de adultos surdos pós-linguais apresentaram alguma alteração após 6-9 meses de uso do IC, sem reabilitação vocal específica	52 indivíduos (40 no GE – 20 homens e 20 mulheres – e 12 no GC – 6 homens e 6 mulheres)	GE, 43,8 (44,5 homens e 43,1 mulheres) GC, 40,6 (35,16 homens e 46,0 mulheres)	GE, 12,9 (12,4 homens e 13,5 mulheres) GC, 15,4 (15,8 homens e 15,0 mulheres)	Vogal sustentada /a/; leitura das 6 sentenças do CAPE-V; leitura de um texto em português	ITV, IFS, coeficiente de variação de amplitude, vF0, % de nasalidade, <i>pitch</i> , variabilidade de <i>pitch</i> , variabilidade de intensidade, velocidade de fala e entonação CAPE-V: grau geral de alteração, rugosidade, soprosidade, tensão, <i>pitch</i> , <i>loudness</i> Parâmetros acústicos: F0 média e vF0	Modificações no grau geral (mulheres 31,5 mm para 30,5 mm / homens 37,5 mm para 32,6 mm), tensão (mulheres 15,6 mm para 14,8 mm / homens 19,1 mm para 17,6 mm), <i>loudness</i> (mulheres 10,6 mm para 8,6 mm / homens 9,0 mm para 8,0 mm), instabilidade (mulheres 26,0 mm para 18,8 mm / homens 24,5 mm para 22,3 mm) e decréscimo na F0 (leitura de texto: mulheres 183,1 Hz para 176,4 Hz / homens 139,1 Hz para 130,9 Hz; vogal sustentada: mulheres 206,1 Hz para 199,9 Hz / homens 154,2 Hz para 148,1 Hz) e sua variabilidade (mulheres 45,2 para 19,5 / homens 29,0 para 17,7).
Loucks et al. 2015 (143) USA	Testar se respostas audiovocais rápidas podem ser eliciadas em adultos usuários de IC, quando	12 indivíduos (6 GE – 3 homens e 3	GE, 59,2 GC, não informado	Duração da PA, 40,5	Vogal /a/	Respostas a elevações de <i>pitch</i>	Observou-se uma elevação na média da resposta de mudança tonal de um participante que se assemelha às formas de onda da

Autor Ano País Revista	Objetivo	Tamanho da amostra	Idade (anos)	Duração da PA (anos)	Enunciado utilizado na avaliação	Parâmetros avaliados	Resultados
Acoustical Society of America	ocorrem modificações de <i>pitch</i>	mulheres e 6 no GC)		Duração da PA profunda, 30,7			mudança tonal. A magnitude e o tempo das respostas compensatórias mostram padrões semelhantes em participantes com IC e com audição normal, embora a amplitude das respostas dos participantes com IC seja maior
Yüksel et al. 2017 (144) Turkey Journal of Voice	Avaliar adultos surdos pós-linguais usuários de IC pelo método LTASS e comparar os valores observados com os obtidos em ouvintes sem problemas de fala ou linguagem	24 normouvintes (12 homens e 12 mulheres) e 24 usuários de IC (12 homens e 12 mulheres)	Normouvintes, 36,5  Usuários de IC, 37,6	13,1	400 palavras do texto do romance <i>Divet</i> de Omer Seyfettin	LTASS, F0 da fala, DP, $\alpha$ -valor	Os parâmetros vocais antes do IC mostram melhoria em suas características com maior segurança após o IC. F0 de fala se modificou de 178,4 para 186,7 Hz. O IC tem alguns efeitos positivos bem conhecidos no ciclo de <i>feedback</i> auditivo. O sistema de <i>loop</i> ajuda a manter as características normais da voz. O usuário de IC apresentou características de voz normais nas propriedades do LTASS. O IC tem efeitos positivos sobre o LTASS vocal.
Abbs et al. 2018 (145) USA Journal of Voice	Explorar a relação entre o controle vocal em uma tarefa de produção de vogal sustentada e o controle vocal durante uma tarefa vocal dinâmica e ecologicamente válida	10 indivíduos (7 homens e 3 mulheres)	64,2	22,0	Sustentação da vogal /a/ por cerca de 5 segundos; cantar "Parabéns a você" na íntegra usando o mesmo nome (Delilah) na canção	F0, vF0, <i>jitter</i> e <i>shimmer</i>	Houve uma correlação significativa entre a vF0 na produção sustentada da vogal e no canto ( $r = 0,84$ , intervalo de confiança de 95% para $r = 0,14-0,99$ ). A variabilidade foi maior com o canto, o que sugere que o controle vocal em tarefas de produção de vogais sustentadas altamente artificiais está relacionado ao controle vocal em tarefas mais ecologicamente válidas.

Autor Ano País Revista	Objetivo	Tamanho da amostra	Idade (anos)	Duração da PA (anos)	Enunciado utilizado na avaliação	Parâmetros avaliados	Resultados
Ubrig et al. 2018 (146) Brazil Journal of Voice	Verificar se ocorrem alterações nos parâmetros vocais perceptuais e acústicos em adultos com perda auditiva pré-lingual seguindo um protocolo específico de reabilitação vocal.	20 indivíduos (10 no GE, 5 homens e 5 mulheres; 10 no GC, 5 homens e 5 mulheres)	GE, 29,4 e GC, 28,3	GE, 23,4 e GC, 23,3	Vogal sustentada /a/; leitura das 6 sentenças do CAPE-V; leitura de um texto em português	CAPE-V: grau geral de alteração, rugosidade, sopro, tensão, <i>pitch</i> , <i>loudness</i>  Parâmetros acústicos: F0 média e vF0	Diminuição significativa do grau geral da voz (57 mm para 48 mm), instabilidade (38 mm para 27 mm) e das alterações de ressonância (58,5 mm para 50,5 mm) após a reabilitação, mas sem significância nos parâmetros acústicos (F0 /a/ mulheres 286,0 Hz para 235,0 Hz / homens 125,3 Hz para 134,3 Hz; vF0 mulheres 46,7 Hz para 23,3 Hz / homens 18,0 Hz para 14,0 Hz). O GC não apresentou alterações em nenhum dos parâmetros analisados

LEGENDA: PA, perda auditiva; IC, implante coclear; F0, frequência fundamental; GE, grupo experimental; GC, grupo controle; F1, primeiro formante; F2, segundo formante; H1, primeiro harmônico; H2, segundo harmônico; PHR, proporção harmônico-ruído; ITV, índice de turbulência da voz; IFS, índice de fonação suave; vF0, coeficiente de variação de F0; CAPE-V, Consenso de Avaliação Perceptivoauditiva da Voz; LTASS, *long-term average speech spectra*; DP, desvio padrão.

Apesar da variação no número de participantes, em geral, o número de participantes masculinos e femininos foi equilibrado entre os estudos. O texto padronizado, “*The Rainbow Passage*”, foi usada em três estudos (137,138,141), dois dos quais eram do mesmo grupo de pesquisa. As frases do Consenso de Avaliação Perceptivoauditiva da Voz (CAPE-V) (147), que representam um grande avanço em termos de padronização da avaliação vocal na população disfônica em geral, foram utilizadas em duas publicações (142,146) que também foram do mesmo grupo de pesquisadores. Os demais estudos utilizaram tarefas fonatórias variadas de acordo com seus objetivos.

Diferentes programas de análise acústica foram utilizados: 4 estudos (142,144–146) utilizaram o *software* PRAAT e 3 (137,138,141) utilizaram os softwares Kay Pentax, ambos reconhecidos internacionalmente como ferramentas de análise de sinais vocais acústicos.

De acordo com a classificação proposta pela ferramenta MASTARI, um estudo (143) apresentou alto risco de viés e cinco estudos (137,139–141,145) risco moderado de viés. O estudo classificado com alto risco de viés apresentou várias lacunas na descrição metodológica. Quatro estudos (138,142,144,146) foram identificados com baixo risco de viés, embora nenhum atendessem a todos os critérios de qualidade metodológica (Tabela 2 e Tabela 3).

**Tabela 2.** Avaliação do risco de viés pela ferramenta MASTARI.

Autor	Risco de viés
Leder et al. (1987) (137)	MODERADO
Leder et al. (1990) (138)	BAIXO
Perkel et al. (1992) (139)	MODERADO
Schenk et al. (2003) (140)	MODERADO
Evans et al. (2007) (141)	MODERADO
Ubrig et al. (2011) (142)	BAIXO
Loucks et al. (2015) (143)	ALTO
Yüksel et al. (2017) (144)	BAIXO
Abbs et al. (2018) (145)	MODERADO
Ubrig et al. (2018) (146)	BAIXO

MAStARI, Meta-Analysis of Statistics Assessment and Review Instrument.

O único parâmetro presente em todos os estudos e que apresentou melhora ou alteração significativa foi a F0. Para os demais parâmetros não havia dados robustos suficientes para afirmar a eficácia do uso do IC (ver Tabela 1):

- F0: Medidas de frequência foram obtidas em todos os estudos selecionados para esta revisão e todos os estudos relataram mudanças nos valores de F0 e/ou sua variabilidade em homens e/ou mulheres com audição normal em relação aos com o uso de IC (137–146);
- Vogais: houve variação na pesquisa de formantes entre os estudos: determinação dos valores de F1 e F2 (139); F1, F2, F3; e F2-F1 (140); F1, F2 e a magnitude e variação de F2 (141). Esses três estudos, entretanto, mostraram melhora nos parâmetros relacionados à produção vocálica, sugerindo que o IC tem impacto positivo na produção vocálica;
- Medidas de ruído (*jitter*, *shimmer*, relação de ruído harmônico, turbulência vocal, índice de fonação suave): Não foram observadas diferenças significativas com o uso do IC (141,145).
- Medidas de amplitude: O uso do IC não teve impacto significativo nas medidas de amplitude do sinal vocal (137,138);
- Medidas de duração: O uso do IC não teve impacto significativo nas medidas de duração do sinal vocal (137,138);
- Propriedade espectral: decréscimo da frequência fundamental com tendência a dados normativos com o uso do IC (144).



**Tabela 3.** Risco de viés para os estudos avaliados usando a ferramenta MASTARI.

Parâmetros	Leder et al. (1987) (137)	Leder et al. (1990) (138)	Perkel et al. (1992) (139)	Schenk et al. (2003) (140)	Evans et al. (2007) (141)	Ubrig et al. (2011) (142)	Loucks et al. (2015) (143)	Yüksel et al. (2017) (144)	Abbs et al. (2018) (145)	Ubrig et al. (2018) (146)	
O estudo foi baseado numa amostra randomizada ou pseudo-randomizada?	NA	NA	NA	NA	NA	S	NA	NA	NA	S	
Os critérios de inclusão da amostra estão claramente definidos?	N	S	N	N	N	S	N	N	S	S	
Os fatores de confundimento foram identificados e as estratégias para lidar com eles expostas?	N	N	N	N	N	S	N	S	S	S	
Os resultados foram coletados/avaliados utilizando critérios objetivos?	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S	
Se uma comparação foi realizada, os grupos foram suficientemente descritos?	S	S	NE	S	S	S	NE	S	S	S	
Ocorreu acompanhamento (follow-up) da amostra por tempo suficiente?	N	S	S	S	S	S	N	NE	NE	S	
Os resultados de participantes que foram excluídos ou que saíram da pesquisa descritos e incluídos na análise?	NE	S	NE	NE	NE	N	N	NE	N	N	
Os resultados foram medidos de forma confiável?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
No estudo foi utilizada uma análise estatística apropriada?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
	<b>% SIM</b>	<b>50%</b>	<b>87%</b>	<b>50%</b>	<b>62%</b>	<b>62%</b>	<b>88%</b>	<b>25%</b>	<b>62%</b>	<b>75%</b>	<b>88%</b>

LEGENDA: S = sim, N = não, NE = não especificado, NA = não se aplica.

## 4.2 FASE 2: Análise perceptivoauditiva e acústica da voz de indivíduos surdos usuários de implante coclear

No gênero masculino, houve diferença entre os GC e GE na análise da emissão em vogal sustentada para os parâmetros, tensão (GC, 35,70, e GE, 44,31,  $p = 0,038$ ), *pitch* (GC, -8,20, e GE, 11,08,  $p = 0,024$ ) e *loudness* (GC, -3,50, e GE, 9,69,  $p = 0,038$ ). Enquanto os GC e GE feminino não houve diferença em qualquer dos parâmetros.

Na emissão em fala encadeada, quando comparados GC e GE, no gênero masculino houve diferença nos parâmetros ressonâncias excessivamente faríngea (GC, 15,00, e GE, 39,92,  $p = 0,002$ ), hipernasal (GC, 1,50, e GE, 31,08,  $p = 0,000$ ) e posterior (GC, 10,60, e GE, 36,85,  $p = 0,004$ ), tensão (GC, 21,50, e GE, 35,75,  $p = 0,006$ ) e grau geral (GC, 22,20, e GE, 50,08,  $p < 0,000$ ), e, no feminino a diferença se estabeleceu nos parâmetros ressonâncias excessivamente laríngea (GC, 18,64, e GE, 36,64,  $p = 0,001$ ), faríngea (GC, 12,21, e GE, 24,18,  $p = 0,044$ ), hiponasal (GC, 1,07, e GE, 27,82,  $p = 0,000$ ), hipernasal (GC, 7,28, e GE, 31,00,  $p = 0,039$ ) e anterior (GC, 8,78, e GE, 6,00,  $p = 0,049$ ), tensão (GC, 18,21, e GE, 39,55,  $p = 0,000$ ), instabilidade (GC, 9,50, e GE, 29,45,  $p = 0,002$ ) e grau geral (GC, 21,43, e GE, 43,91,  $p = 0,001$ ). Os parâmetros ressonância excessivamente anterior e *loudness* no gênero masculino e ressonância excessivamente posterior no feminino não puderam ser comparados não terem sido identificados (escore zero) no GC.

Na conversa espontânea, no gênero masculino houve diferença entre os parâmetros CPFA (GC, 9,50, e GE, 27,92,  $p = 0,017$ ), ressonâncias excessivamente laríngea (GC, 23,30, e GE, 35,77,  $p = 0,007$ ), hiponasal (GC, 1,30, e GE, 18,69,  $p = 0,047$ ), hipernasal (GC, 8,70, e GE, 46,15,  $p < 0,000$ ) e posterior (GC, 8,20, e GE, 32,38,  $p = 0,003$ ), tensão (GC, 21,40, e GE, 37,28,  $p = 0,021$ ), soproidade (GC, 4,00, e GE, 15,00,  $p = 0,042$ ), instabilidade (GC, 20,40, e GE, 42,77,  $p = 0,001$ ) e grau geral (GC, 22,10, e GE, 49,46,  $p < 0,000$ ). No gênero feminino houve diferença entre os parâmetros CPFA (GC, 11,14, e GE, 38,09,  $p = 0,000$ ), ressonâncias excessivamente laríngea (GC, 21,43, e GE, 36,64,  $p < 0,000$ ), faríngea (GC, 16,43, e GE, 27,64,  $p = 0,048$ ), hipernasal (GC, 18,14, e GE, 36,27,  $p = 0,011$ ) e posterior (GC, 2,42, e GE, 39,36,  $p = 0,000$ ), tensão (GC, 20,71, e GE, 43,64,  $p < 0,001$ ), rugosidade (GC, 14,29, e GE, 30,09,  $p = 0,011$ ), instabilidade (GC, 17,86, e GE, 46,00,  $p < 0,000$ ) e grau geral (GC, 18,50, e GE, 55,36,  $p = 0,020$ ). Os parâmetros instabilidade e articulação em ambos dos gêneros, ressonância excessivamente anterior no gênero masculino, e ressonância excessivamente hiponasal no feminino não puderam ser comparados não terem sido identificados (escore zero) no GC. As Tabelas 4 e 5 apresentam estes dados para homens e mulheres, respectivamente.

**Tabela 4.** Comparação intergrupos (GC versus GE) masculinos dos aspectos suprasegmentais da qualidade vocal, da CPFA, ressonância, fonação e percepção vocal geral da qualidade vocal na vogal sustentada, fala encadeada e conversa espontânea.

Aspectos	Gênero masculino								
	Vogal sustentada			Fala encadeada			Conversa espontânea		
	GC	GE	p	GC	GE	p	GC	GE	p
<u>Aspectos suprasegmentais da qualidade vocal</u>									
Inteligibilidade							0,00	16,08	NA
Articulação							0,00	32,38	NA
Entonação							-1,50	12,08	0,244
<u>Coordenação pneumofonoarticulatória</u>									
CPFA							9,50	27,92	0,017*
<u>Ressonância</u>									
Excessivamente laríngea	36,30	39,31	0,452	29,20	32,46	0,586	23,30	35,77	0,007*
Excessivamente faríngea	20,60	27,54	0,125	15,00	39,92	0,002*	9,10	20,85	0,073
Excessivamente hiponasal				5,00	23,92	0,059	1,30	18,69	0,047*
Excessivamente hipernasal			0,191	1,50	31,08	0,000*	8,70	46,15	< 0,000*
Excessivamente anterior	2,70	0,00	NA	0,00	4,30	NA	0,00	0,00	NA
Excessivamente posterior	13,40	23,46	0,156	10,60	36,85	0,004*	8,20	32,38	0,003*
<u>Fonação</u>									
Tensão	35,70	44,31	0,038*	21,50	35,75	0,006*	21,40	37,28	0,021*

Aspectos	Gênero masculino								
	Vogal sustentada			Fala encadeada			Conversa espontânea		
	GC	GE	p	GC	GE	p	GC	GE	p
Soprosidade	24,90	22,46	0,632	1,00	5,38	0,072	4,00	15,00	0,042*
Rugosidade	35,40	40,62	0,239	18,50	20,54	0,619	26,30	36,31	0,081
Instabilidade	38,30	47,15	0,094	14,10	20,85	0,344	20,40	42,77	0,001*
<i>Pitch</i>	-8,20	11,08	0,024*	-10,70	-0,84	0,254	-8,70	4,69	0,099
<i>Loudness</i>	-3,50	9,69	0,038*	0,00	-3,23	NA	0,00	9,07	NA
<u>Percepção vocal geral</u>									
Grau geral	37,90	44,46	0,135	22,20	50,08	<0,000*	22,10	49,46	< 0,000*

**Legenda:** GC, grupo controle; GE, grupo experimental; CPFPA, coordenação pneumofonoarticulatória; p-valor; NA, não se aplica.

**Tabela 5.** Comparação intergrupos (GC versus GE) femininos dos aspectos suprasegmentais da qualidade vocal, da CPFA, de ressonância, de fonação e de percepção vocal geral da qualidade vocal na vogal sustentada, fala encadeada e conversa espontânea.

