

MEDIDAS ACÚSTICAS E JULGAMENTOS PERCEPTIVOS DE TENSÃO E DE AGRADABILIDADE EM FONAÇÃO ALARÍNGEA COM PRÓTESE TRAQUEOESOFÁGICA

ACOUSTIC MEASURES AND TENSION AND PLEASANTNESS PERCEPTUAL JUDGEMENTS IN ALARYNGEAL PHONATION WITH TRAQUEOESOPHAGEAL VOICE PROSTHESIS

Nathália dos Reis  
PUCSP  
[fononana2@gmail.com](mailto:fononana2@gmail.com)

RESUMO

A voz traqueoesofágica revela alteração nos parâmetros acústicos. Este estudo relaciona parâmetros perceptivos, de agradabilidade e de tensão, com medidas acústicas. Do ponto de vista perceptivo, os parâmetros de agradabilidade e de tensão mostraram-se inversamente relacionados. Do ponto de vista acústico, as medidas agruparam-se em 03 categorias: mediana e semi-amplitude interquartis de frequência fundamental ( $f_0$ ); 2. quantil 99,5% de  $f_0$ , desvio padrão da derivada de  $f_0$ , média do declínio espectral e desvio padrão do espectro de longo termo; 3. assimetria da intensidade. As correspondências entre dados perceptivos e acústicos são discutidas à luz dos fundamentos da Fonética Acústica.

PALAVRAS-CHAVES: medidas acústicas da voz; avaliação perceptiva da voz, voz alaríngea.

ABSTRACT

The tracheoesophageal voice results in important changes in the acoustic parameters. This study explores correspondences between perceptual parameters (pleasantness and tension) and acoustic measures. From the perceptual perspective, pleasantness and tension were inversely related. From the acoustic point of view, measures were grouped into 03 categories:  $f_0$  (median and semi-amplitude interquartiles of fundamental frequency); 2.  $f_0$  (quantile 99.5%, standard deviation of the first derivative), spectral *tilt* (mean) and long-term average spectrum (standard deviation); 3. Intensity (asymmetry). The correspondences between perceptual and acoustic data are discussed.

*KEYWORDS: acoustic voice measurements; Perception of voice; alaryngeal voice.*

## 0. Introdução

Para que a fonação seja produzida de forma habitual é importante que as condições anatômo-fisiológicas da laringe estejam preservadas. Nesta situação, o ar sai dos pulmões e, na laringe, encontra as pregas vocais que entram em vibração, produzindo a fonte sonora que chamamos de fonação. Quando o arcabouço laríngeo e, conseqüentemente, as pregas vocais precisam ser retiradas em conseqüência de um tumor (Laringectomia Total), este mecanismo é interrompido, e não há mais possibilidade de fonação pelas pregas vocais.

Após a cirurgia de laringectomia total, para a reabilitação da fala do sujeito laringectomizado, existem três principais modalidades de fonação: 1- Voz esofágica: sonorização decorrente da introdução de ar dentro do segmento faringoesofágico que irá vibrar, juntamente com as paredes da faringe e esôfago, de maneira análoga às pregas vocais e produzir fonte sonora, para a articulação dos sons da fala; 2- Laringe Eletrônica: dispositivo eletromecânico que consiste num vibrador operado por uma bateria que é colocada abaixo da mandíbula ou nas bochechas, o que permite ao laringectomizado produzir fonte sonora para a articulação dos sons da fala 3- Fonação traqueoesofágica: torna-se possível a partir de um procedimento cirúrgico que cria uma fístula traqueoesofágica (comunicação entre traqueia e esôfago), na qual é inserida uma prótese traqueoesofágica (PTE), que permite que o ar egresso dos pulmões passe pelo esôfago, e encontre as paredes do esôfago e da faringe para a produção de fonação. Neste estudo, foram investigados sujeitos com fonação traqueoesofágica pelo fato desta modalidade de comunicação oferecer qualidade vocal e inteligibilidade de fala superiores às demais modalidades (VAN AS et al, 1998), e ser utilizada com mais frequência, como meio para a comunicação atualmente.