Aspectos	Gênero feminino								
	Vogal sustentada			Fala encadeada			Conversa espontânea		
	GC	GE	p	GC	GE	p	GC	GE	p
<u>Aspectos suprasegmentais da qualidade vocal</u>									
Inteligibilidade							0,00	13,55	NA
Articulação							0,00	33,18	NA
Entonação							0,00	6,36	NA
<u>Coordenação pneumofonoarticulatória</u>									
CPFA							11,14	38,09	0,000*
<u>Ressonância</u>									
Excessivamente laríngea	30,14	28,45	0,456	18,64	36,64	0,001*	21,43	36,64	<0,000*
Excessivamente faríngea	15,43	24,09	0,143	12,21	24,18	0,044*	16,43	27,64	0,048*
Excessivamente hiponasal				1,07	27,82	0,000*	0,00	31,91	NA
Excessivamente hipernasal			0,086	7,28	31,00	0,039*	18,14	36,27	0,011*
Excessivamente anterior	9,21	13,36	0,646	8,78	6,00	0,049*	6,35	19,09	0,115
Excessivamente posterior	3,07	8,63	0,299	0,00	21,73	NA	2,42	39,36	0,000*
<u>Fonação</u>									
Tensão	30,21	35,55	0,175	18,21	39,55	0,000*	20,71	43,64	<0,001*

Aspectos	Gênero feminino								
	Vogal sustentada			Fala encadeada			Conversa espontânea		
	GC	GE	p	GC	GE	p	GC	GE	p
Soprosidade	31,86	26,36	0,310	5,78	11,91	0,115	15,71	20,18	0,177
Rugosidade	29,36	30,18	0,851	14,21	24,00	0,100	14,29	30,09	0,011*
Instabilidade	34,07	40,91	0,194	9,50	29,45	0,002*	17,86	46,00	<0,000*
<i>Pitch</i>	7,35	14,64	0,269	6,42	6,09	0,774	9,21	12,50	0,822
<i>Loudness</i>	-14,43	-0,45	0,129	-3,85	4,45	0,062	-3,00	10,55	0,020*
<u>Percepção vocal geral</u>									
Grau geral	35,74	43,73	0,065	21,43	43,91	0,001*	18,50	55,36	<0,000*

**Legenda:** GC, grupo controle; GE, grupo experimental; CPFA, coordenação pneumofonoarticulatória; p-valor; NA, não se aplica.

Na vogal sustentada não houve diferença entre os GC e o GE, como já apresentado e se pode observar nos Gráficos 1A e 1D que não houve *outliers* em quaisquer dos grupos, o escores do GC de ambos os gêneros apresentaram diferenças máximo-mínimo menores que as do GE. No gênero masculino, o GE apresentou um intervalo interquartilico menor que o GC e uma assimetria negativa, enquanto no feminino, o intervalo interquartilico foi menor no GC, com assimetria positiva.

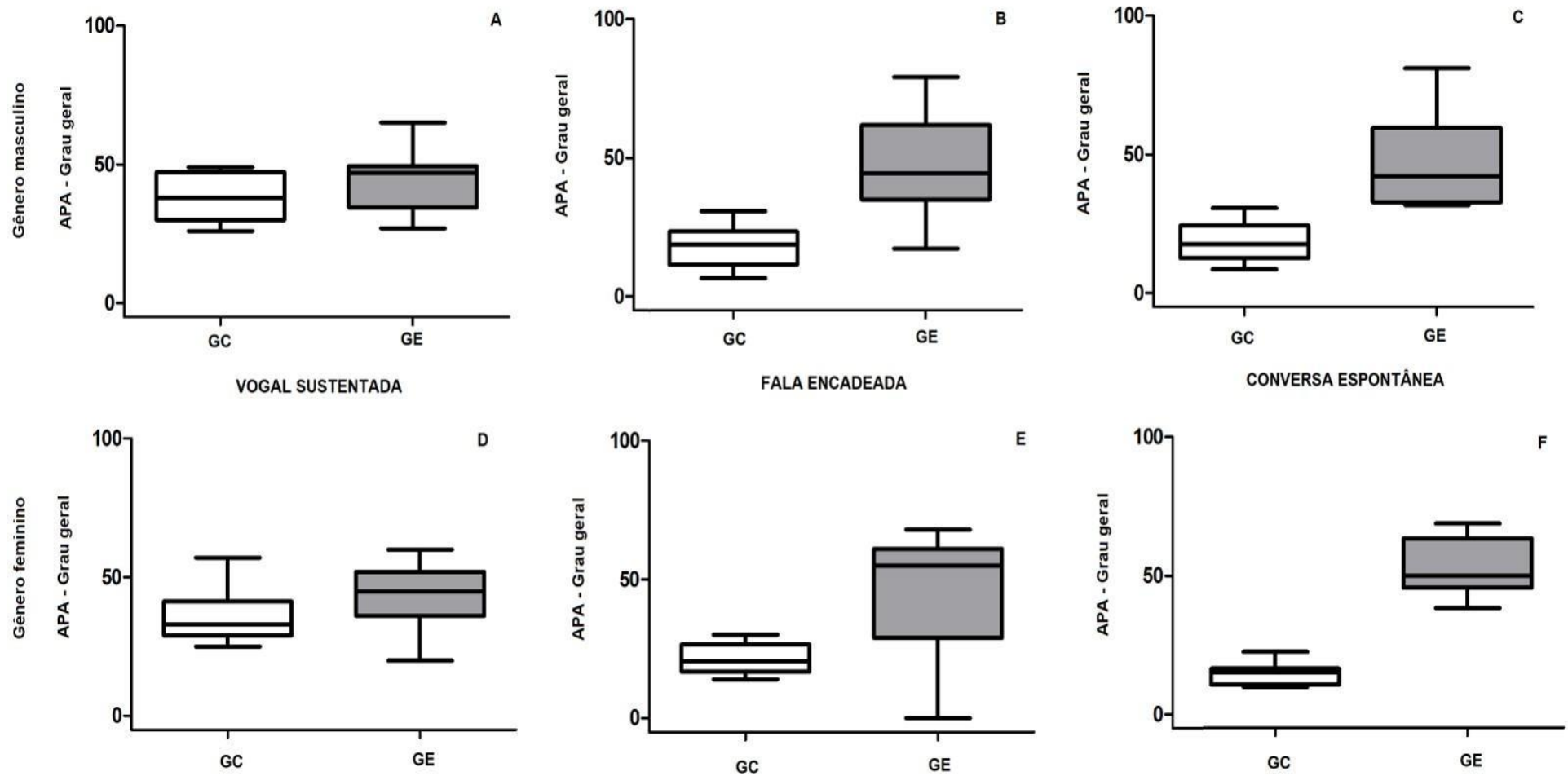
Na fala encadeada houve diferença entre os GC e o GE, como já apresentado e se pode observar nos Gráficos 1B e 1E que não houve *outliers* em quaisquer dos grupos, o escores do GC de ambos os gêneros apresentaram diferenças máximo-mínimo menores que as do GE. Tanto no gênero masculino quanto no feminino os intervalos interquartilicos dos GC foram menores que os do GE, apresentando assimetria positiva no gênero masculino e negativa no feminino.

Na conversa espontânea houve diferença entre os GC e o GE, como já apresentado e se pode observar nos Gráficos 1C e 1F que não houve *outliers* em quaisquer dos grupos, o escores do GC de ambos os gêneros foram mais baixos que os do GE e apresentaram diferenças máximo-mínimo menores que as do GE. Tanto no gênero masculino quanto no feminino os intervalos interquartilicos dos GC foram menores que os do GE, apresentando assimetria positiva.

Os valores de F0 mostraram diferença entre os GC e GE entre os gêneros masculino ( $p = 0,035$ ) e feminino ( $p = 0,011$ ), atingindo, na mesma ordem, 104,1Hz e 127,0Hz, entre os homens, e 184,0Hz e 213,6Hz, entre as mulheres.

Os valores de *jitter* ppq5 não definiram diferença entre os grupos e atingiram, respectivamente, entre os homens e as mulheres, 0,437%, no GC, e 0,315%, no GE ( $p = 0,194$ ), e entre as mulheres, 0,215%, no GC, e 0,213%, no GE ( $p = 0,861$ ). Assim como os valores de *shimmer* apq5 que também não definiram diferença entre os grupos e atingiram, respectivamente, entre os homens e as mulheres, 1,421dB, no GC, e 1,207dB, no GE ( $p = 0,534$ ), e entre as mulheres, 1,211dB, no GC, e 1,038dB, no GE ( $p = 0,345$ ). As PHR nos GC e GE foram, respectivamente, de 21,6 e 24,3 ( $p = 0,106$ ) entre os homens e 27,9 e 27,4 ( $p = 0,953$ ) entre as mulheres, sem diferença entre os grupos.

O parâmetro intensidade não definiu diferença entre os GC e GE tanto de homens ( $p = 0,204$ ) quanto de mulheres ( $p = 0,054$ ), atingindo, respectivamente, no GC e no GE, entre os homens 70,4dB e 73,5dB e, entre as mulheres 67,1dB e 71,3dB.



**Gráfico 1.** Apresentação em *boxplot* da distribuição dos valores do parâmetro grau geral do item percepção vocal geral nos gêneros masculino (A, B, C) e feminino (D, E, F).



Os F1, F2, F3 e F4 também não mostraram diferenças entre os GC e GE para homens e mulheres. F1 atingiu entre os homens 515,0Hz e 598,2Hz ( $p = 0,266$ ) e entre as mulheres 642,0Hz e 697,7Hz ( $p = 0,578$ ). F2 atingiu entre os homens 1.272,0Hz e 1.228,0Hz ( $p = 0,397$ ) e entre as mulheres 1.517,0Hz e 1.470,0Hz ( $p = 0,458$ ). F3 atingiu entre os homens 2.372,0Hz e 2.499,0Hz ( $p = 0,298$ ) e entre as mulheres 2.856,0Hz e 2.680,0Hz ( $p = 0,253$ ). F4 atingiu entre os homens 3.681,0Hz e 3.767,0Hz ( $p = 0,577$ ) e entre as mulheres 4.088,0Hz e 3.841,0Hz ( $p = 0,101$ ).

Os valores atingidos em GC e GE pelos parâmetros acústicos analisados estão descritos na Tabela 6. Os dados foram separados por gênero, tendo em vista as características funcionais da laringe e das PPVV masculinas e femininas.

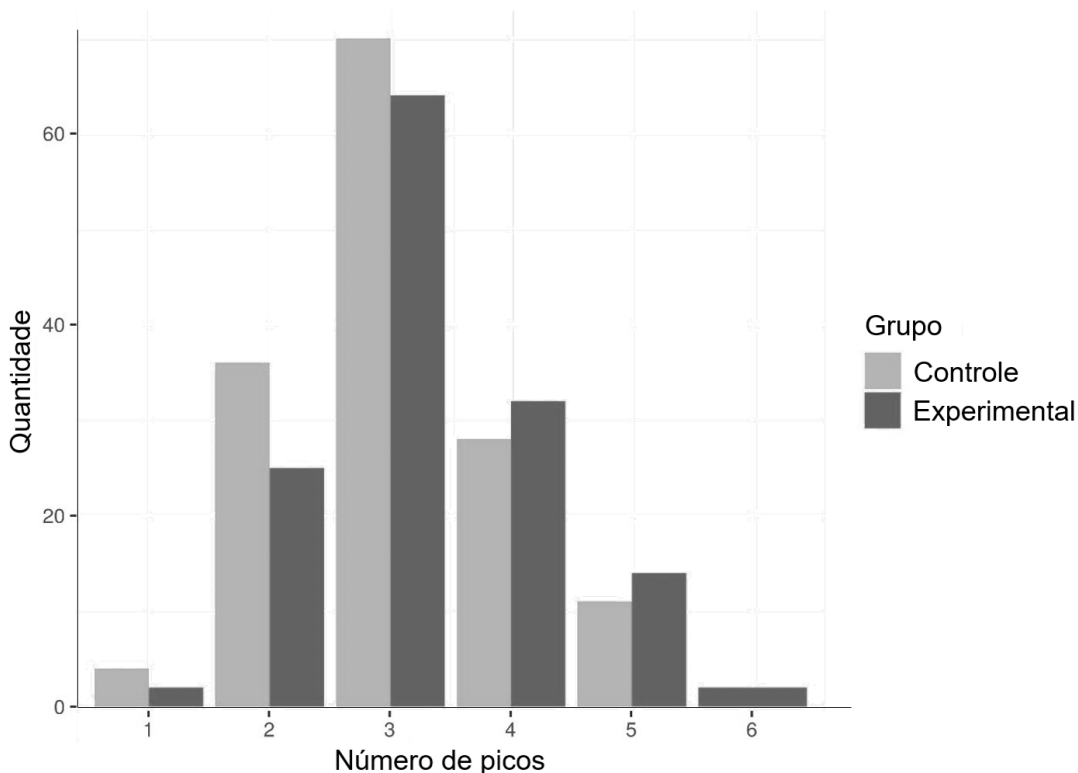
**Tabela 6.** Comparação intergrupo (GC versus GE) masculino e feminino dos parâmetros acústicos de F0, *jitter* (ppq5), *shimmer* (apq5), PHR, intensidade, F1, F2, F3 e F4.

PARÂMETRO	HOMEM				MULHER			
	GC	GE	P	TESTE	GC	GE	p	TESTE
Frequência fundamental (Hz)	104,1	127,0	0,035*	T	184,0	213,6	0,011*	T
<i>Jitter</i> (ppq5, %)	0,437	0,315	0,194	T	0,215	0,213	0,861	MW
<i>Shimmer</i> (apq5, dB)	1,421	1,207	0,534	MW	1,211	1,038	0,345	T
PHR	21,6	24,3	0,106	T	27,9	27,4	0,953	MW
Intensidade (dB)	70,4	73,5	0,204	T	67,1	71,3	0,054	T
F1 (Hz)	515,0	598,2	0,266	T	642,0	697,7	0,578	T
F2 (Hz)	1.272,0	1.228,0	0,397	T	1517,0	1470,0	0,458	T
F3 (Hz)	2.373,0	2.499,0	0,298	T	2856,0	2680,0	0,253	T
F4 (Hz)	3.681,0	3.767,0	0,577	T	4088,0	3841,0	0,101	T

**Legenda:** GC, grupo controle; GE, grupo experimental; PHR, proporção harmônio-ruído; p-valor, nível de significância de 95%; MW, *Mann-Whitney*; T, *t* de *Student*.

Na análise visual do espectro não houve deslocamento das frequências para a esquerda ou aumento da largura de banda dos formantes. Os principais picos ocorreram em torno de 3.000Hz.

O número de picos para os GC e GE foi avaliado em termos de frequência de ocorrência independente de outras variáveis (gênero, surdez pré ou pós-lingual, tonicidade vocálica) e se observou que a maior frequência de ocorrência foi de três picos em ambos os grupos (Figura 4), sem diferença entre eles, sugerindo que a nasalidade ressonantal [descrita como excessivamente hipernasal ou excessivamente hiponasal pelo PAV-DA (60)] percebida na APA deve-se à contaminação por outras características vocais do indivíduo surdo adulto usuário de implante coclear ou é insuficiente para alterar o número de picos.



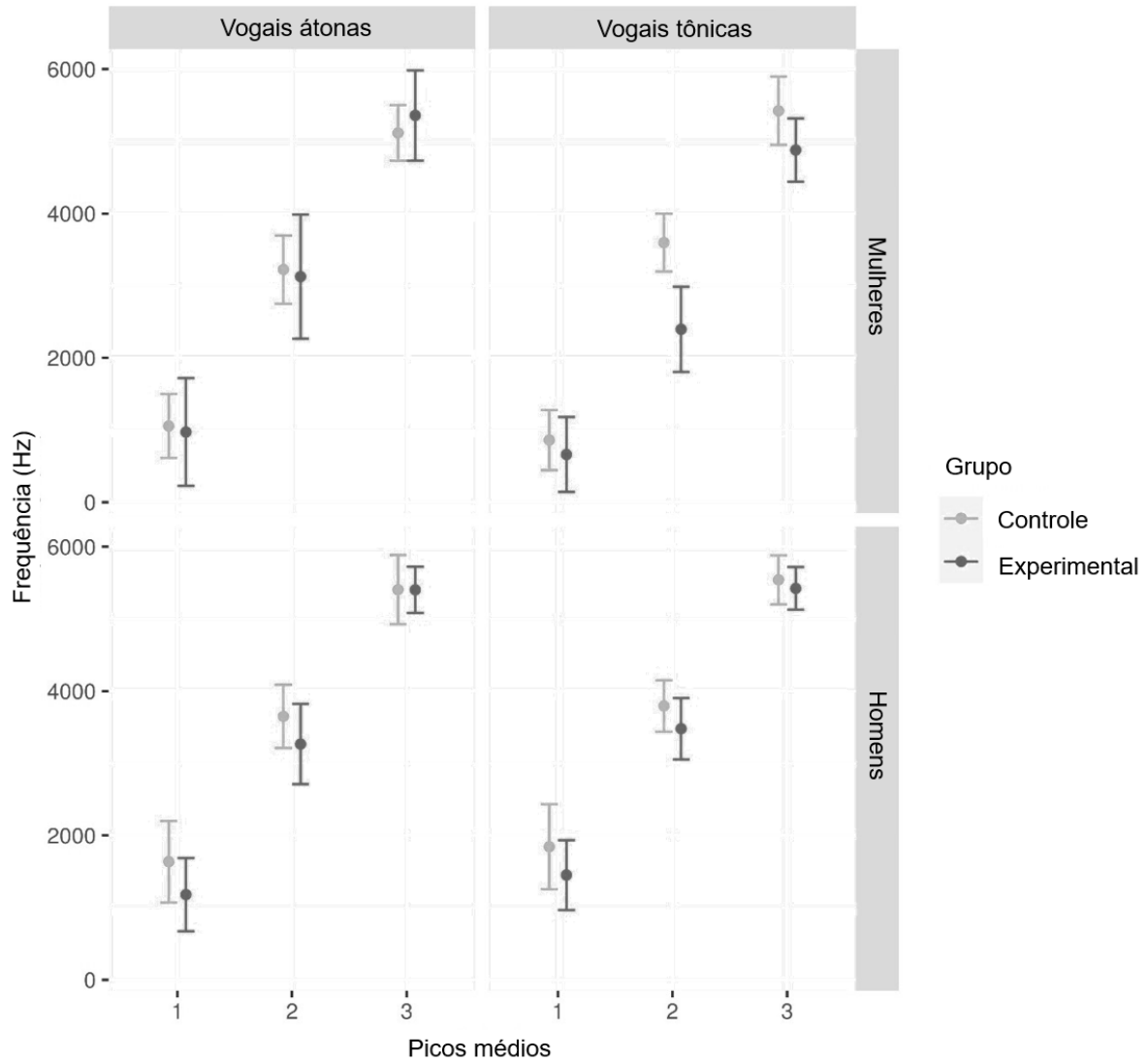
**Figura 4.** Frequência de ocorrência de picos nos grupos controle e experimental.