Mesmo com o uso da prótese traqueo-esofágica, os falantes traqueoesofágicos apresentam alteração da fala e voz nas esferas articulatória, acústica e perceptiva. Do ponto de vista articulatório, há dificuldades em sincronizar os gestos articulatórios aos fonatórios, resultando em alterações na produção de segmentos relativos ao vozeamento do português brasileiro (PB). Na esfera acústica, são frequentes alterações na frequência fundamental, na intensidade e na duração dos segmentos. Do ponto de vista perceptivo, as principais alterações referidas na literatura são:

voz rouca e crepitante, *pitch* grave e *loudness* reduzido (DEORE et al, 2011). As alterações mencionadas comprometem a recepção da mensagem pelo ouvinte.

A recepção da fala traqueo-esofágica é referida como desfavorável, tanto por ouvintes não treinados, quanto por aqueles treinados para avaliação de amostras de fala alaríngeas (D'ALATRI et al, 2012; MOST et al, 2000). Os métodos psicométricos para investigar parâmetros de voz e fala são pesquisados na literatura das ciências fonéticas, psicolinguística e fonoaudiologia (KENT, 1996).

A experiência perceptiva dos ouvintes depende de vários fatores, como estilos de fala e voz, além de experiências auditivas, visuais, olfatórias e gustativas. Estes fatores podem favorecer efeitos como ilusão fonêmica auditiva (quando um ouvinte assimila um som como da fala, de um estímulo no enunciado como tosse, pigarro crepitância), diminuição da percepção da fala encadeada (devido às estratégias auditivas, ouvintes prestam mais atenção nas estruturas do acento vocálico e na entoação do enunciado); falsa avaliação fonêmica, efeitos do léxico na categorização fonética do som, influências da prosódia, e, especialmente, da qualidade vocal, na caracterização fonética. Outros fatores que podem influenciar a percepção da voz e fala podem ser a escolha dos ouvintes, a apresentação e o treinamento da tarefa de fala e do teste de percepção (DAOU et al, 1984).

Na fala traquesosofágica, a qualidade vocal apresenta-se frequentemente alterada, o que pode também influenciar o ouvinte na avaliação perceptiva da fala (KENT, 1996; JACOBI et al, 2015). O estudo de DAMSTÉ e LERMAN (1969) revisou 9 artigos, identificando 27 termos para descrever vozes alteradas, sendo que somente os termos voz rouca e nasal apareceram nos 9 artigos. A falta de convergência na descrição dos termos dificulta a avaliação da qualidade vocal alaríngea. Outros problemas são a falta de concordância do próprio juiz com seu julgamento ou com julgamentos de seus pares, tipo de tarefa de fala avaliada ou amostra analisada.

Autores como EADIE E DOYLE (2005) encontraram relação dos parâmetros perceptivos de agradabilidade e aceitabilidade, e validaram uma escala de perceptiva destes parâmetros para o uso em falantes laringectomizados totais, com prótese traqueoesofágica. Para D'ALATRI (2012), a agradabilidade e aceitabilidade são parâmetros perceptivos mais utilizados na literatura para avaliar a voz traqueoesofágica, e estão correlacionados com medidas acústicas de tipo de sinal, frequências formânticas e diferenças formânticas F2- F1.

A literatura aponta vários fatores que influenciam a qualidade vocal dos falantes alaríngeos. Para ROBE et al (1956), na voz esofágica, o tempo de terapia e o tipo de cirurgia realizado não influenciam a reabilitação da voz esofágica. LUKINOVIC et al. (2013) apontaram fatores que prejudicam a

qualidade da fala traqueoesofágica, como o tempo prolongado de terapia fonoaudiológica, as complicações relacionadas à punção traqueoesofágica ou a PTE, ou à falta de motivação do paciente. Outros autores referem que aspectos de reconstrução cirúrgica da faringe, combinações de modalidades de tratamento para o câncer e complicações de tratamento ou toxicidades podem afetar as propriedades aerodinâmicas e mioelásticas da fístula traqueoesofágica e da região da transição faringoesofágica, influenciando a produção vocal alaríngea (KAZI et al, 2009).

A qualidade e o tipo de tecido epitelial utilizado para reconstrução, o tipo de cirurgia, a associação de esvaziamento cervical, entre outros fatores, também influenciam a qualidade vocal (KAZI et al, 2009). Alguns autores relatam que fatores pós-cirúrgicos podem prejudicar a aquisição da voz esofágica, tais como, estenose esofágica, fibrose cicatricial e invaginações de mucosa, os quais associados a mudanças neurológicas, podem causar espasticidade da musculatura, não permitindo a passagem do fluxo aéreo da faringe para o esôfago. Mesmo descritas para a voz esofágica, estas limitações aplicam-se, também, à produção da fala traqueoesofágica (AGUIAR-RICZ et al, 2007).

Entre outros fatores que podem influenciar a qualidade da voz traqueoesofágica destaca-se a radioterapia. Para DAOU et al (1984) os fatores clínicos e de tratamentos (cirúrgicos e irradiantes) contribuem para o sucesso da aquisição da voz esofágica. Para estes autores, a dose e o tempo de radioterapia influenciam a qualidade vocal após a recuperação, bem como fatores como extensão do tumor e tamanho, e configuração da transição faringoesofágica.

Quando comparadas amostras de falantes laringectomizados e faringectomizados (MCAULIFFE et al, 2000), observa-se que o grupo de sujeitos submetidos à a faringectomia total apresentou aumento do esforço para produção vocal, redução da agradabilidade e naturalidade vocal, além de maior aumento no ruído da fala.

Para ARTAZKOZ E LÓPEZ (1996), que descreveram o segmento faringoesofágico de indivíduos submetidos à laringectomia total com a miotomia do músculo constritor inferior e inserção de prótese traqueoesofágica, sujeitos com qualidade vocal considerada adequada apresentavam tempo máximo de fonação maior que 12 segundos. Outra característica apontada foi a forma trapezoidal do segmento faringoesofágico em repouso.

Diante das considerações apontadas, observamos que diversos fatores, que se estendem desde o período pré-operatório até a reabilitação, podem influir na qualidade vocal do laringectomizado total que faz uso de prótese traqueoesofágica. A avaliação da fala traqueoesofágica é complexa, pois, devido à aperidiocidade do sinal glótico, a voz tende a apresentar qualidades

rouca, áspera e crepitante quando comparadas com a fala laríngea, o que dificulta a extração de medidas acústicas e a avaliação perceptiva pelo ouvinte.

O objetivo deste estudo é relacionar os parâmetros perceptivos de agradabilidade e de tensão da fonação traqueoesofágica com as medidas acústicas de frequência fundamental, intensidade, declínio espectral e espectro de longo termo. Com isto, busca-se compreender algumas das lacunas existentes entre descrições de qualidade vocal e as medidas acústicas desta modalidade de fala alaríngea.

## 1. Metodologia

O estudo foi realizado com obtenção do consentimento por escrito de cada sujeito avaliado, expresso em termos específicos para os diferentes procedimentos, após serem devidamente informados. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da PUCSP, com o número de certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) 40940114.0.0000.5482.

Participaram do estudo dez indivíduos submetidos a laringectomia total por carcinoma de laringe com inserção secundária da prótese traqueoesofágica (PTE) *indwelling* de baixa resistência à passagem do ar, da marca *Provox2*<sup>®</sup> (*Atos Medical AB*, Suécia). Os participantes foram recrutados no Ambulatório de Reabilitação do Laringectomizado da Divisão de Cirurgia de Cabeça e Pescoço do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (HCFMRP-USP) durante seus retornos médicos. A média de idade dos participantes foram 62,2 anos.

Foram incluídos no estudo indivíduos submetidos à laringectomia total e à faringolaringectomia por carcinoma espinocelular, operados entre os anos 1995 a 2015. Destes, foram selecionados apenas os indivíduos submetidos à laringectomia total e à faringolaringectomia, com fechamento das camadas mucosa, submucosa e muscular para reconstrução da faringe. Aceitaram-se, para constituição do grupo do estudo, os laringectomizados totais que foram submetidos ao esvaziamento cervical e à radioterapia complementar, falantes com inserção secundária da prótese fonatória traqueoesofágica com oclusão digital, independente da qualidade da fonação.

Foram excluídos deste estudo os laringectomizados submetidos a faringectomia, a laringectomia total associada à glossectomia ou à pelveglossectomia, e a tratamentos preventivos ou curativos de espasmos e hipertonicidade faríngea, ou seja, à neurectomia do plexo faríngeo, à miotomia do cricofaríngeo, à denervação química da musculatura constritora da faringe ou à reconstrução da faringe sem o fechamento da camada muscular. Também foram excluídos os laringectomizados totais que

apresentaram recidivas ou metástases de carcinoma de laringe no momento do presente estudo, novo tumor primário de cabeça e pescoço, patologias esofágicas ou do trato gastrointestinal. Não foram aceitos, para a composição da amostra, os indivíduos que apresentaram manifestação de disfagia, diminuição da acuidade auditiva e/ou algum tipo de comprometimento cognitivo. Para a identificação dos critérios de exclusão, realizou-se questionamento verbal e análise da evolução clínica do prontuário médico do laringectomizados totais.