Foi calculada a média dos três picos correspondentes para os GC e GE, de acordo com o gênero do participante e a tonicidade da amostra vocálica. Estes valores mostram que as médias são muito próximas entre si, com o GE apresentando valores menores em relação à GC (Figura 5), exceto para a condição de vogais átonas no terceiro pico (F3) no gênero feminino, assim como essa diferença se torna mais pronunciada entre as mulheres do GE no segundo pico (F2) das vogais tônicas, com diferença ( $p = 0,001$ ) entre os grupos, o que sugere que houve manutenção da estrutura acústica das vogais e que a largura de banda foi a característica espectral mais afetada na produção vocálica dos surdos adultos usuários de implante coclear.

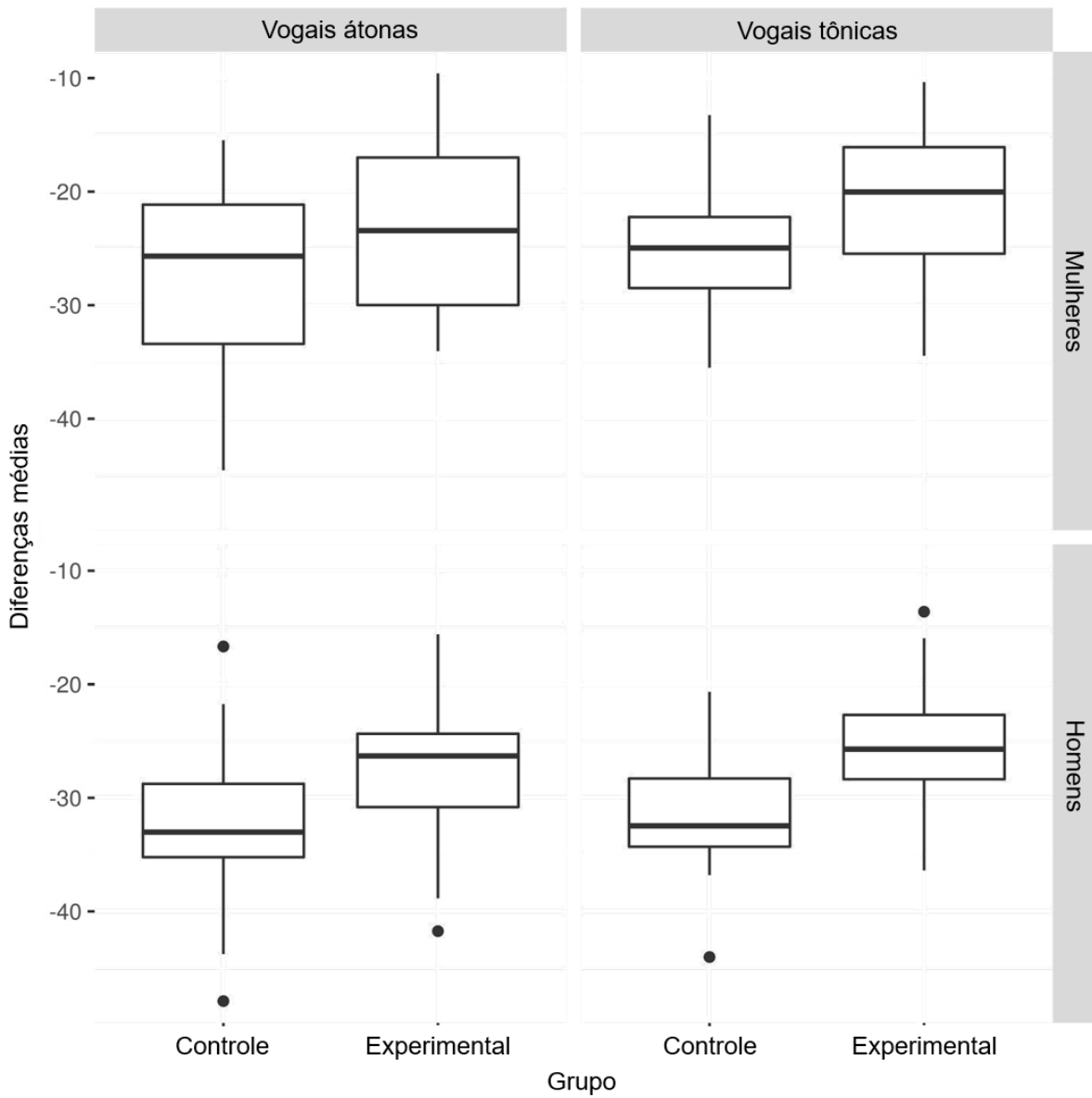
Foi realizada a análise de qualidade dos picos espectrais (desvios padrões e curtose), para avaliar o efeito de alargamento da banda, que pode ser provocado pela junção dos formantes orais com os formantes nasais. Os desvios padrões médios no GE foram maiores entre as mulheres nas vogais tônicas ( $p = 0,04$ ), e entre os homens nas vogais tônicas ( $p = 0,001$ ) e átonas ( $p = 0,002$ ). As vogais átonas nas mulheres não apresentaram variação.

A curtose média dos espectros suavizados a 1.000 Hz não difere entre os GC e GE, exceto entre os homens, nas vogais tônicas ( $p = 0,014$ ), que se mostra maior, compatível com o “achatamento” dos picos, compatível com a presença de nasalidade.

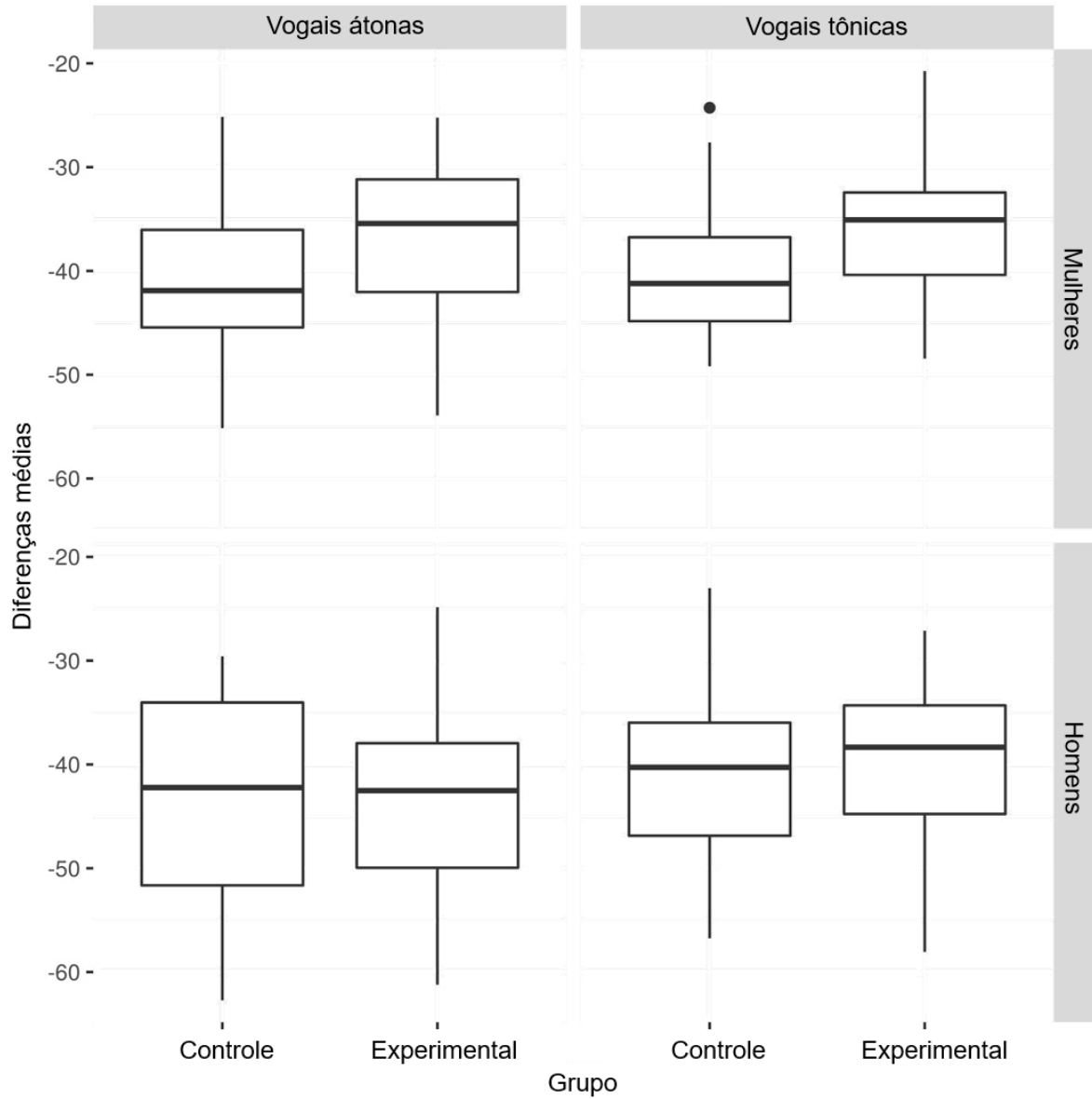
A inclinação espectral, decorrente da comparação entre as faixas de frequência nas duas bandas estabelecidas entre 0 e 6.500 Hz, mostra que na banda 1 (0-2.000Hz e 2.000Hz-4.000Hz), em todas as condições existe diferença entre os GC e GE e na banda 2 (4.000Hz-5.000Hz e 5.000Hz-6.500Hz), somente houve diferença entre as mulheres, para as vogais átonas ( $p = 0,024$ ) e tônicas ( $p = 0,011$ ). Pode-se deduzir que há mais energia na banda 1 (0-2.000Hz e 2.000Hz-4.000Hz), sugerido pela menor inclinação do espectro (Figura 6). Esta mesma informação pode ser observada na banda 2 (4.000Hz-5.000Hz e 5.000Hz-6.500Hz), com a diferença significativa somente para as mulheres (Figura 7).



**Figura 5.** Representação dos valores médios dos picos (formantes) para vogais tônicas e átonas em homens e mulheres nos grupos controle e experimental a cada 2.000Hz.



**Figura 6.** *Boxplot* da análise das variáveis para GC e GE na banda 1 (0-2.000Hz e 2.000Hz-4.000Hz).



**Figura 7.** Boxplot da análise das variáveis para GC e GE na banda 2 (4.000Hz-5.000Hz e 5.000Hz-6.500Hz).

## 5. Discussão

A variabilidade nos níveis de evidência foi uma das maiores dificuldades encontradas, visto que entre os estudos identificados nesta pesquisa, apenas dois estudos (142,146) apresentaram amostras randomizadas ou pseudo-randomizadas. Não foram identificados seus critérios de inclusão e fatores de confusão, e estratégias para enfrentá-los não foram estabelecidas na maioria dos estudos, conforme mostra a Tabela 3.

Ao utilizar pequenas amostras (3 ou 4 sujeitos), os estudos encontraram diferenças entre os participantes do gênero masculino e feminino quanto ao tempo de uso ou ativação do IC, ou se a perda auditiva era pré ou pós-lingual (139–142,146). A maioria deles eram estudos de curta duração, transversais ou com desenho de coorte, impossibilitando uma avaliação mais aprofundada dos parâmetros. Quatro estudos (138,140,142,146) relataram coleta de dados longitudinais seis, nove ou doze meses após o início do uso e/ou da terapia de IC .

Um dos artigos identificados (139) sugeriu tendências em direção a padrões normativos de modificação de voz entre participantes do gênero feminino que se tornaram surdas na idade adulta, o que se sugeriu estar relacionado ao controle do *feedback* auditivo, mas sem referência a parâmetros específicos de voz.

O principal achado desta revisão é que todos os estudos mostraram que a F0 é o parâmetro mais frequentemente avaliado e robusto da voz, parece ser o parâmetro menos influenciado pelo ruído e pode ser o mais confiável para trabalho. Os diferentes protocolos utilizados não permitem um julgamento claro se as modificações observadas nos parâmetros perceptivoauditivos da voz são decorrentes do IC ou de outras abordagens terapêuticas.

Estes dados estão em concordância com outra revisão sistemática (148) sobre percepção auditiva e produção vocal em usuários de IC, que evidenciou que nenhum dos estudos incluídos apresentava evidências científicas ou recomendações de “nível 1”. Os autores também encontraram falta de publicações relevantes, especialmente voltadas para a população adulta.

Outra revisão sistemática (149) sobre as características vocais de crianças e adultos com deficiência auditiva usuários de IC concluiu que o uso do IC beneficia a produção vocal. No entanto, relatou a ausência de um número efetivo de estudos bem delineados e com



alto nível de evidência para demonstrar com precisão os efeitos do IC na qualidade vocal de deficientes auditivos.

Um dos estudos relatou que o IC pode melhorar a qualidade vocal. No entanto, a restauração do *feedback* auditivo e da percepção auditiva pode não ser capaz de modificar alguns parâmetros vocais (144), particularmente ajustes vocais inadequados influenciados pela audição, como respiração, fonação e articulação (150).

A questão sobre os dados normativos para a voz dos surdos usuários de IC não foi respondida, pois houve heterogeneidade entre os estudos em termos de desenho de estudo das variáveis, tamanhos de amostra, faixas etárias dos participantes, amostras de voz analisadas e especificações do IC. Por esse motivo, as conclusões devem ser interpretadas com cautela e, idealmente, novos estudos devem utilizar métodos padronizados e validados. Além disso, as culturas locais de cada estudo deveriam ter sido consideradas nesta análise, o que poderia ter interferido diretamente na interpretação dos dados pelos avaliadores (142,146).

Com o objetivo de estabelecer valores referência para os parâmetros vocais perceptivoauditivos e acústicos de indivíduos adultos surdos usuários de IC de ambos os gêneros foi avaliada se a nasalidade relatada como presente na APA pelos avaliadores pode ser um resultado de ajustes motores durante a produção da fala e da voz.

Para APA, o protocolo utilizado neste estudo foi o PAV-DA (60) e a análise acústica de três tarefas fonatórias: emissão sustentada da vogal /a/, fala encadeada e conversa espontânea. A APA da qualidade vocal é fundamental na avaliação clínica da voz e traz informações importantes para a pesquisa de aspectos específicos da qualidade vocal e da produção de fala e voz.

A literatura refere que a voz do surdo apresenta características específicas, destacando aspectos acústicos, ressonanciais e suprasegmentais da voz (151). No entanto, há uma diversidade de protocolos utilizados, que tornam difíceis as comparações entre os dados, que é de suma importância para a definição de valores referenciais. Desta forma, a normatização ou o estabelecimento de valores referenciais destas características do surdo requer uma padronização da metodologia de avaliação da APA e do instrumento de avaliação usado.

Os escores da APA variaram entre os gêneros, as tarefas fonatórias e entre os diferentes parâmetros analisados.

Na vogal sustentada, a percepção de alteração vocal foi maior no gênero masculino em relação ao feminino, com valores médios mais próximos dos valores mais elevados do intervalo de variação, o que nos leva a refletir que planejamento e controle da produção de vogais estão integrados ao *feedback* auditivo e aos movimentos articulatórios (152), assim pode-se inferir que, neste estudo, o gênero feminino apresenta melhor conhecimento ou melhor percepção de pistas acústicas e fonéticas, bem como capacidade de controle da produção vocal e articulatória durante essa emissão específica.

Ainda quanto à emissão de vogal sustentada, a APA no gênero masculino consolida diferenças (GC *versus* GE) nos parâmetros tensão ( $p = 0,038$ ), *pitch* ( $p = 0,024$ ) e *loudness* ( $p = 0,038$ ).

A tensão fonatória, que reflete o equilíbrio entre as forças aerodinâmicas e mioelásticas da laringe durante o processo fonatório, podendo ser descrita como um ajuste vocal que traz uma voz “rude” (48), não deveria ser atribuída apenas ao fluxo de ar deficiente ou insuficiente à produção e/ou à diminuição da pressão subglótica (153), pois, no surdo, essa sensação pode ser transmitida ao avaliador pelos ajustes dos articuladores, como posicionamento de língua, lábios e/ou véu palatino e mandíbula (54).

Vale lembrar que a emissão da vogal sustentada não faz parte de um contexto comunicativo usual (154), com isso temos a probabilidade de interferência do falante (155) que a produz, manipulando aspectos da emissão, voluntária ou inconscientemente, o que pode nos levar a sugerir que o indivíduo poderá estar no processo de acomodação da produção vocal e de articulação da fala pós-IC, com uso de ajustes ainda inadequados e que podem sofrer influência de inúmeras variáveis, principalmente no caso do surdo pré-lingual, cuja privação de experiências sensoriais é maior.

Além disso, a vogal sustentada é um teste de eficiência glótica, uma emissão que avalia de forma essencial a habilidade individual do controle das forças aerodinâmicas da corrente pulmonar e das forças mioelásticas da laringe (48), que não é necessariamente afetada pela presença da surdez, mas pela ausência de *feedback* auditivo para o controle de outros parâmetros da produção vocal e de articulação, como intensidade sonora, ou mesmo de aspectos mais relacionados ao desenvolvimento, como a muda vocal.

Com a diversidade de experiências estudadas, podemos inferir que o IC proporciona sensação auditiva e reestabelece o *feedback* auditivo, tornando-se um facilitador para a promoção dos ajustes vocais e de fala (141), favorecendo-o, uma vez que não sofre influências das coarticulações. No entanto, devemos ressaltar que não foi o nosso objetivo

avaliar a interferência do tempo de uso do IC pelos participantes, mas sua experiência em termos de produção da voz, em uma amostra de voz, como a emissão sustentada de uma vogal.

Pode-se observar que os GC e GE diferiram na APA da fala encadeada e da conversa espontânea, com valores mais dispersos no GE e com valores médios mais próximos dos escores mais baixos, exceto para a fala encadeada do gênero feminino, o que sugere uma maior percepção de alteração vocal nesta produção neste grupo específico.

A discussão específica do comportamento vocal e da fala dos grupos em cada parâmetro ajuda a compreender melhor a dinâmica utilizada por cada um dos grupos e quais as principais convergências e divergências encontradas quando comparadas aos estudos já desenvolvidos. Por isso, vamos analisar de forma paralela e mais específica os parâmetros de fala encadeada e conversa espontânea, visto que são emissões de comportamentos mais aproximados, principalmente, quando comparados à vogal sustentada.