### 1.1. Procedimentos

Os procedimentos compreendem gravação, edição, análises acústica, perceptiva e estatística.

#### 1.1.2. Gravação/*Corpus*

Os sujeitos foram convidados a contar a história do trecho do filme *Up: Altas Aventuras* (DOCTER, 2009). O trecho foi selecionado pela pesquisadora e apresentado sem áudio em um *Ipad mini*.

Os registros das narrativas foram realizados em sala acusticamente tratada ou com nível de ruído inferior a 50 dBNA, mensurado por um medidor de pressão sonora (*Digital SPL Meter by RadioShack*; modelo 33-2055). As gravações foram realizadas com um gravador digital profissional da marca *Marantz* (modelo - Pdm660) e microfone unidirecional *headset* com alta resolução (*Sennheiser MD421*, microfone cardioide dinâmico). O formato do arquivo de áudio foi mono, a uma taxa de amostragem de 44,1 kHz e 32 bits e formato wav.

#### 1.1.3. Edição dos arquivos de áudio

Após a gravação do *corpus* da pesquisa, as gravações dos sujeitos foram editadas em frases para otimizar a análise acústica e perceptiva da fala. Foi constituído um total de 64 enunciados para os dez falantes do estudo (Quadro -1). Devido à qualidade do sinal e às diferenças das narrativas entre os falantes, não foi possível obter o mesmo número de sentenças por sujeitos.

As gravações foram editadas no programa PRAAT, versão 5.1.08 (BOERSMA AND WEENINK, 2009) para realizar os procedimentos de análise acústica e o teste de percepção.

Sujeitos	Número de enunciados por sujeitos
1	8
2	6
3	6
4	8
5	4
6	7
7	6
8	7
9	5
10	7
Total de Enunciados	64

Quadro 1 – Descrição do número de enunciados por sujeitos

#### 1.1.4. Análise acústica

A análise acústica foi realizada no programa Praat de forma automática, por meio da aplicação do *script ExpressionEvaluator* (BARBOSA, 2009) no Praat. Para possibilitar a análise, as medidas de frequência fundamental ( $f_0$ ) foram limitadas à faixa de 50 a 350 Hz, evitando erros com o extrator do *script* no Praat.

Esta análise gerou doze parâmetros acústicos que regem as seguintes classes: frequência fundamental ( $f_0$ ): mediana, semi-amplitude entre os quartis, quantil 99,5% e assimetria; primeira derivada da frequência fundamental ( $df_0$ ): média, desvio-padrão e assimetria; intensidade: assimetria; declínio espectral (diferença de intensidade entre as bandas de 0 – 1250 Hz e 1250 – 4000 Hz): média, desvio-padrão e assimetria; espectro de Longo termo - ELT: inclinação (diferença de intensidade entre as bandas de 0 – 1000 Hz e 1000 – 4000 Hz).

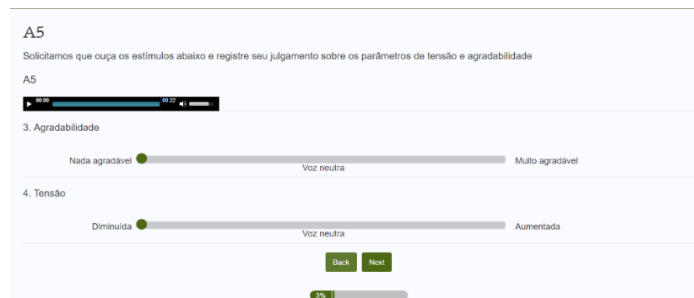
#### 1.1.5. Análise perceptiva

O experimento de percepção foi elaborado e aplicado via *internet* por meio da plataforma “*Survey Gizmo*”, disponível em “<http://www.surveygizmo.com>”.

O teste de percepção foi realizado por 10 ouvintes, dos quais nove eram fonoaudiólogos, e um ouvinte era professor de música. Os critérios de inclusão foram: ter conhecimentos em ciências fonéticas e em voz. Os critérios de

exclusão referiram-se a: qualidade do sinal acústico classificado como ruim pelo ouvinte; ausência de resposta ou dificuldade para compreender as tarefas do teste de percepção e alteração auditiva informada pelo ouvinte.