A modulação efetiva do sinal sonoro emitido nas PPVV pelas cavidades oral e nasal cria uma energia apropriada e adequada aos sons da fala e os surdos apresentam desvios vocais que estimulam um desvio dessa ressonância, por forçarem durante sua produção e projeção o fluxo de ar e a energia para uma cavidade única (156–158), talvez numa tentativa de maior percepção tátil de sua produção sonora.

As cavidades de ressonância supraglóticas juntamente com os articuladores interceptam, modulam e transformam o fluxo aéreo (2). E, assim como em outros estudos (141,159), neste, também foi percebida na APA, como característica da voz do surdo a nasalidade, em seus diferentes espectros (da hipo a hipernasalidade).

Na presença de hiponasalidade ocorre um bloqueio nasofaríngeo ao fluxo sonoro, que afeta sua transmissão para a região nasal (39), o que não significa que seja este o fenômeno ora presente, pois infere-se que a subjetividade perceptivoauditiva dos avaliadores poderá estar influenciada pelo uso inadequado ou adaptado dos articuladores, como, por exemplo, quando o indivíduo utiliza uma posteriorização da língua (40), com redução dos movimentos articulatorios, afetando a percepção dos juízes.

Este foi um efeito presente no GE do gênero masculino, como se discutirá mais à frente, e que foi mais evidente entre os participantes que eram surdos pré-linguais, sugerindo que pode ser o resultado de uma maior dificuldade em realizar ajustes fonatórios

e articulatórios adequados apenas com o treinamento visual e cinestésico oferecido durante o processo terapêutico.

Exploraremos esses achados e sua correlação de forma conjugada, visto que a produção da voz e da fala devem ser avaliadas de forma conjunta, pois um parâmetro pode interferir na resposta auditiva do outro.

A ressonância faríngea pode ser explicada por meio de uma forma diferente de ressonância do tipo *cul-de-sac*<sup>5</sup>, que é um tipo de ressonância faríngea ou orofaríngea (160–162), e pode ser percebido como um padrão de ressonância anormal, decorrente do foco de energia sonora na parte posterior da cavidade oral ou na cavidade faríngea. O principal motivo para essa manifestação vocal é a tensão no trato vocal decorrente da posteriorização e abaixamento da base de língua, aspecto também identificado nas amostras vocais analisadas (23). Essa língua excessivamente tracionada em direção à parede posterior da faringe, associada com a depressão da epiglote na hipofaringe, que começou a se contrair, permite a “retenção” dessa energia na região (161,162).

Enquanto na ressonância laríngea, há uso excessivo da cavidade da laringe, com emissão tensa, foco ressonantal baixo e projeção vocal reduzida (48), que pode ser consequência de ajustes musculares e supraglóticos, como laringe baixa, mandíbula fechada, lábios arredondados, corpo de língua abaixado e retraído (81).

A partir de uma correspondência acústico-articulatória na fala encadeada, pode-se inferir que a constrição da língua foi mais posterior e a conformação da faringe foi mais estreita (163), o que sugere a interferência da coarticulação presente nas tarefas fonatórias de fala encadeada e conversa espontânea, pois os movimentos dos articuladores para a produção do som sofrem modificações em função dos sons próximos (75,163,164).

Uma avaliação instrumental poderia definir se a presença da nasalidade decorreria da incompetência velofaríngea ou quais outros fatores poderiam estar ocasionando a disfunção velofaríngea (grau de abertura da boca ou impedância oral, resistência glótica e posicionamento da língua) presente nos indivíduos avaliados. Entretanto, devido às características do estudo inicialmente desenvolvido, estes parâmetros não puderam ser determinados e/ou controlados.

A voz soprosa apresenta como característica muscular a tensão adutora reduzida de PPVV e uma fraca tensão central, que resulta numa vibração ineficiente, com fechamento glótico incompleto, permitindo o escape durante o processo fonatório (165). Esta

---

<sup>5</sup> Fundo de saco em português

característica somente foi percebida na conversa espontânea, entre os homens, com maior impacto no GE ( $p = 0,042$ ).

Contraopondo-se a este achado, estudo afirma que a soproidade é uma característica da voz feminina, devido à configuração anatômica da laringe e ocorre de forma mais explícita na emissão sustentada, o que nos leva a sugerir que o parâmetro CPFA, também identificado nesta tarefa fonatória sob as mesmas condições, sugere a possibilidade de um desequilíbrio no fluxo aéreo por alteração na mioelasticidade e controle neuromotor das PPVV (48).

A dificuldade em coordenar respiração, fonação e articulação, referida clinicamente como CPFA, ocasiona alterações na prosódia, na intensidade vocal e no *pitch*, não sendo modificado de maneira adequada na fala (166).

Concomitantemente a esse comportamento, pode ser observada uma redução do tempo máximo fonatório, o que favorece um maior número de expirações durante a fala/conversa (153) e uma redução na velocidade de adução das PPVV (167). No entanto, como esse parâmetro foi pouco presente em todas as emissões, não pode ser considerado para diferenciar a voz do surdo adulto usuário de IC da voz do indivíduo normouvinte de forma significativa.

A CPFA mostrou-se diferente entre os GC e GE, com maior percepção de alteração no gênero feminino, para ambos os grupos. O surdo tende a expelir o ar antes de falar, devido à falta de sincronia entre o início da respiração e o da fonação, demonstrando dificuldade para direcionar o fluxo aéreo e, em consequência dessa incoordenação, faz uso do ar residual, com interrupções das frases em momentos inadequados (151).

A dificuldade na CPFA ou a incoordenação percebida na produção da fala nos surdos pode ser observada pela redução da produção de sílabas por ciclo respiratório, podendo ocorrer inspirações após uma, duas ou três palavras, com expirações mais presentes em cada sílaba, quando comparados ao ouvinte (153), levando a maior presença de pausas durante a emissão, que se reflete como uma dificuldade no equilíbrio aerodinâmico e mioelástico das PPVV, produz uma redução na velocidade de adução e uma abdução rápida (167). Embora não fosse o objetivo deste estudo e estes resultados não estejam apresentados, pode-se observar uma maior presença de pausas respiratórias durante a avaliação dos enunciados dos participantes.

A tensão presente tanto na fala encadeada quanto na conversa espontânea em todos os indivíduos e, especialmente no GE, pode ser um reflexo do esforço fonatório

associado a essa alteração da CPFPA percebida, em consequência do insuficiente fluxo de ar e da alteração da pressão subglótica. O prejuízo do equilíbrio das forças aerodinâmicas e mioelásticas das PPVV, perturbam a aerodinâmica da vibração, com maior uso muscular, implicando na percepção do aumento da tensão vocal para efetivação do processo fonatório (153,168), com consequente desperdício de esforço/energia, tornando-o mais cansativo e prejudicando a inteligibilidade de fala (153).

Todos os aspectos acima analisados refletem-se na avaliação da percepção do desvio no grau geral da voz, que pode ser, grosseiramente, comparado ao somatório das várias percepções de alteração, como controle de *pitch*, geralmente, associado a desvios no *loudness* em consequência da pressão respiratória subglótica, por dificuldade no controle da válvula laríngea; como também, no sistema velofaríngeo, e em outros pontos de constrição no trato vocal, pelos movimentos de língua, lábios e mandíbula (166). É importante lembrar que quanto maior o reconhecimento e precisão na articulação de consoantes, menor é o desvio geral da qualidade vocal e da ressonância (169).

Para além dos dados perceptivoauditivos, neste estudo consideramos a coleta de dados acústicos, cuja precisão foge da subjetividade, tendo em vista sua obtenção automatizada, assim como a precisão do sistema de análise utilizado. A análise acústica apresenta uma possibilidade de inferência sobre a fisiologia vocal, cujos parâmetros obtidos podem demonstrar variações de componentes anatômicos e fisiológicos que atuam na produção da voz e da fala. É importante lembrar que os indivíduos surdos com condições de perda auditiva pré-lingual (PRL) e pós-lingual (POL) foram unidos em apenas um grupo, denominado GE.

No contexto deste estudo, deve-se compreender que existe uma relação entre os refinados mecanismos de controle glótico da produção da voz e da produção da fala e a metodologia utilizada privilegiou a integração de dados da APA com a acústica.

Estudos previamente realizados determinaram alguns parâmetros de normalidade para vozes adultas. A F0 é mais alta nas mulheres quando comparadas a dos homens, porém pode variar em função da idade para ambos os gêneros, pois reflete características das PPVV, como massa, comprimento, tensão, vibração, alongamento e pressão subglótica (48,170), o que também se observa neste estudo.

É digno de nota que a F0 em ambos os gêneros foi mais elevada no GE, o que pode decorrer de ajustes da ativação da musculatura intrínseca tensora da laringe e, parcialmente, da musculatura supra-hioidea, que altera o posicionamento lingual, uma vez

que complexo hiolaríngeo é influenciado direta e indiretamente pelos músculos extrínsecos da língua e da musculatura intrínseca da laringe (171), e, talvez, pelo próprio contexto de registro de fala e voz, que não é cotidiano (154), além da probabilidade de interferência do falante (155), possam ter sido determinantes para este achado.

Com a progressão da idade é esperado uma redução da F0 nas mulheres (170,172). Estudos sugerem mudanças vocais na pré-menopausa, com modificações na F0 entre os 30 anos e os 48 anos de idade (170,173,174). Como a voz é um fenômeno hormônio-dependente, as mudanças hormonais podem ser consideradas como principais causas, pois acarreta edema e espessamento das PPVV (170,175). Entretanto, alguns estudiosos não constataram mudanças na F0 em mulheres com variação de faixa etária, com inclusão da meia-idade (176), o que pode ser devido ao uso mais frequente da voz, ocasionando um treinamento muscular vocal (109).

Na APA realizada neste estudo, a variação de F0 foi suficiente para contribuir com a percepção de variação no *pitch* vocal, percebido como agudo entre os homens do GE, principalmente na conversa espontânea, onde este parâmetro atingiu um escore de 42,77 pontos entre os homens e 46,00 pontos entre as mulheres. Cabe ressaltar que a totalização destes desvios enquadra estas vozes em um grau moderado de desvio, conforme os pontos de corte estabelecidos pela autora do protocolo de APA utilizado.

Um estudo realizado com 88 homens e 88 mulheres brasileiras, sem desvio na qualidade vocal e idade variando de 19 a 59 anos encontraram mudanças na qualidade da voz em função da idade, com redução da F0 na vogal /a/ sustentada e na fala encadeada de mulheres e na F0 da fala encadeada em homens (154). E um estudo, cujo objetivo era comparar as vozes de mulheres pré e pós-menopausa, mostrou que há uma queda de 17,41 Hz da F0 após o estabelecimento menopausa, com presença de grau leve de desvio vocal avaliado pela escala GRBASl e sem autorrelato de impacto na qualidade de vida relacionada à voz em quaisquer de seus domínios (170).

Os programas de análise acústica da voz utilizam várias medidas de *jitter* e de *shimmer* (177), nesse estudo destacamos o *jitter* (ppq5), com valores encontrados próximos ao valor típico e que representa o quociente de perturbação num período de cinco pontos, ou seja, a diferença média absoluta entre um período e a média desse mesmo período com os seus quatro vizinhos (130). Não houve diferenças significantes entre os grupos por gênero, e se observou maior porcentagem de irregularidade entre os homens, corroborando

os achados de instabilidade na APA, mas não descartando outros fatores que podem estar associados aos ajustes fonatórios e articulatórios.

Neste estudo destacamos o *shimmer* (*apq5*) que é o quociente de perturbação da amplitude de cinco pontos, ou seja, a diferença média absoluta entre a amplitude de um período e a média das amplitudes dele e dos seus quatro vizinhos mais próximos, dividido pela amplitude média (130,177). Os valores não definiram diferença entre os grupos estudados. É importante ressaltar que entre os homens na tarefa conversa espontânea, houve presença de soprosidade de forma consistente entre GC e GE, com um impacto mais de três vezes maior sobre os participantes do GE e esse mesmo grupo apresentou uma maior intensidade (73,5 dB) em relação aos demais, que embora não difira entre os grupos, pode ser um dos fatores contribuintes aos achados.

Neste estudo não foi observada diferença entre os GC e GE quanto à PHR, o que pode sugerir uma relação próxima do considerado como normalidade/referência. Inclusive, porque os valores encontram-se levemente elevados em relação às faixas de variação sugeridas (118). Ainda, pode-se inferir que o maior contribuinte ao desvio vocal (grau geral), que pode ser classificado, segundo o PAV-DA (60), como moderado a intenso, tanto entre homens (47,50) quanto entre mulheres (37,56), e não está relacionado ao funcionamento das PPVV propriamente ditas (fonte sonora), pois as disfunções no funcionamento das PPVV e no fechamento glótico geram maiores quantidades de ruído no sinal da voz (119,178,179).

As fendas glóticas encontradas no gênero feminino, produzem voz com mais ruído auditivo do que no masculino. Mulheres mais jovens apresentam fenda glótica posterior, enquanto as mulheres mais velhas, fenda glótica anterior ou em forma de fuso (180–182). Nesse estudo, as fendas glóticas fisiológicas femininas, se existentes, não apresentaram influência, pois o grupo masculino definiu uma maior PHR quando comparado ao feminino.

O nível de pressão sonora fornece informações que refletem o nível de intensidade vocal da produção fonatória com estabilidade na maior parte da vida e sua redução na senescência (183). Estudos divergem quanto a aumento ou redução de intensidade ao longo da vida, sugerindo paralelismo (183) ou não variação (184–188).

Nos grupos avaliados, não se pode fazer uma estimativa em termos de variação ao longo do desenvolvimento, haja vista as características da amostra estudada, da metodologia empregada e do objetivo do estudo desenvolvido. Não se encontrou diferenças entre os GC e GE no parâmetro intensidade tanto para os homens quanto para as mulheres.



E, pode-se sugerir, com base na literatura estudada, que o parâmetro intensidade não reflete as mudanças anatômicas sofridas pela laringe ou que o indivíduo é capaz de usar estratégias para neutralizá-las. E, embora a variação da intensidade possa ser considerada uma medida sensível dos efeitos do envelhecimento, reflete a noção individual de espaço ocupado (48), correspondendo ao somatório da pressão subglótica com a resistência das PPVV e a configuração do trato vocal (61), atingindo um valor médio estimado de 70 dB em adultos (114).

A cavidade nasal abafa as frequências, agravando-as. Os F1, F2 e F3 ficam mais próximos da F0 (109). Então, foram avaliadas as qualidades dos picos, com a expectativa de que no GE eles estivessem mais para a esquerda, com largura de banda aumentada, o que não foi identificado.

Neste estudo, não encontramos variações significativas entre os GC e GE em ambos os gêneros para às frequências formânticas de F1, F2, F3 e F4 e seus valores se aproximam dos valores de outro estudo realizado na população brasileira (164) e diferem de outros estudos em consequência das bases articulatórias e de tensão fonêmica de cada idioma (84). Este achado nos leva a sugerir a possibilidade de aproximação articulatória entre normouvintes e surdos adultos usuários de IC, uma vez que o treinamento de fala desenvolvido com estes indivíduos é baseado em pistas visuais e cinestésicas.

Outra hipótese é que os indivíduos participantes deste estudo, se o treinamento de fala foi posterior ao IC (aspecto não avaliado), pode haver uma grande contribuição do *feedback* auditivo conquistado, contribuindo para a articulação dos sons da fala, reduzindo a sobrearticulação, com modificações na amplitude de movimentos do complexo linguomandibular, interferindo na altura da mandíbula, e aproximando os valores de F1 e F2 dos preconizados na literatura.

Devido à tendência à sobrearticulação nas crianças surdas, aumentando os valores de F1 e F2 por falta de *feedback* auditivo, pesquisadores compararam a articulação de crianças com audição normal com a de crianças surdas pré-linguais usuárias de IC e de aparelhos de amplificação sonora e observaram que após um ano de uso de IC, os formantes estavam mais próximos aos das crianças ouvintes com uso de aparelhos auditivos, sugerindo que, provavelmente, isto aconteceu em decorrência da expansão do espaço das vogais, quando comparado às ouvintes usuárias de IC, que apresentaram mudanças na articulação das vogais, interferindo no posicionamento da língua, em particular na dimensão frontal (189).

Um ponto a ser considerado neste estudo é que, na APA, a percepção de alteração do desvio vocal (grau geral), que se mostrou diferente entre os GC e GE na fala encadeada e na conversa espontânea em ambos os gêneros, traz a classificação para a percepção deste desvio para um grau moderado, o que pode ter sido influenciado pela impostação<sup>6</sup> compensatória utilizada pelos participantes na emissão destas tarefas fonatórias, pois, na vogal sustentada a intensidade desse desvio não alcançou a mesma percepção. Corroborando que as amostras de fala encadeada/conversa espontânea fornecem uma melhor representação da condição naturalista da voz (190).

Ainda, considerando o relato frequente de nasalidade como uma característica da voz do surdo (141,159) e os achados da APA realizada pelos juízes neste estudo, que sugere a presença tanto de hipo como de hipernasalidade na amostra analisada de conversa espontânea do GE masculino (escore 46,15), sugeriu-se a filtragem cepstral do sinal sonoro, que foi realizada a partir da análise de, no mínimo, quatro palavras de cada indivíduo, em contexto de conversa espontânea em que a vogal /a/ ocorresse nas posições tônica, pré-tônica e pré-tônica não imediata em contexto oral e no início de palavras, conforme a metodologia.

Nas amostras vocais analisadas não foi verificada a presença de antiformantes e/ou o aumento das larguras de banda, não se observando a presença de formantes nasais nas faixas de frequência onde seriam esperados, tampouco a presença de formantes “atípicos” em decorrência da nasalidade vocal. Ainda considerando a análise realizada, seria de se esperar, face à possível presença de nasalidade, na faixa de frequências analisada (entre 0 e 6.000 Hz), a presença de 6 picos, o que não foi detectado.

Os picos e os vales são importantes referências na análise e interpretação da magnitude espectral que foi selecionada para a caracterização das frequências, pois definem o perfil espectral e se correlacionam com o efeito perceptivo correspondente (191).

Neste estudo, independente da condição (gênero, surdez pré ou pós-lingual e tonicidade vocálica), não foram identificados formantes nasais, mas a possibilidade de contaminação a partir da coarticulação fonêmica.