Para avaliar os parâmetros de tensão e de agradabilidade, foi utilizada uma escala visual analógica com pontuação de 0 a 100, em que 0 (zero) representava nada agradável e 100 (muito agradável), com valores intermediários indicando voz neutra. De forma similar, para o parâmetro de tensão a escala foi de 0 (zero) como tensão diminuída, voz neutra e 100 (tensão aumentada), com valores intermediários indicando voz neutra, conforme exposto na figura 1.



Durante a avaliação, os avaliadores julgaram os arquivos de som como de boa qualidade e 66,7% informaram alta qualidade dos arquivos de som.

O teste de percepção foi composto por 64 questões, das quais 20,3% foram repetidas para garantir a consistência intra-sujeitos dos avaliadores, que apresentaram média do índice de correlação intraclassa para tensão de 82,7% e 85,8% para agradabilidade.

### 1.1.6. Análise estatística

Foi utilizada a técnica multivariada de análise de componentes principais ou *Principal Component Analysis (PCA)*. O objetivo da análise foi sumarizar as variáveis em um número menor, chamadas de componentes principais. O número de componentes principais é menor ou igual ao número de variáveis originais.

## 2. Resultados

Os resultados são apresentados na seguinte ordem:

- 1- Julgamentos perceptivos de tensão e agradabilidade



- 2- Medidas acústicas
- 3- Análise de componentes principais

### 2.1. Julgamentos de tensão e agradabilidade

Para os julgamentos de tensão, na escala de 0 a 100, 0 indica ausência de tensão e 100 o máximo de tensão. Em termos dos julgamentos de agradabilidade, 0 indica que a voz é nada agradável, e 100 muito agradável.

Os dados apresentados na Figura 2 revelam concentração de ajustes de tensão associados com menores escores de agradabilidade.

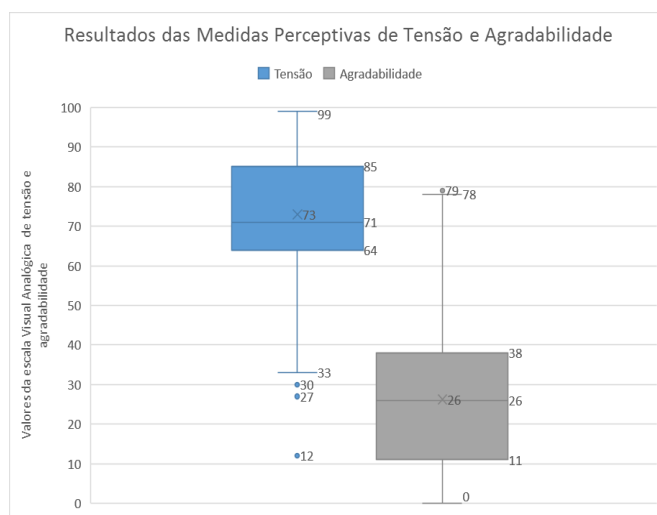
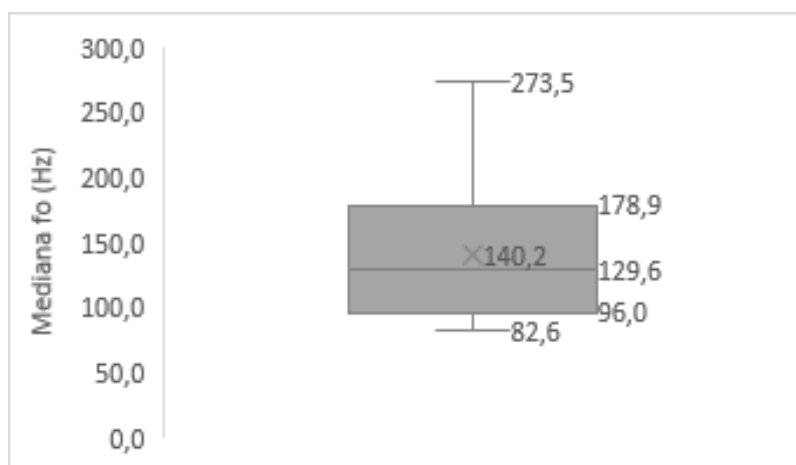


Figura 2 – Descrição das medidas de agradabilidade e tensão dos falantes do estudo usuários de PTE, o *bloxplot* azul indica as medidas de tensão e o cinza de agradabilidade, que indicam o mínimo, 1º quartil, mediana, 3º quartil, máximo e valores extremos.