Não foi observado deslocamento das frequências para a esquerda ou aumento da largura de banda dos formantes. Os principais picos (formantes) ocorreram em torno de

---

<sup>6</sup> NOTA DA AUTORA: Não confundir com a estilística da fonação. A voz pode ser trabalhada, desenvolvida e aperfeiçoada para adquirir uma determinada qualidade a partir do trabalho com respiração, pausa, linhas de entonação entre outros parâmetros, que tendem a direcionar o som para a forma mais clara e correta para a comunicação.

3.000 Hz e o F3, que reflete os ajustes de constrição labial, palatal e de faringe, não permitiu uma análise mais detalhada, devido às características do material analisado. O F3 não forneceu indicadores, pois foi excluído o início e o fim da amostra da voz, impossibilitando a visualização de ajustes da articulação, que corresponderia à constrição dos lábios, do palato e da faringe (121,192).

A posteriorização da língua pode sugerir o uso de outras compensações, como ajustes laríngeos e respiratórios (184) ou alguma outra compensação articulatória (193). Na APA, o ouvido humano, principalmente em profissionais treinados, é capaz de perceber a sutileza da articulação, que pode determinar ou corresponder às modificações de posicionamento ou mobilidade dos articuladores, tais como o posicionamento de língua e a redução do grau de abertura da mandíbula. Pode-se perceber que as estratégias articulatórias de surdos adultos usuários de IC não diferem muito das dos normouvintes, pois os valores médios atingidos são muito próximos entre si, sugerindo uma aproximação entre F1, F2 e F3 de ambos os grupos. Apenas entre as mulheres, nas vogais tônicas, esse resultado foge desse padrão. E, embora com manutenção da estrutura acústica da vogal, isso poderia ser atribuído a variação de intensidade observada nas frequências abaixo de 160 Hz nos homens e picos espectrais com frequências entre 2.400 e 3.400 Hz (194,195). Nas mulheres, vários estudos sugerem que há uma redução do declínio espectral nos picos dos formantes próximos a 2.900 e 4.100 Hz (194–197).

Sabe-se que as mulheres produzem a voz com maior abertura glótica, quando comparadas ao homem, decorrente de características anatômicas das cartilagens laríngeas (198,199). As consequências dessas características são observadas em várias medidas acústicas, como formantes menos bem definidos, menor inclinação espectral e acréscimo de ruído de alta frequência em torno do terceiro formante (198).

O declínio ou inclinação espectral corresponde à diferença entre a intensidade na região da F0 e os harmônicos mais baixos, com presença da intensidade nos harmônicos mais altos (200). A razão alfa é a diferença entre 0 e 1.000 Hz e 1.000 Hz e 5.000 Hz (201,202) e entre 0 e 1.600 Hz e 1.600 a 5000 Hz (197), sendo importante a conjugação destas informações com a dinâmica glótica (diferença de movimentação entre lábios e PPVV), a medida de intensidade espectral e a representação desse declínio (200).

Nossos achados sugerem que ocorre maior esforço vocal para gerar aumento da intensidade, com qualidade vocal soprosa, prolongamento da fase de abertura do ciclo glótico e probabilidade de fenda glótica, associada à hipofuncionalidade. Constatou-se

inclinação do espectro após a região do F1, e é observada a presença de componente de ruído acima de 5.000 Hz (197,203,204), elevando a razão alfa (197) até o valor aproximado de 5.000Hz, a partir do qual ocorre aumento da intensidade, o que sugere limitações de atividade glótica como irregularidade do ciclo vibratório de PPVV (121,205), que pode ser percebido de forma impactante na APA, decorrente da rugosidade (escore de 30,0 pontos) na conversa espontânea do GE feminino em relação ao GC.

Não foi observado uma queda abrupta entre as faixas de frequência estudadas, o que seria esperado na presença de nasalidade vocal e articulatória e a análise sugere que há maior energia glótica nas frequências agudas e com maior intensidade, compatível com a presença de tensão no trato fonatório, mas com o uso de apenas um tubo, sem a presença de bifurcações do fluxo aéreo, que poderia destinar energia tanto para a cavidade oral como para a cavidade nasal, o que corrobora descritivamente o aumento dos escores de tensão e *pitch* do GE em relação ao GC na APA. E ainda se deve considerar que, o aspecto articulatório relacionado à posição da mandíbula, que deveria estar mais rebaixada na emissão de sons tônicos (121,192), também pode ser um fator contribuinte à esta percepção.

Deve-se considerar que na língua portuguesa brasileira as sílabas tônicas são perceptual e acusticamente caracterizadas pela duração, intensidade, frequência e qualidade vocal (206), a duração da vogal nestas sílabas é estendida (163,206) e a proeminência (marcação) é geralmente marcada por aumento de intensidade (207). A combinação de fatores, como posição da vogal, intensidade e coarticulação com consoantes podem aumentar a tensão vocal ao articular a vogal /a/ (208). Assim, uma possível explicação para esta ocorrência entre os homens poderia corresponder ao aumento da cavidade ressonantal posterior, a presença de tensão faríngea, posteriorização da língua e elevação da laringe. No entanto, os achados sugerem que eles não realizam um ajuste único, pois há grande dispersão, sem pico espectral específico.

Na proposta da Fonologia Gestual existem variáveis do trato vocal que envolvem os articuladores em atividade de fala e não apenas seus movimentos. As ações conjuntas dos articuladores constituem as variáveis do trato que, relacionadas, implementam os gestos articulatórios, correspondentes a um conjunto de variáveis quantitativas (distância, ativação, velocidade de mudança, entre outros) de um sistema dinâmico, que sofrem modificações de forma simultânea no transcorrer do tempo e se influenciam mutuamente. Assim, poderiam ser consideradas variáveis do trato e de seus articuladores: protrusão e

abertura labial, local e grau de constrição da ponta da língua, local e grau de constrição do corpo da língua, abertura velar e abertura glotal (209), que encontramos citados como possíveis “geradores” de ruídos vocais na APA. Essa “dinâmica da tarefa”, corresponderia às ações coordenadas de vários articuladores, ocorrendo no tempo e no espaço durante a produção da fala e da voz (210).

Por isso, o aspecto funcional poderia levar a uma alteração na percepção auditiva da nasalidade, que não é compatível com a ausência de formantes nasais ou antiformantes, mas com a presença de variação na estrutura acústica do F2. Ainda, observando-se cuidadosamente os achados deste estudo, pode-se sugerir que, os participantes do estudo podem apresentar uma redução articulatória, com redução da mobilidade do complexo linguomandibular, ou mesmo a tipologia facial pode ter contribuído para a presença de tensão articulatória ou *pitch* mais agudo, percebida como nasalidade na APA.

Neste sentido, pode-se, relacionando os dados de APA e de filtragem cepstral, afirmar que as mulheres apresentam uma articulação mais bem definida que os homens, o que parece conduzir ao questionamento sobre a possibilidade de o surdo, na tentativa de “esconder” ou reduzir a nasalidade, promover algum ajuste não necessariamente do mecanismo velofaríngeo, que ainda precisa ser identificado, uma vez que este não seria um mecanismo visual, que pudesse ser facilmente ensinado, mas dependeria da propriocepção do indivíduo e das pistas acústicas. Esse ajuste pode estar presente pela inabilidade de direcionamento do fluxo aéreo para a cavidade nasal, desviando-o para a faringe, o que eleva o *pitch* e aumenta a tensão vocal. Muito embora o *pitch* não possa ser considerado como alterado de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo PAV-DA (60).

Um dos fatores que pode concorrer à disfunção velofaríngea é o erro de aprendizagem decorrente da falta de *feedback* auditivo, principalmente em indivíduos com perda auditiva severa ou profunda, a presença de desordens articulatórias, pela redução dos movimentos dos articuladores, e/ou distúrbios articulatórios compensatórios por distorções da fala com o ponto de articulação mais posterior e o modo preservado (31).

Pode-se sugerir, então, que a identificação de nasalidade vocal no grupo estudado parece não se encontrar no nível linguístico, mas fisiológico, pois o surdo consegue perceber a característica da nasalidade, mas não entende o mecanismo de controle por falta de distinção das vogais.

O estudo contribui para a assistência fonoaudiológica, por demonstrar que a análise acústica cepstral, por meio da construção dos gráficos das frequências de ressonância (ou

formantes) de cada vogal, possibilita reconhecer se um surdo realiza a pronúncia de forma correta ou mais aproximada aos estudos realizados com normouvintes, possibilitando um melhor direcionamento dos ajustes articulatórios e fonatórios necessários.

Tendo em vista a utilização de um banco de dados, no qual os participantes relataram histórias ou falas espontâneas, sem a utilização de um texto guia, e as tarefas fonatórias terem se constituído em amostras de fala encadeada, conversa espontânea e vogal sustentada /a/, podem ser consideradas limitações deste estudo a não análise das demais vogais em seus diferentes contextos; a não padronização do fabricante do IC; o tempo de perda auditiva e a associação entre o uso do AASI e do IC.

A análise acústica com composição espectral traz os formantes das vogais orais que norteiam e descrevem aspectos da produção da voz e da fala, pois revelam informações sobre o trato vocal humano, podendo ainda abranger os aspectos patológicos como alterações laríngeas, esqueléticas e neurológicas (211). Essa possibilidade de detalhamento pode influenciar positivamente a intervenção terapêutica. Abre-se, então, a possibilidade de novos estudos que estabeleçam metodologias mais específicas com padronização de tarefas fonatórias, comparação dos vários fabricantes e do tempo de uso do IC, tempo de perda auditiva e a associação ao uso do AASI, realização de fonoterapia, melhor delimitação de faixa etária com inclusão de jovens em muda vocal e adultos na menopausa e andropausa.

## 6. Conclusão

Os dados normativos disponíveis na literatura sobre a voz de surdos adultos usuários de IC são consistentes apenas para F0, sendo necessário avaliar melhor o nível de evidência dos desenhos dos estudos, uma vez que não são padronizados e/ou utilizam parâmetros diferentes para definir a significância. Além disso, é importante destacar a necessidade de utilização de metodologia que siga indicadores de qualidade adequados.

Quanto aos dados normativos ou de referência, entre os homens, na vogal sustentada, a voz apresentou grau moderado de alteração, alterações discretas de ressonância excessivamente laríngea, instabilidade, tensão e rugosidade, *pitch* com tendência à tons ligeiramente agudos e *loudness* com tendência à forte sonoridade. Na fala encadeada, definiu-se grau de alteração moderado, com presença de ressonâncias excessivamente faríngea, posterior e laríngea com grau de alteração discreto, presença de tensão em grau discreto e *pitch* e *loudness* adequados. Na conversa espontânea, que corresponde à tarefa mais próxima da fala cotidiana do indivíduo, definiu-se uma voz com percepção moderada de grau de alteração, apresentando alterações discretas de ressonância excessivamente hipernasal, laríngea e posterior, instabilidade, tensão e rugosidade, *pitch* com tendência à tons ligeiramente agudos e *loudness* com tendência à forte sonoridade nos homens.

Entre as mulheres, na vogal sustentada, a voz apresentou grau moderado de alteração, com alterações discretas, instabilidade e tensão, *pitch* com tendência à tons ligeiramente agudos e *loudness* adequado. Na fala encadeada, o grau de alteração foi considerado moderado, com presença de ressonâncias excessivamente laríngea e hipernasal e tensão de grau discreto e *pitch* e *loudness* com tendência à tom agudo e som forte. Na conversa espontânea, definiu-se uma voz com percepção moderada de grau de alteração, apresentando alterações discretas de ressonância excessivamente posterior, laríngea e hipernasal, instabilidade, tensão e rugosidade, *pitch* com tendência à tons ligeiramente agudos e *loudness* com tendência à forte sonoridade.

A F0 média dos homens foi de 127,0 Hz e das mulheres, 213,6 Hz. *Jitter* e *shimmer* atingiram, nos homens e mulheres, respectivamente, 0,315% e 0,213% e 1,207 dB e 1,038 dB. A PHR masculina foi de 24,3 e a feminina, de 27,4. A intensidade vocal foi de 73,5 dB e 71,3 dB, entre os homens as mulheres, respectivamente. F1, F2, F3 e F4 atingiram entre os homens e as mulheres, respectivamente, 598,2 Hz e 697,7 Hz; 1.228,0 Hz e 1.470,0 Hz;

2.499,0 Hz e 2.680,0 Hz; 3.767,0 Hz e 3.841,0 Hz, não diferindo entre normouvintes e surdos adultos usuários de IC.

A filtragem cepstral não constatou a presença de antiformantes e/ou o aumento das larguras de banda, não se observando a presença de formantes nasais. A influência das ações conjuntas dos articuladores favorece a identificação de nasalidade vocal percebida na APA.

Em suma, a voz do surdo adulto usuário de IC é percebida com grau geral de alteração moderado, com a presença de ressonâncias tipicamente laríngea, com presença de tensão e *pitch* e *loudness* considerados dentro da faixa de normalidade do protocolo utilizado para a APA neste estudo, mas com tendência a tons agudos e sons mais fortes.

A avaliação fonoaudiológica oromiofuncional e vocal, envolvendo a APA e a análise acústica da voz torna-se ferramenta fundamental na clínica, tendo em vista a possibilidade de estabelecimento de correlatos funcionais e identificação de adaptações decorrentes de hábitos ou aprendizados, que podem contribuir para a definição de uma qualidade vocal percebida como alterada, além de fornecer um conhecimento mais específico das variantes da produção da fala e voz e auxiliar no processo de habilitação e reabilitação fonoaudiológica do surdo.



## REFERÊNCIAS

1. Zelim WR. Anatomia e Fisiologia em Fonoaudiologia. 4.ed. Porto Alegre: ArtMed; 2000.
2. Hungria H. Otorrinolaringologia. 8.ed. Guanabara Koogan, editor. Rio de Janeiro: 2000;
3. Le Huche FA. La Voz: Anatomía y Fisiología de los órganos de la voz y del habla. 2nd ed. Masson, editor. Barcelona: 1993;
4. Behlau M PP. O desenvolvimento ontogenético da voz: Do nascimento à senescência. In: Avaliação e Tratamento das Disfonias. Lovise, editor. São Paulo; 1995. 50–52 p.
5. Costa HO SM. História do Canto Através dos Tempos. In: Voz Cantada: Evolução, Avaliação e Terapia Fonoaudiológica. Lovise. 1998. 21–22 p.
6. Costa HO SM. Anatomofisiologia Da Voz. In: Voz Cantada: Evolução, Avaliação e Terapia Fonoaudiológica. Lovise. São Paulo; 1998. 51–69 p.
7. Kent RD. Vocal tract acoustics. J Voice [Internet]. 1993 Jun;7(2):97–117. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S089219970580339X>
8. Boone DR MS. A Voz e a Terapia Vocal. 5ed ed. Artes Médicas, editor. Porto Alegre; 1994.
9. Colton RH CJ. Compreendendo os problemas de voz: uma perspectiva fisiológica ao diagnóstico e ao tratamento. Artes Médi. Porto Alegre; 1996.
10. Araújo SA. Análise Acústica da Voz Normal. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto; 1999.
11. Behlau MS. Voz: O Livro do Especialista. v. 1. Revinter, editor. Rio de Janeiro; 2001.
12. Andrade LMO, Vieira JM, Razera DE, Guerra, AC PJ. Medidas de perturbações da voz: um novo enfoque. Revista Brasileira de Fonoaudiologia. v2, n2. 2002;39–46.
13. Von Leden H. A cultural history of the larynx and voice. In Satallof RT. (Ed.): Professional Voice The Science and Art of Clinical Care. 2nd ed. Singular, editor. San Diego; 1997. 7–86 p.
14. Husson R. Physiologie de La Phonation. Masson, editor. Paris; 1962.
15. Van Den Berg J. Sur les theories mioelastique et neurocronaxique de la phonation. Ver. Layngol, editor. 1954. 75: 492-512.
16. Cornut G LJ. Vibrations neuromusculaires des cordes vocals et théories de la phonation. J Franç Otorhinolaryng. 1960;9:317–24.

17. Perellò J. La théorie muco-ondulatoire de la phonation. *Ann Otolaryngol.* 1962;79:722–5.
18. Silvestre JL MP. Le muscle vocal humain est-il asynchrone? *J Physiol.* 1968;5:373–89.
19. Titze I, Baken RJ HH. Evidence of chaos in vocal fold vibration. In: Titze IR. (Ed.): *Vocal Fold Physiology.* Singular. San Diego; 1993. 143–85 p.
20. Fant G. *Acoustic Theory of Speech Production.* 2<sup>a</sup> ed. Mouton, editor. Paris; 1970.
21. Lee J-W, Kang H-G, Choi J-Y, Son Y-I. An Investigation of Vocal Tract Characteristics for Acoustic Discrimination of Pathological Voices. *Biomed Res Int [Internet].* 2013;2013:1–11. Available from: <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2013/758731/>
22. Zhang, Y., Jiang, J. J., & Feroze FA. Wavelet-based denoising for improving nonlinear dynamic analysis of pathological voices. 2005;41(16):930.
23. Pinho SR. Proposta de avaliação da voz no deficiente auditivo. *Pró-Fono,* editor. 1990. 2(1):17-19.
24. Maxfield L, Palaparthi A, Titze I. New Evidence That Nonlinear Source-Filter Coupling Affects Harmonic Intensity and fo Stability During Instances of Harmonics Crossing Formants. *J Voice [Internet].* 2017 Mar;31(2):149–56. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199716300017>
25. Vieira JM. Perfil espectrográfico da hipernasalidade de fala de mulheres portadoras de fissura palatina [Internet]. [São Carlos]: Universidade de São Paulo; 2004. Available from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/82/82131/tde-25032004-083417/>
26. Wan P, Huang Z, Zheng Q. [Acoustic elementary research on voice resonance of Chinese population]. *Lin Chung Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi [Internet].* 2010 Mar;24(6):250–2. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20518287>
27. Hirano M. *Clinical examination of the voice.* Springer-Verlag, editor. New York; 1981.
28. Koishi HU, Tsuji DH, Imamura R, Sennes LU. Variação da intensidade vocal: estudo da vibração das pregas vocais em seres humanos com videoquimografia. *Rev Bras Otorrinolaringol [Internet].* 2003 Aug;69(4):464–70. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-72992003000400005&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-72992003000400005&lng=pt&tlng=pt)
29. Russo IP. *Acústica e Psicoacústica Aplicadas à Fonoaudiologia.* Lovise, editor. São Paulo; 1993.

30. Camargo, LOS, Rodrigues CM, Avelar J. Oclusão velofaríngea em indivíduos submetidos à nasoendoscopia na clínica de educação para saúde (CEPS). *Salusvita*, Bauru. 2001;v. 20, nn.1, 35–48.
31. KUMMER AW. Velopharyngeal dysfunction (VPD) and resonance disorders. In: Singular, editor. *Cleft palate & craniofacial anomalies: effects on speech and resonance*. San Diego; 2001. p. 145–76.
32. Moon JB KD. Anatomy and Physiology of Normal and Disordered Velopharyngeal Function for Speech, cap. 2, In: BZOCH, K.R. *Communicative Disorders: Related to Cleft Lip and Palate*. 4ª. Pro-ed, editor. Texas; 1997. 580 p.
33. Bento RF. Implante coclear. In: Bento RF, Queiroz GMS, Pinna MH. *Tratado de Otologia*. 2 ed. Atheneu, editor. São Paulo; 2013. 425–56 p.
34. Johns DF, Rohrich RJ, Awada M. Velopharyngeal Incompetence: *Plast Reconstr Surg* [Internet]. 2003 Dec;112(7):1890–8. Available from: <http://journals.lww.com/00006534-200312000-00021>
35. Qian J, Fu F, Liu X, He L, Yin H, Zhang H. The analysis and detection of hypernasality based on a formant extraction algorithm. *J Phys Conf Ser* [Internet]. 2017 Aug;887:012082. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/887/1/012082>
36. Stevens KN, Fant G HS. Some Acoustical and Perceptual Correlates of Nasal Vowels. In: In honor of Ilse Lehiste [Internet]. De Gruyter Mouton; 1987. p. 241–54. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783110886078.241/html>
37. Seara IC. Estudo acústico-perceptual da nasalidade das vogais do português brasileiro [Internet]. Universidade Federal de Santa Catarina; 2000. Available from: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/78117>
38. Trindade IEK, Genaro KF DR. Nasalance scores of normal Brazilian Portuguese speakers. *Braz J Dysmorphol Speech-Hear Disord* [Internet]. 1997;1(1):23–34. Available from: [https://repositorio.usp.br/single.php?\\_id=001293147&locale=en\\_US](https://repositorio.usp.br/single.php?_id=001293147&locale=en_US)
39. Kummer AW. *Cleft Palate and Craniofacial Anomalies: Effects on Speech and Resonance*. Cengage Learning, editor. Clifton Park; 2014.
40. Chen MY. Acoustic parameters of nasalized vowels in hearing-impaired and normal-hearing speakers. *J Acoust Soc Am* [Internet]. 1995 Nov;98(5):2443–53. Available from: <http://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.414399>
41. Gonçalves CGAB YR. Avaliação velofaríngea. In: *Anais: Universidade de São Paulo*,

editor. Bauru: Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais; 2013.

42. Trindade IEK, Genaro KF, Yamashita RP, Miguel HC, Fukushiro AP. Proposta de classificação da função velofaríngea na avaliação perceptivo-auditiva da fala. *Pró-Fono Rev Atualização Científica* [Internet]. 2005 Aug;17(2):259–62. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-56872005000200015&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-56872005000200015&lng=pt&tlng=pt)
43. Wirz S. The voice of the Deaf. In: Fawcus M, editor. *Voice Disorders and their Management*. Croom Helm; 1986.
44. Giusti MC, Padovani MMP, Behlau M GL. A voz da criança deficiente auditiva. *Rev Bras Otorrinol*. 2001;67((1)):29–35.
45. Barsties B, De Bodt M. Assessment of voice quality: Current state-of-the-art. *Auris Nasus Larynx* [Internet]. 2015 Jun;42(3):183–8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0385814614002053>
46. Eadie TL, Baylor CR. The Effect of Perceptual Training on Inexperienced Listeners' Judgments of Dysphonic Voice. *J Voice* [Internet]. 2006 Dec;20(4):527–44. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199705000998>
47. Bhuta T, Patrick L, Garnett JD. Perceptual evaluation of voice quality and its correlation with acoustic measurements. *J Voice* [Internet]. 2004 Sep;18(3):299–304. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199703001735>
48. Behlau M, Azevedo R PP. Conceito de voz normal e classificação das disfonias. In: Revinter, editor. *Voz: o Livro do Especialista I*. São Paulo; 2001. p. 54–74.
49. Yamasaki R, Leão S, Madazio G, Padovani M, Azevedo R, Behlau M. Correspondência entre escala analógico-visual e a escala numérica na avaliação perceptivo-auditiva de vozes. XVI Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia, editor. Campos do Jordão; 2008.
50. Iwarsson J, Reinholt Petersen N. Effects of Consensus Training on the Reliability of Auditory Perceptual Ratings of Voice Quality. *J Voice* [Internet]. 2012 May;26(3):304–12. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199711001032>
51. Oates J. Auditory-Perceptual Evaluation of Disordered Voice Quality. *Folia Phoniatr Logop* [Internet]. 2009;61(1):49–56. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/200768>
52. Brasolotto AG RM. Diagnóstico vocal fonoaudiológico. In: In: Rehder MI BA, editor. *Disfonia e Disfagia: Interface, Atualização e Prática Clínica*. 1a ed. Rio de Janeiro:

Revinter; 2011. p. 1–38.

53. Freitas SAVdS. Avaliação acústica e áudio perceptiva na caracterização da voz humana. Universidade do Porto, Portugal; 2012.
54. Mackenzie-Beck J. Perceptual analysis of voice quality: the place of vocal profile analysis. In: Hardcastle WJ M-BJ, editor. A figure of speech: a festschrift for John Laver. Mahwah: Lawrence Erlbrum Associates; 2005. p. 285–322.
55. Sellars C, Stanton AE, McConnachie A, Dunnet CP, Chapman LM, Bucknall CE, et al. Reliability of perceptions of voice quality: evidence from a problem asthma clinic population. *J Laryngol Otol* [Internet]. 2009 Jul 2;123(7):755–63. Available from: [https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0022215109004605/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0022215109004605/type/journal_article)
56. Eadie TL, Doyle PC. Classification of Dysphonic Voice: Acoustic and Auditory-Perceptual Measures. *J Voice* [Internet]. 2005 Mar;19(1):1–14. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199704000256>
57. Bele IV. Reliability in Perceptual Analysis of Voice Quality. *J Voice* [Internet]. 2005 Dec;19(4):555–73. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199704001286>
58. Awan SN, Roy N. Acoustic Prediction of Voice Type in Women with Functional Dysphonia. *J Voice* [Internet]. 2005 Jun;19(2):268–82. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199704000475>
59. Kreiman J, Gerratt BR, Ito M. When and why listeners disagree in voice quality assessment tasks. *J Acoust Soc Am* [Internet]. 2007 Oct;122(4):2354–64. Available from: <http://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.2770547>
60. Coelho-Ribeiro ACC. Desenvolvimento e validação de um protocolo de avaliação perceptivo-auditiva da voz de deficientes auditivos usuários de implante coclear. [Internet]. Universidade de Brasília; 2017. Available from: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/31678>
61. Guimarães I. A Ciência e a Arte da Voz Humana. Escola Superior de Saúde de Alcoitão, editor. Lisboa; 2007.
62. Dalston RM, Warren DW, Dalston ET. Use of Nasometry as a Diagnostic Tool for Identifying Patients with Velopharyngeal Impairment. *Cleft Palate-Craniofacial J* [Internet]. 1991 Apr 15;28(2):184–9. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1597/1545->

1569\_1991\_028\_0184\_uonaad\_2.3.co\_2

63. Lewis KE, Watterson T, Quint T. The Effect of Vowels on Nasalance Scores. *Cleft Palate-Craniofacial J* [Internet]. 2000 Nov;37(6):584–9. Available from: <http://www.cpcjournal.org/doi/abs/10.1597/1545-1569%282000%29037%3C0584%3ATEOVON%3E2.0.CO%3B2>
64. Fletcher SG. “Nasalance” vs. listener judgements of nasality. *Cleft Palate J* [Internet]. 1976 Jan;13:31–44. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1060524>
65. LaPine PR, Stewart MG, Tatchell J. Application of Nasometry to Speech Samples of Hearing-Impaired Children. *Percept Mot Skills* [Internet]. 1991 Oct 31;73(2):467–75. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.2466/pms.1991.73.2.467>
66. Kim EY, Yoon MS, Kim HH, Nam CM, Park ES, Hong SH. Characteristics of Nasal Resonance and Perceptual Rating in Prelingual Hearing Impaired Adults. *Clin Exp Otorhinolaryngol* [Internet]. 2012;5(1):1–9. Available from: <http://e-ceo.org/journal/view.php?doi=10.3342/ceo.2012.5.1.1>
67. Moraes VC. Nasalância para adultos de meia-idade e idosos falantes do português brasileiro [Internet]. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Marília; 2017. Available from: <http://hdl.handle.net/11449/150675>
68. Di Ninno CQMS, Vieira JM, Teles LC, Padovani C. Determinação dos valores de nasalância para falantes normais do Português Brasileiro. *Pró-Fono*. 2001;13(1):71–7.
69. Marino VC de C, Dutka J de CR, de Boer G, Cardoso VM, Ramos RG, Bressmann T. Normative Nasalance Scores for Brazilian Portuguese Using New Speech Stimuli. *Folia Phoniatr Logop* [Internet]. 2016;67(5):238–44. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/441976>
70. Mayo CM MR. Normative nasalance values across languages. *Echo* [Internet]. 2011;6(1):22–32. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/234145342\\_Normative\\_nasalance\\_values\\_across\\_languages](https://www.researchgate.net/publication/234145342_Normative_nasalance_values_across_languages)
71. D’haeseleer E, Bettens K, De Mets S, De Moor V, Van Lierde K. Normative Data and Dialectal Effects on Nasalance in Flemish Adults. *Folia Phoniatr Logop* [Internet]. 2015;67(1):42–8. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/374110>
72. Silva TC. Fonética e fonologia do português: roteiro de estudos e guia de exercícios. 7ª. Contexto, editor. São Paulo; 2003.

73. Mendes BCA. Estudo fonético-acústico das vogais do português brasileiro: dados da produção e percepção da fala de um sujeito deficiente auditivo [Internet]. Pontifícia Universidade Católica, São Paulo; 2003. Available from: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/14029>
74. França A. Problems in the tense variant of carioca speech. DELTA. 2003;20:33–58.
75. Viegas F, Viegas D, Guimarães GS, Souza MMG de, Luiz RR, Simões-Zenari M, et al. Comparison of fundamental frequency and formants frequency measurements in two speech tasks. Revista CEFAC [Internet]. 2019;21(6). Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-18462019000600504&tIng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462019000600504&tIng=en)
76. Fant G. Speech sounds and features. The MIT Press, editor. Cambridge; 1974.
77. Stevens KN, House AS. An Acoustical Theory of Vowel Production and Some of its Implications. J Speech Hear Res [Internet]. 1961 Dec;4(4):303–20. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/jshr.0404.303>
78. Lindblom B, Sundberg J. Acoustical Consequences of Lip, Tongue, Jaw, and Larynx Movement. J Acoust Soc Am [Internet]. 1970 Jul;50(4):1166–79. Available from: <http://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.1974958>
79. Camargo Z, Madureira S TD. Analysis of dysphonic voices based on the interpretation of acoustic, physiological and perceptual data. 16th Int Semin Speech Prod Proceedings, Sidney. 2003;
80. Russell A, Penny L, Pemberton C. Speaking Fundamental Frequency Changes Over Time in Women: A Longitudinal Study. J Speech, Lang Hear Res [Internet]. 1995 Feb;38(1):101–9. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/jshr.3801.101>
81. Magri A, Cukier-Blaj S, Karman D de F e, Camargo ZA de. Correlatos perceptivos e acústicos dos ajustes supraglóticos na disfonia. Rev CEFAC [Internet]. 2007 Dec;9(4):512–8. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-18462007000400012&lng=pt&tIng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462007000400012&lng=pt&tIng=pt)
82. Behlau MS; Pontes PAL; Ganância MM; Tosi O. Análise espectrográfica de formantes das vogais do português brasileiro. Acta AWHO. 1998;7(2):74–85.
83. Silva AHP. Para a descrição fonético-acústica das líquidas no português brasileiro: dados de um informante paulistano. Sínteses Rev dos Cursos Pós-graduação, IEL/UNICAMP [Internet]. 1997;2:367–77. Available from:

<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/270650>

84. Kent RD RC. *Análise Acústica da Fala*. 1ª. Cortez, editor. São Paulo; 2015.
85. Lima MFB de, Camargo ZA de, Ferreira LP, Madureira S. Qualidade vocal e formantes das vogais de falantes adultos da cidade de João Pessoa. *Rev CEFAC* [Internet]. 2007 Mar;9(1):99–109. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-18462007000100013&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462007000100013&lng=pt&tlng=pt)
86. Grepl M, Furst T, Pesak J. The F1-F2 vowel chart for Czech whispered vowels a, e, i, o, u. *Biomed Pap* [Internet]. 2007 Dec 1;151(2):353–6. Available from: <http://biomed.papers.upol.cz/doi/10.5507/bp.2007.061.html>
87. Borden GJ, Harris KS RL. *Speech Science Primer: Physiology, Acoustics, and Perception of Speech*. 4ª. Wilkins LW&, editor. Maryland; 2002.
88. Ladefoged P MI. *The sounds of the world's languages*. Blackwell, editor. Oxford; 1996.
89. Stevens KN. *Acoustic Phonetics*. Press M, editor. London; 2000.
90. Behlau M MG. Os laboratórios de voz na clínica moderna. *Revista Fono Atual*. 1997;3: 9-11.
91. Costa SL do NC. *Análise Acústica, Baseada no Modelo Linear de Produção da Fala, Para Discriminação de Vozes Patológicas*. [Internet]. Universidade Federal de Campina Grande, PB; 2008. Available from: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/3311>
92. Lopes LW, Alves GÂ dos S, Melo ML de. Content evidence of a spectrographic analysis protocol. *Rev CEFAC* [Internet]. 2017 Aug;19(4):510–28. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-18462017000400510&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462017000400510&lng=en&tlng=en)
93. Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P, Cornut G, Crevier-Buchman L, Friedrich G, et al. A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology* [Internet]. 2001 Feb 28;258(2):77–82. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s004050000299>
94. Godino-Llorente JI, Osma-Ruiz V, Sáenz-Lechón N, Gómez-Vilda P, Blanco-Velasco M, Cruz-Roldán F. The Effectiveness of the Glottal to Noise Excitation Ratio for the Screening of Voice Disorders. *J Voice* [Internet]. 2010 Jan;24(1):47–56. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199708000684>



95. Pinho SMR CZ. Introdução à análise acústica da voz e da fala. In: PINHO SMR, editor. *Tópicos em voz*. Rio de Janeiro: Revinter; 2001.
96. Barros APB C-DAE. Análise acústica da voz. In: Dedivits RA BA, editor. *Métodos de avaliação e diagnóstico de laringe e voz*. São Paulo: Louvise; 2002. p. 201–21.
97. Andrade LM de O. Determinação dos limiares de normalidade dos parâmetros acústicos da voz [Internet]. [São Carlos]: Universidade de São Paulo; 2003. Available from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/82/82131/tde-28062005-102634/>
98. Nicastrì M, Chiarella G, Gallo L V, Catalano M, Cassandro E. Multidimensional Voice Program (MDVP) and amplitude variation parameters in euphonic adult subjects. Normative study. *Acta Otorhinolaryngol Ital* [Internet]. 2004 Dec;24(6):337–41. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15952683>
99. Santos IR dos. Análise acústica da voz de indivíduos na terceira idade [Internet]. [São Carlos]: Universidade de São Paulo; 2005. Available from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/82/82131/tde-28062005-105830/>
100. Felipe ACN de, Grillo MHMM, Grechi TH. Normatização de medidas acústicas para vozes normais. *Rev Bras Otorrinolaringol* [Internet]. 2006 Oct;72(5):659–64. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-72992006000500013&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-72992006000500013&lng=pt&tlng=pt)
101. Godino-Llorente JI, Osma-Ruiz V, Sáenz-Lechón N, Cobeta-Marco I, González-Herranz R, Ramírez-Calvo C. Acoustic analysis of voice using WPCVox: a comparative study with Multi Dimensional Voice Program. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology* [Internet]. 2008 Apr 9;265(4):465–76. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00405-007-0467-x>
102. Horii Y. Some Statistical Characteristics of Voice Fundamental Frequency. *J Speech Hear Res* [Internet]. 1975 Mar;18(1):192–201. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/jshr.1801.192>
103. Verstraete J, Forrez G, Mertens P, Debruyne F. The Effect of Sustained Phonation at High and Low Pitch on Vocal Jitter and Shimmer. *Folia Phoniatr Logop* [Internet]. 1993;45(5):223–8. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/266266>
104. Sussman JE, Sapienza C. Articulatory, developmental, and gender effects on measures of fundamental frequency and jitter. *J Voice* [Internet]. 1994 Jun;8(2):145–56. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199705803066>
105. Sorensen D, Horii Y. Cigarette smoking and voice fundamental frequency. *J Commun*

- Disord [Internet]. 1982 Mar;15(2):135–44. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0021992482900272>
106. Deem JF, Manning WH, Knack J V., Matesich JS. The Automatic Extraction of Pitch Perturbation Using Microcomputers. *J Speech, Lang Hear Res* [Internet]. 1989 Sep;32(3):689–97. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/jshr.3203.689>
  107. Fitch JL. Consistency of Fundamental Frequency and Perturbation in Repeated Phonations of Sustained Vowels, Reading, and Connected Speech. *J Speech Hear Disord* [Internet]. 1990 May;55(2):360–3. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/jshd.5502.360>
  108. Milenkovic P. Least Mean Square Measures of Voice Perturbation. *J Speech, Lang Hear Res* [Internet]. 1987 Dec;30(4):529–38. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/jshr.3004.529>
  109. Linville SE, Korabic EW. Fundamental frequency stability characteristics of elderly women's voices. *J Acoust Soc Am* [Internet]. 1987 Apr;81(4):1196–9. Available from: <http://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.394642>
  110. Brown WS, Morris RJ, Michel JF. Vocal jitter in young adult and aged female voices. *J Voice* [Internet]. 1989 Jun;3(2):113–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199789801377>
  111. Higgins MB, Saxman JH. Variations in vocal frequency perturbation across the menstrual cycle. *J Voice* [Internet]. 1989 Sep;3(3):233–43. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199789800050>
  112. Shipp T, Qi Y, Huntley R, Hollien H. Acoustic and temporal correlates of perceived age. *J Voice* [Internet]. 1992 Jan;6(3):211–6. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199705801456>
  113. Linville SE. Intraspeaker variability in fundamental frequency stability: An age-related phenomenon? *J Acoust Soc Am* [Internet]. 1988 Feb;83(2):741–5. Available from: <http://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.396116>
  114. Baken RJ OR. Clinical measurement of speech and voice. 2<sup>a</sup>. Singular Thomson Learning, editor. San Diego; 2000. 225–284 p.
  115. Ramig LA, Ringel RL. Effects of Physiological Aging on Selected Acoustic Characteristics of Voice. *J Speech, Lang Hear Res* [Internet]. 1983 Mar;26(1):22–30. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/jshr.2601.22>
  116. Schoentgen J, de Guchteneere R. Time series analysis of jitter. *J Phon* [Internet].

- 1995 Jan;23(1–2):189–201. Available from:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0095447095800425>
117. Titze IR. Principles of Voice Production. Prentice-Hall International, editor. London; 1994. 330–338 p.
118. Murphy PJ, Akande OO. Cepstrum-Based Estimation of the Harmonics-to-Noise Ratio for Synthesized and Human Voice Signals. In 2006. p. 150–60. Available from:  
[http://link.springer.com/10.1007/11613107\\_13](http://link.springer.com/10.1007/11613107_13)
119. Yumoto E, Sasaki Y, Okamura H. Harmonics-to-Noise Ratio and Psychophysical Measurement of the Degree of Hoarseness. J Speech, Lang Hear Res [Internet]. 1984 Mar;27(1):2–6. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/jshr.2701.02>
120. Dejonckere PH, Wieneke G. 9. Cepstra of normal and pathological voices in correlation to acoustical, aerodynamic and perceptual data. In 1996. p. 217. Available from: <https://benjamins.com/catalog/sspcl.6.13dej>
121. Kent RD. Acoustic Phonetics. In: Singular, editor. The Speech Sciences. San Diego; 1997. p. 329–70.
122. Goldberg R RL. A practical handbook of speech coders. CRC Press, editor. Boca Raton; 2000.
123. Akande OO, Murphy PJ. Estimation of the vocal tract transfer function with application to glottal wave analysis. Speech Commun [Internet]. 2005 May;46(1):15–36. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167639305000269>
124. Oppenheim AV, Schafer RW. Dsp history - From frequency to quefrequency: a history of the cepstrum. IEEE Signal Process Mag [Internet]. 2004 Sep;21(5):95–106. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1328092/>
125. Awan SN, Roy N, Jetté ME, Meltzner GS, Hillman RE. Quantifying dysphonia severity using a spectral/cepstral-based acoustic index: Comparisons with auditory-perceptual judgements from the CAPE-V. Clin Linguist Phon [Internet]. 2010 Sep 5;24(9):742–58. Available from:  
<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/02699206.2010.492446>
126. Awan SN, Awan JA. A Two-Stage Cepstral Analysis Procedure for the Classification of Rough Voices. J Voice [Internet]. 2020 Jan;34(1):9–19. Available from:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199718300699>
127. Esen Aydinli F, Özcebe E, İncebay Ö. Use of cepstral analysis for differentiating dysphonic from normal voices in children. Int J Pediatr Otorhinolaryngol [Internet].

- 2019 Jan;116:107–13. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165587618305433>
128. Delgado-Hernández J, León-Gómez NM, Izquierdo-Arteaga LM, Llanos-Fumero Y. Cepstral Analysis of Normal and Pathological Voice in Spanish Adults. Smoothed Cepstral Peak Prominence in Sustained Vowels Versus Connected Speech. *Acta Otorrinolaringol (English Ed [Internet])*. 2018 May;69(3):134–40. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2173573518300334>
129. Lowell SY, Kelley RT, Awan SN, Colton RH, Chan NH. Spectral- and Cepstral-Based Acoustic Features of Dysphonic, Strained Voice Quality. *Ann Otol Rhinol Laryngol [Internet]*. 2012 Aug 30;121(8):539–48. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/000348941212100808>
130. Teixeira JP, Ferreira DB CS. Análise Acústica Vocal - Determinação do Jitter e Shimmer para diagnóstico de patologias da fala. Bragança ES de T e gestão-IP de, editor. Portugal; 2011.
131. Hassan EM, Abdel Hady AF, Shohdi SS, Eldessouky HM, Din MHB. Assessment of dysphonia: cepstral analysis versus conventional acoustic analysis. *Logop Phoniatr Vocology [Internet]*. 2020 May 21;1–11. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14015439.2020.1767202>
132. Alharbi GG, Cannito MP, Buder EH, Awan SN. Spectral/Cepstral Analyses of Phonation in Parkinson's Disease before and after Voice Treatment: A Preliminary Study. *Folia Phoniatr Logop [Internet]*. 2019;71(5–6):275–85. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/495837>
133. Balasubramaniam RK, Shastry A, Singh M, Bhat JS. Cepstral Characteristics of Voice in Indian Female Classical Carnatic Singers. *J Voice [Internet]*. 2015 Nov;29(6):693–5. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S089219971500003X>
134. Ferrer Riesgo CA, Nöth E. What Makes the Cepstral Peak Prominence Different to Other Acoustic Correlates of Vocal Quality? *J Voice [Internet]*. 2020 Sep;34(5):806.e1-806.e6. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199718304193>
135. Infusino SA, Diercks GR, Rogers DJ, Garcia J, Ojha S, Maurer R, et al. Establishment of a Normative Cepstral Pediatric Acoustic Database. *JAMA Otolaryngol Neck Surg [Internet]*. 2015 Apr 1;141(4):358. Available from: <http://archotol.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jamaoto.2014.3545>

136. Booth A, Clarke M, Gherzi D, Moher D, Petticrew M, Stewart L. An international registry of systematic-review protocols. *Lancet* [Internet]. 2011 Jan;377(9760):108–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673610609038>
137. Leder SB, Spitzer JB, Kirchner JC. Immediate effects of cochlear implantation on voice quality. *Arch Otorhinolaryngol* [Internet]. 1987 Jul;244(2):93–5. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/BF00458555>
138. Leder SB, Spitzer JB. Longitudinal Effects of Single-Channel Cochlear Implantation on Voice Quality. *Laryngoscope* [Internet]. 1990 Apr;100(4):395–8. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1288/00005537-199004000-00012>
139. Perkell J, Lane H, Svirsky M, Webster J. Speech of cochlear implant patients: A longitudinal study of vowel production. *J Acoust Soc Am* [Internet]. 1992 May;91(5):2961–78. Available from: <http://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.402932>
140. Schenk BS, Baumgartner W-D, Hamzavi JS. Changes in Vowel Quality after Cochlear Implantation. *ORL* [Internet]. 2003;65(3):184–8. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/72257>
141. Evans MK, Deliyski DD. Acoustic Voice Analysis of Prelingually Deaf Adults Before and After Cochlear Implantation. *J Voice* [Internet]. 2007 Nov;21(6):669–82. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199706000890>
142. Ubrig MT, Goffi-Gomez MVS, Weber R, Menezes MHM, Nemr NK, Tsuji DH, et al. Voice Analysis of Postlingually Deaf Adults Pre- and Postcochlear Implantation. *J Voice* [Internet]. 2011 Nov;25(6):692–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199710001232>
143. Loucks TM, Suneel D, Aronoff JM. Audio-vocal responses elicited in adult cochlear implant users. *J Acoust Soc Am* [Internet]. 2015 Oct;138(4):EL393–8. Available from: <http://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.4933233>
144. Yüksel M, Gündüz B. Long-term Average Speech Spectra of Postlingual Cochlear Implant Users. *J Voice* [Internet]. 2019 Mar;33(2):255.e19-255.e25. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S089219971730365X>
145. Abbs E, Aronoff JM, Kirchner A, O'Brien E, Harmon B. Cochlear Implant Users' Vocal Control Correlates Across Tasks. *J Voice* [Internet]. 2020 May;34(3):490.e7-490.e10. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199718304077>
146. Ubrig MT, Tsuji RK, Weber R, Menezes MHM, Barrichelo VMO, da Cunha MGB, et al. The Influence of Auditory Feedback and Vocal Rehabilitation on Prelingual

- Hearing-Impaired Individuals Post Cochlear Implant. *J Voice* [Internet]. 2019 Nov;33(6):947.e1-947.e9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199718301061>
147. Kempster GB, Gerratt BR, Verdolini Abbott K, Barkmeier-Kraemer J, Hillman RE. Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice: Development of a Standardized Clinical Protocol. *Am J Speech-Language Pathol* [Internet]. 2009 May;18(2):124–32. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/1058-0360%282008/08-0017%29>
148. Cysneiros HRS, Leal M de C, Lucena JA, Muniz LF. Relação entre percepção auditiva e produção vocal em implantados cocleares: uma revisão sistemática. *CoDAS* [Internet]. 2016 Oct 24;28(5):634–9. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2317-17822016000500634&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-17822016000500634&lng=pt&tlng=pt)
149. Coelho AC, Brasolotto AG, Bevilacqua MC. Análise sistemática dos benefícios do uso do implante coclear na produção vocal. *J Soc Bras Fonoaudiol* [Internet]. 2012;24(4):395–402. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2179-64912012000400018&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-64912012000400018&lng=pt&tlng=pt)
150. Cacciatore F, Napoli C, Abete P, Marciano E, Triassi M, Rengo F. Quality of Life Determinants and Hearing Function in an Elderly Population: Osservatorio Geriatrico Campano Study Group. *Gerontology* [Internet]. 1999;45(6):323–8. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/22113>
151. Behlau M, Thomé R, Azevedo R, Rehder MI TD. Disfonias congênitas. In: Revinter, editor. *Voz: O Livro do Especialista II*. 1ª. São Paulo; 2005. p. 1–50.
152. Munhall KG, MacDonald EN, Byrne SK, Johnsrude I. Talkers alter vowel production in response to real-time formant perturbation even when instructed not to compensate. *J Acoust Soc Am* [Internet]. 2009 Jan;125(1):384–90. Available from: <http://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.3035829>
153. Borges RHM. Avaliação de voz em deficientes auditivos: uma análise crítica. In: LP F, editor. *Dissertando sobre voz*. São Paulo: Pró-Fono; 1998. p. 150–71.
154. Spazzapan EA, Cardoso VM, Fabron EMG, Berti LC, Brasolotto AG, Marino VC de C. Características acústicas de vozes saudáveis de adultos: da idade jovem à meia-idade. *CoDAS* [Internet]. 2018 Oct 22;30(5). Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2317-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-)

17822018000500307&lng=pt&tlng=pt

155. Moon KR, Chung SM, Park HS, Kim HS. Materials of Acoustic Analysis: Sustained Vowel Versus Sentence. *J Voice* [Internet]. 2012 Sep;26(5):563–5. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199711001639>
156. Andrews ML. *Manual of voice treatment: pediatrics through geriatrics*. Singular Publishing, editor. San Diego; 1995.
157. Higgins MB, McCleary EA, Carney AE, Schulte L. Longitudinal Changes in Children's Speech and Voice Physiology after Cochlear Implantation. *Ear Hear* [Internet]. 2003 Feb;24(1):48–70. Available from: <http://journals.lww.com/00003446-200302000-00008>
158. Higgins MB, McCleary EA, Ide-Helvie DL, Carney AE. Speech and Voice Physiology of Children Who Are Hard of Hearing. *Ear Hear* [Internet]. 2005 Dec;26(6):546–58. Available from: <http://journals.lww.com/00003446-200512000-00003>
159. Hassan SM, Malki KH, Mesallam TA, Farahat M, Bukhari M, Murry T. The Effect of Cochlear Implantation on Nasalance of Speech in Postlingually Hearing-Impaired Adults. *J Voice* [Internet]. 2012 Sep;26(5):669.e17-669.e22. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199711001202>
160. Dotevall H, Lohmander-Agerskov A, Almquist S-Å, Bake B. Aerodynamic Assessment of Velopharyngeal Function during Normal Speech Containing Different Places of Articulation. *Folia Phoniatr Logop* [Internet]. 1998;50(2):53–63. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/21450>
161. Langereis MC, Dejonckere PH, van Olphen AF, Smoorenburg GF. Effect of Cochlear Implantation on Nasality in Post-Lingually Deafened Adults. *Folia Phoniatr Logop* [Internet]. 1997;49(6):308–14. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/266472>
162. Subtelny JD, Whitehead RL, Samar VJ. Spectral Study of Deviant Resonance in the Speech of Women Who Are Deaf. *J Speech, Lang Hear Res* [Internet]. 1992 Jun;35(3):574–9. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/jshr.3503.574>
163. Barbosa PA MS. *Manual de Fonética Acústica Experimental: Aplicações a Dados do Português*. Cortez, editor. São Paulo; 2015.
164. Kent RD, Vorperian HK. Static measurements of vowel formant frequencies and bandwidths: A review. *J Commun Disord* [Internet]. 2018 Jul;74:74–97. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021992417302575>

165. Laver J. The phonetic description of voice quality. Cambridge University Press, editor. Cambridge; 1980.
166. Subtelny JD, Whitehead RI ON. Description and evaluation of an instructional program to improve speech and voice diagnosis of the hearing impaired. *Volta Rev.* 1980;85–95.
167. Selleck MA, Sataloff RT. The Impact of the Auditory System on Phonation: A Review. *J Voice* [Internet]. 2014 Nov;28(6):688–93. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S089219971400068X>
168. Forner LL, Hixon TJ. Respiratory Kinematics in Profoundly Hearing-Impaired Speakers. *J Speech Hear Res* [Internet]. 1977 Jun;20(2):373–408. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/jshr.2002.373>
169. Coelho AC de C, Bevilacqua MC, Oliveira G, Behlau M. Relação entre voz e percepção de fala em crianças com implante coclear. *Pró-Fono Rev Atualização Científica* [Internet]. 2009 Mar;21(1):7–12. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-56872009000100002&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-56872009000100002&lng=pt&tlng=pt)
170. Ferraz PRR, Bertoldo SV, Costa LGM, Serra ECN, Silva EM, Brito LMO, et al. Vocal Parameters and Voice-Related Quality of Life in Adult Women With and Without Ovarian Function. *J Voice* [Internet]. 2013 May;27(3):355–60. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199712001853>
171. Honda K, Baer T, Hirose H, Sawashima M. Relationship between vowel articulation and pitch control. *J Acoust Soc Am* [Internet]. 1981 May;69(S1):S67–S67. Available from: <http://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.386169>
172. Goy H, Fernandes DN, Pichora-Fuller MK, van Lieshout P. Normative Voice Data for Younger and Older Adults. *J Voice* [Internet]. 2013 Sep;27(5):545–55. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199713000489>
173. Nishio M, Niimi S. Changes in Speaking Fundamental Frequency Characteristics with Aging. *Folia Phoniatr Logop* [Internet]. 2008;60(3):120–7. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/118510>
174. D’haeseleer E, Depypere H, Claeys S, Wuyts FL, Baudonck N, Van Lierde KM. Vocal Characteristics of Middle-Aged Premenopausal Women. *J Voice* [Internet]. 2011 May;25(3):360–6. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199709002057>



175. Soltani M, Ashayeri H, Modarresi Y, Salavati M, Ghomashchi H. Fundamental Frequency Changes of Persian Speakers Across the Life Span. *J Voice* [Internet]. 2014 May;28(3):274–81. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199713002221>
176. Dehqan A, Ansari H, Bakhtiar M. Objective Voice Analysis of Iranian Speakers with Normal Voices. *J Voice* [Internet]. 2010 Mar;24(2):161–7. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199708001136>
177. Boersma P, Weenick D. Praat Manual [Internet]. Amsterdam: University of Amsterdam, Phonetic Sciences Department; 2006. Available from: <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>
178. Awan SN, Frenkel ML. Improvements in estimating the harmonics-to-noise ratio of the voice. *J Voice* [Internet]. 1994 Sep;8(3):255–62. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199705802978>
179. Ferrand CT. Harmonics-to-Noise Ratio. *J Voice* [Internet]. 2002 Dec;16(4):480–7. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199702001236>
180. Linville SE. Glottal Gap Configurations in Two Age Groups of Women. *J Speech, Lang Hear Res* [Internet]. 1992 Dec;35(6):1209–15. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/jshr.3506.1209>
181. Pontes P, Kyrillos L, Behlau M, De Biase N, Pontes A. Vocal Nodules and Laryngeal Morphology. *J Voice* [Internet]. 2002 Sep;16(3):408–14. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199702001121>
182. Pontes P, Yamasaki R, Behlau M. Morphological and Functional Aspects of the Senile Larynx. *Folia Phoniatr Logop* [Internet]. 2006;58(3):151–8. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/91729>
183. Stathopoulos ET, Huber JE, Sussman JE. Changes in Acoustic Characteristics of the Voice Across the Life Span: Measures From Individuals 4–93 Years of Age. *J Speech, Lang Hear Res* [Internet]. 2011 Aug;54(4):1011–21. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/1092-4388%282010/10-0036%29>
184. Sapienza CM, Dutka J. Glottal Airflow Characteristics of Women's Voice Production Along an Aging Continuum. *J Speech, Lang Hear Res* [Internet]. 1996 Apr;39(2):322–8. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/jshr.3902.322>
185. Huber JE, Stathopoulos ET, Curione GM, Ash TA, Johnson K. Formants of children, women, and men: The effects of vocal intensity variation. *J Acoust Soc Am* [Internet].

- 1999 Sep;106(3):1532–42. Available from:  
<http://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.427150>
186. Biever DM, Bless DM. Vibratory characteristics of the vocal folds in young adult and geriatric women. *J Voice* [Internet]. 1989 Jun;3(2):120–31. Available from:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199789801389>
187. Huber JE. Effects of utterance length and vocal loudness on speech breathing in older adults. *Respir Physiol Neurobiol* [Internet]. 2008 Dec;164(3):323–30. Available from:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S156990480800219X>
188. Huber JE, Spruill J. Age-Related Changes to Speech Breathing With Increased Vocal Loudness. *J Speech, Lang Hear Res* [Internet]. 2008 Jun;51(3):651–68. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/1092-4388%282008/047%29>
189. Jafari N, Yadegari F, Jalaie S. Acoustic Analysis of Persian Vowels in Cochlear Implant Users: A Comparison With Hearing-impaired Children Using Hearing Aid and Normal-hearing Children. *J Voice* [Internet]. 2016 Nov;30(6):763.e1-763.e7. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199715002246>
190. Heman-Ackah YD, Michael DD, Baroody MM, Ostrowski R, Hillenbrand J, Heuer RJ, et al. Cepstral Peak Prominence: A More Reliable Measure of Dysphonia. *Ann Otol Rhinol Laryngol* [Internet]. 2003 Apr 28;112(4):324–33. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/000348940311200406>
191. Diehl RL. Acoustic and auditory phonetics: the adaptive design of speech sound systems. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* [Internet]. 2008 Mar 12;363(1493):965–78. Available from: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2007.2153>
192. Kent RD RC. *The Acoustic Analysis of Speech*. Cengage Learning, editor. 1992. p. 14; 18;22-27;87-100.
193. Marino VCC, Williams WN, Wharton PW, Paulk MF, Dutka-Souza JCR, Schulz GM. Immediate and Sustained Changes in Tongue Movement with an Experimental Palatal “Fistula”: A Case Study. *Cleft Palate-Craniofacial J* [Internet]. 2005 May 15;42(3):286–96. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1597/03-048.1>
194. Mendoza E, Valencia N, Muñoz J, Trujillo H. Differences in voice quality between men and women: Use of the long-term average spectrum (LTAS). *J Voice* [Internet]. 1996 Jan;10(1):59–66. Available from:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199796800191>
195. Nordenberg M SJ. Effect on LTAS of vocal loudness variation. TMH-QPSR, KTH.

- 2003;45(1):93–100.
196. Soyama CK, Espassatempo CL, Gregio FN, Camargo Z. Qualidade vocal na terceira idade: parâmetros acústicos de longo termo de vozes masculinas e femininas. *Rev CEFAC* [Internet]. 2005;7(2):267–79. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169320502015>
  197. Löfqvist A, Mandersson B. Long-Time Average Spectrum of Speech and Voice Analysis. *Folia Phoniatr Logop* [Internet]. 1987;39(5):221–9. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/265863>
  198. Hanson HM, Chuang ES. Glottal characteristics of male speakers: Acoustic correlates and comparison with female data. *J Acoust Soc Am* [Internet]. 1999 Aug;106(2):1064–77. Available from: <http://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.427116>
  199. Stathopoulos ET, Sapienza CM. Developmental Changes in Laryngeal and Respiratory Function With Variations in Sound Pressure Level. *J Speech, Lang Hear Res* [Internet]. 1997 Jun;40(3):595–614. Available from: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/jslhr.4003.595>
  200. Kovačić G, Boersma P DH. Long-term average spectra in professional folk singing voices: a comparison of the Klapa and dozivački styles. *Inst Phonetic Sci Univ Amsterdam*. 2003;25:53–64.
  201. Kitzing P. LTAS criteria pertinent to the measurement of voice quality. *J Phon* [Internet]. 1986 Oct;14(3–4):477–82. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S009544701930693X>
  202. Master S. Análise acústica da voz projetada de atores e não atores masculinos: long term average spectrum e o formante do ator [Internet]. Universidade Federal de São Paulo; 2005. Available from: <http://repositorio.unifesp.br/handle/11600/20991>
  203. Hammarberg B, Fritzell B, Gaufin J, Sundberg J, Wedin L. Perceptual and Acoustic Correlates of Abnormal Voice Qualities. *Acta Otolaryngol* [Internet]. 1980 Jan 8;90(1–6):441–51. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/00016488009131746>
  204. Figueiredo RM. A Eficácia de Medidas Extraídas do Espectro de Longo Termo para a Identificação de Falantes. *CadEstLing*. 1993;25:129–60.
  205. Camargo ZA, Vilarim GS CS. Parâmetros perceptivos-auditivos e acústicos de longo termo da qualidade de indivíduos disfônicos. *Rev CEFAC*. 2004;6(2):189–96.
  206. Viola IC. Expressividade, Estilo e Gesto Vocal. Instituto Santa Teresa, editor. Lorena;

- 2008.
207. Redder MI, Cazumba LF CM. Identificação de Falantes: uma Introdução à Fonoaudiologia Forense. Revinter, editor. Rio de Janeiro; 2015.
208. Watts CR. The Effect of CAPE-V Sentences on Cepstral/Spectral Acoustic Measures in Dysphonic Speakers. *Folia Phoniatr Logop* [Internet]. 2015;67(1):15–20. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/371656>
209. Browman CP, Goldstein L. Articulatory Phonology: An Overview. *Phonetica* [Internet]. 1992 May 1;49(3–4):155–80. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1159/000261913/html>
210. Saltzman E, Kelso JA. Skilled actions: A task-dynamic approach. *Psychol Rev* [Internet]. 1987;94(1):84–106. Available from: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0033-295X.94.1.84>
211. Pereira França F, Da Silva Evangelista D, Wanderley Lopes L. REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE OS FORMANTES E A PRODUÇÃO DA VOZ E FALA. *PROLÍNGUA* [Internet]. 2017 Oct 6;12(1). Available from: <http://www.periodicos.ufpb.br/index.php/prolingua/article/view/36627>

## ANEXO A – Protocolo de Avaliação de Voz do Deficiente Auditivo (PAV-DA)

NOME: \_\_\_\_\_ SEXO: \_\_\_\_\_ DN: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
 DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ EMISSÃO: \_\_\_\_\_

1. ASPECTOS SUPRASEGMENTARES DA VOZ		*Devem ser avaliados apenas para fala encadeada e conversa espontânea	PONTUAÇÃO
<i>Inteligibilidade</i>	0 _____ 100		
	Inteligível	Ininteligível	_____
<i>Articulação</i>	0 _____ 100		
	Adequada	Excessivamente alterada	_____
<i>Entonação</i>			
	-100 _____   _____ +100		
Excessivamente monótona		Adequada	Excessivamente exagerada _____
<i>Velocidade de fala</i>			
	-100 _____   _____ +100		
Excessivamente lenta		Adequada	Excessivamente rápida _____
2. COORDENAÇÃO PNEUMOFONOARTICULATÓRIA		*Deve ser avaliada apenas para fala encadeada e conversa espontânea	PONTUAÇÃO
	0 _____ 100		
	Adequada	Excessivamente alterada	_____
3. FOCO DE RESSONÂNCIA			PONTUAÇÃO
<i>Foco vertical</i>	0 _____ 100		
	Adequado	Excessivamente laríngeo	_____
	0 _____ 100		
	Adequado	Excessivamente faríngeo	_____
	0 _____ 100		
	Adequado	Excessivamente hiponasal	_____
	0 _____ 100		
	Adequado	Excessivamente hipernasal	_____

<i>Foco Horizontal</i>	0 _____ 100		
	Adequado	Excessivamente anterior	_____
	0 _____ 100		
	Adequado	Excessivamente posterior	_____
<b>4. FONAÇÃO</b>			<b>PONTUAÇÃO</b>
<i>Tensão</i>	0 _____ 100		
	Ausente	Excessiva	_____
<i>Soprosidade</i>	0 _____ 100		
	Ausente	Excessiva	_____
<i>Rugosidade</i>	0 _____ 100		
	Ausente	Excessiva	_____
<i>Instabilidade</i>	0 _____ 100		
	Ausente	Excessiva	_____
<i>Pitch</i>			
-100 _____   _____ +100			
Excessivamente grave	Médio	Excessivamente agudo	_____
<i>Loudness</i>			
-100 _____   _____ +100			
Excessivamente fraco	Médio	Excessivamente forte	_____
<b>5. PARÂMETRO ADICIONAL: _____</b>			<b>PONTUAÇÃO</b>
	0 _____ 100		
	Ausente	Excessivo	_____
<b>6. IMPRESSÃO GERAL DA VOZ</b>			<b>PONTUAÇÃO</b>
	0 _____ 100		
	Adequada	Excessivamente alterada	_____
<b>7. COMENTÁRIOS</b>			
_____			

## ANEXO B – Teste de semelhança de variáveis GE

Aspectos	Gênero masculino								
	Vogal sustentada			Fala encadeada			Conversa espontânea		
	PRL	POL	p	PRL	POL	p	PRL	POL	p
<u>Aspectos suprasegmentais da qualidade vocal</u>									
Inteligibilidade							34,33	10,60	0,335
Articulação							58,33	24,60	0,028
Entonação							7,00	13,60	0,796
<u>Coordenação pneumofonoarticulatória</u>									
CPFA							27,00	28,20	1,000
<u>Ressonância</u>									
Excessivamente laríngea	38,00	39,70	0,937	47,00	28,10	0,309	45,00	33,00	0,173
Excessivamente faríngea	21,00	29,50	0,074	30,00	33,80	0,735	17,67	21,80	0,931
Excessivamente hiponasal				43,00	18,20	0,160	43,00	11,40	0,076
Excessivamente hipernasal				11,67	36,90	0,346	55,67	43,40	0,111
Excessivamente anterior	0,00	0,00	NA	0,00	5,60	NA	0,00	0,00	NA
Excessivamente posterior	41,00	18,20	0,160	49,67	33,00	0,286	50,67	26,90	0,076
<u>Fonação</u>									

Aspectos	Gênero masculino									
	Vogal sustentada			Fala encadeada			Conversa espontânea			
	PRL	POL	p	PRL	POL	p	PRL	POL	p	
Tensão	40,00	45,60	0,692	26,67	38,78	0,263	47,00	34,36	0,865	
Soprosidade	28,33	20,70	0,229	5,00	5,50	0,926	22,67	12,70	0,296	
Rugosidade	36,67	41,80	0,865	33,33	16,70	0,028	44,00	34,00	0,937	
Instabilidade	44,00	48,10	0,692	37,33	15,90	0,370	48,67	41,00	0,692	
<i>Pitch</i>	-10,00	15,30	0,125	-25,33	6,50	0,053	-15,33	10,70	0,168	
<i>Loudness</i>	5,66	10,90	0,663	0,00	-4,20	0,847	3,66	10,70	0,782	
<u>Percepção vocal geral</u>										
Grau geral	46,67	43,80	1,000	58,00	47,70	0,468	64,67	44,90	0,076	

Todos os parâmetros foram comparados utilizando-se o teste de Mann-Whitney, com 95% de confiança.

**Legenda:** PRL, pré-lingual; POL, pós-lingual; p, p-valor.



Aspectos	Gênero feminino								
	Vogal sustentada			Fala encadeada			Conversa espontânea		
	PRL	POL	p	PRL	POL	p	PRL	POL	p
<u>Aspectos suprasegmentais da qualidade vocal</u>									
Inteligibilidade							18,63	0,00	NA
Articulação							33,63	32,00	0,918
Entonação							8,87	-0,33	0,605
<u>Coordenação pneumofonoarticulatória</u>									
CPFA							38,13	38,00	1,000
<u>Ressonância</u>									
Excessivamente laríngea	26,63	33,33	0,535	40,88	25,33	0,152	37,75	33,67	0,758
Excessivamente faríngea	24,75	22,33	0,605	23,00	27,33	0,918	26,50	30,67	1,000
Excessivamente hiponasal				38,25	0,00	NA	40,13	10,00	0,148
Excessivamente hipernasal				22,63	53,33	0,117	32,75	45,67	0,412
Excessivamente anterior	8,87	25,33	0,529	3,13	13,67	0,449	15,38	29,00	0,335
Excessivamente posterior	9,37	6,66	0,905	23,50	17,00	0,577	43,50	28,33	0,305
<u>Fonação</u>									
Tensão	33,13	39,33	0,278	40,50	37,00	1,000	42,88	45,67	0,918

Aspectos	Gênero feminino								
	Vogal sustentada			Fala encadeada			Conversa espontânea		
	PRL	POL	p	PRL	POL	p	PRL	POL	p
Soprosidade	24,75	30,67	0,630	10,88	14,67	0,918	20,00	20,67	0,472
Rugosidade	26,50	40,00	0,101	25,25	20,67	0,608	31,38	26,67	0,539
Instabilidade	36,50	52,67	0,219	28,88	31,00	0,921	46,75	44,00	0,474
<i>Pitch</i>	14,50	15,00	0,754	2,75	15,00	0,823	12,27	13,33	0,931
<i>Loudness</i>	-5,37	12,67	0,079	3,13	8,00	0,554	10,25	11,33	0,905
<u>Percepção vocal geral</u>									
Grau geral	41,50	49,67	0,278	46,25	37,67	0,375	56,75	51,67	0,412

Todos os parâmetros foram comparados utilizando-se o teste de Mann-Whitney, com 95% de confiança.

**Legenda:** PRL, pré-lingual; POL, pós-lingual; p, p-valor.

GRUPO EXPERIMENTAL							
PARÂMETRO	HOMEM			MULHER			TESTE
	PRÉ	PÓS	p	PRÉ	PÓS	p	
Frequência fundamental (Hz)	111,4	131,7	0,370	215,0	209,8	0,921	MW
<i>Jitter</i> (PPQ5, %)	0,210	0,347	0,692	0,191	0,273	0,122	MW
<i>Shimmer</i> (APQ5, dB)	0,963	1,280	0,573	0,957	1,36	0,177	MW
PHR	24,8	24,2	0,692	28,5	24,5	0,133	MW
Intensidade (dB)	73,8	73,5	1,000	69,7	75,5	0,193	MW
F1 (Hz)	496,3	628,8	0,468	708,6	668,4	0,775	MW
F2 (Hz)	1.117,0	1.261,0	0,111	1490,0	1418,0	0,497	MW
F3 (Hz)	2.676,0	2.446,0	0,160	2783,0	2406,0	0,278	MW
F4 (Hz)	3.742,0	3.775,0	0,573	3916,0	3641,0	0,497	MW

**LEGENDA:** PHR, proporção harmônio-ruído; p-valor, nível de significância de 95%; MW, Mann-Whitney.

## ANEXO C – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

UNB - FACULDADE DE  
MEDICINA DA UNIVERSIDADE  
DE BRASÍLIA



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** CARACTERÍSTICAS PERCEPTIVO-AUDITIVAS E ACÚSTICAS DA VOZ DO DEFICIENTE AUDITIVO USUÁRIO DE IMPLANTE COCLEAR

**Pesquisador:** DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 64735817.5.0000.5558

**Instituição Proponente:** Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília - UNB

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.940.025

#### Apresentação do Projeto:

Por meio de um estudo transversal descritivo em que será utilizado o banco de dados da Tese de doutorado de título: Desenvolvimento e validação de um protocolo de avaliação perceptiva da voz de deficientes auditivos usuários de implante coclear, pretende-se analisar de forma perceptiva e acústica a voz de usuários de implante coclear.

#### Objetivo da Pesquisa:

Analisar de forma perceptivo-auditiva e acústica a voz de usuários de implante coclear. E ainda, a) Analisar, na produção da vogal sustentada, da fala encadeada e da conversa espontânea dos usuários de implante coclear os parâmetros de: 1. Impressão geral da voz; 2. Fonação; 3. Foco de ressonância; 4. Aspectos supra segmentares; e 5. Coordenação pneumofonoarticulatória. b) Analisar, na produção da vogal sustentada, da fala encadeada e da conversa espontânea os parâmetros acústicos de: 1. Medidas da frequência fundamental; 2. Índices de perturbação e ruído; e 3. Medidas temporais da fala.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos contidos no presente estudo são inerentes aos projetos deste tipo, e pelas características

**Endereço:** Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Faculdade de Medicina  
**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.910-900  
**UF:** DF **Município:** BRASÍLIA  
**Telefone:** (61)3107-1918 **E-mail:** cepfm@unb.br

**UNB - FACULDADE DE  
MEDICINA DA UNIVERSIDADE  
DE BRASÍLIA**



Continuação do Parecer: 1.940.025

metodológicas da pesquisa podem ser considerados mínimos. E os benefícios esperados com o desenvolvimento do presente estudo constituem uma importante contribuição ao conhecimento da produção de voz e fala do deficiente auditivo. Adicionalmente, o desenvolvimento do projeto poderá trazer benefícios e legado para futuras pesquisas envolvendo a produção de fala e/ou qualidade vocal do deficiente auditivo poderão contar com uma caracterização da avaliação perceptivo-auditiva e acústica válida e confiável.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa torna-se relevante na medida em que a avaliação perceptivo-auditiva é considerada o padrão-ouro da clínica vocal e permite a caracterização e quantificação de características perceptivas da voz; A análise acústica é uma avaliação instrumental complementar à perceptivo-auditiva, que proporciona informações quantitativas e qualitativas sobre o comportamento vocal a partir da análise do sinal sonoro; existe correlação da avaliação perceptivo-auditiva e acústica e qual o grau. É possível definir as características da produção da voz do indivíduo deficiente auditivo usuário de implante coclear e dessa forma traçar o melhor plano de tratamento fonoaudiológico.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O projeto encontra-se bem estruturado com TCLE, riscos e benefícios e critérios de inclusão e exclusão bem estabelecidos.

**Recomendações:**

Projeto encontra-se bem instruído e com o cronograma previsto no tempo exequível.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Projeto instruído de acordo com as resoluções do CNS 466/12 e complementares.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Projeto apreciado na 2ª Reunião Ordinária do CEP-FM-UnB-2017. Após apresentação do parecer do (a) Relator (a), aberta a discussão para os membros do Colegiado. O projeto foi Aprovado.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_854070.pdf	14/02/2017 08:17:06		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento /	TCLE.docx	10/02/2017 10:54:08	DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED	Aceito

Endereço: Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Faculdade de Medicina  
 Bairro: Asa Norte CEP: 70.910-900  
 UF: DF Município: BRASÍLIA  
 Telefone: (61)3107-1918 E-mail: cepfm@unb.br

**UNB - FACULDADE DE  
MEDICINA DA UNIVERSIDADE  
DE BRASÍLIA**



Continuação do Parecer: 1.940.025

Justificativa de Ausência	TCLE.docx	10/02/2017 10:54:08	DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	08/02/2017 19:51:30	DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_Daniela_Malta.docx	16/01/2017 17:24:22	DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED	Aceito
Outros	Indicacao_de_orientador_a_Comissao_Avaliadora_do_Processo_de_Selecao_para_o_Doutorado_do_Programa_de_Pos_Graduacao_em_Ciencias_Medicinas.pdf	16/01/2017 16:44:42	DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED	Aceito
Outros	Eduardo_Magalhaes_da_Silva_LATTES.docx	16/01/2017 16:24:02	DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED	Aceito
Outros	Andre_Luiz_Lopes_Sampaio_LATTES.docx	16/01/2017 15:55:03	DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Carta_de_Encaminhamento_de_Projeto_de_Pesquisa_para_apreciacao_pelo_CEP_FMUUnB.pdf	16/01/2017 15:52:22	DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Carta_de_Responsabilidade.pdf	16/01/2017 15:50:53	DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED	Aceito
Orçamento	Planilha_de_Custos.docx	16/01/2017 15:50:04	DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED	Aceito
Cronograma	Cronograma_de_Execucao.docx	16/01/2017 15:45:52	DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED	Aceito
Outros	Termo_de_Consentimento_do_Uso_de_Banco_de_Dados_I.pdf	16/01/2017 15:42:44	DANIELA MALTA DE SOUZA MEDVED	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BRASILIA, 23 de Fevereiro de 2017

\_\_\_\_\_  
**Assinado por:**  
**Florêncio Figueiredo Cavalcanti Neto**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Faculdade de Medicina  
**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.910-900  
**UF:** DF **Município:** BRASILIA  
**Telefone:** (61)3107-1918 **E-mail:** cepfm@unb.br