## 2.2. Medidas acústicas

A partir da análise de componentes principais, foram revelados os parâmetros acústicos representativos para este estudo. Dos 12 parâmetros acústicos estudados citados no item análise acústica, apenas oito foram representativos e descritos (f0-mediana, semi-amplitude entre quartis, quantil 99,5%; primeira derivada de f0- desvio padrão; declínio espectral- desvio padrão; espectro de longo termo- desvio padrão e intensidade- assimetria) apresentados nas figuras 3 a 10.

### 2.3.1. Mediana da frequência fundamental



### 2.3.2. Quantil 99,5% da frequência fundamental

Figura 3 – Descrição dos valores da mediana da frequência fundamental em Hertz encontrados nos dez falantes do

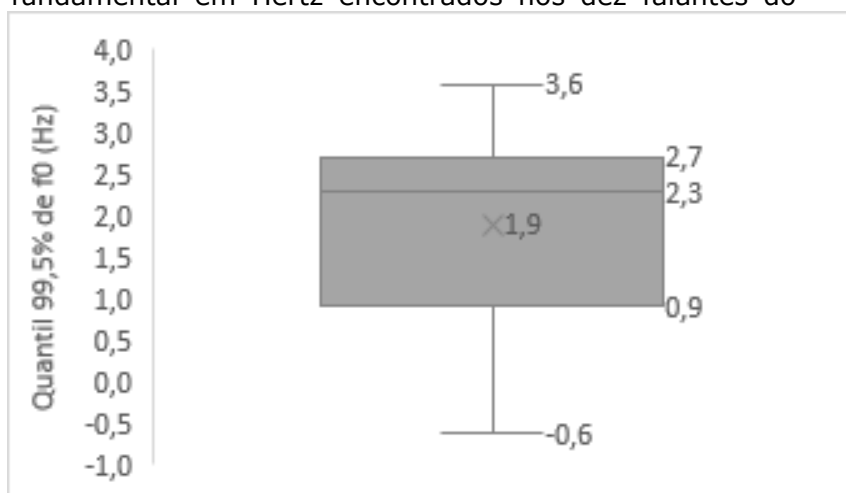


Figura 4– Descrição dos valores do Quantil 99,5% da frequência fundamental em Hertz encontrados nos dez falantes do gênero masculino do estudo

### 2.3.4. Semiampitude entre os quantis 95%

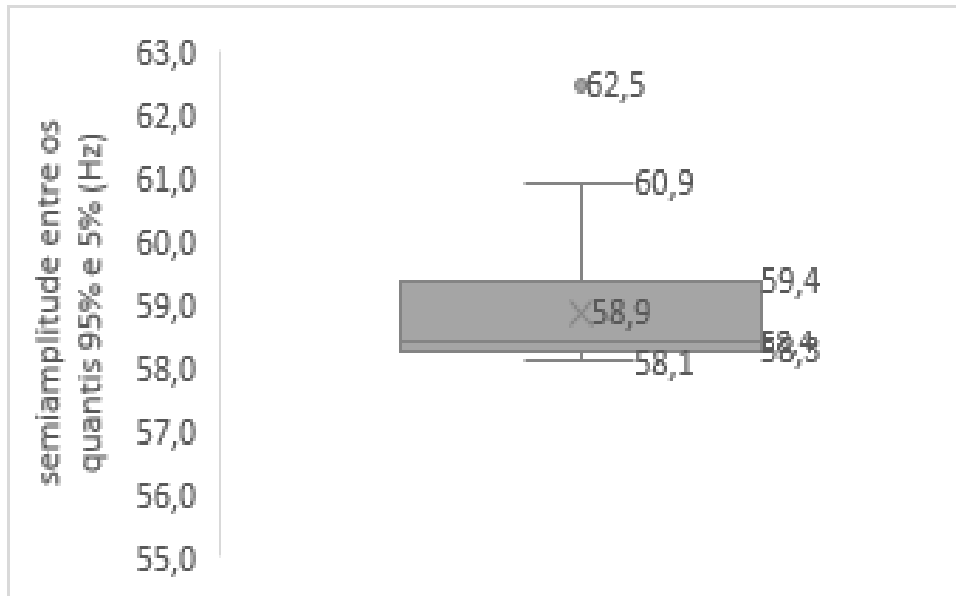


Figura 5- Descrição dos valores da semiampitude entre os quantis 95% da frequência fundamental em Hertz encontrados nos dez falantes do gênero masculino do estudo

### 2.3.5. Desvio padrão da derivada de f0

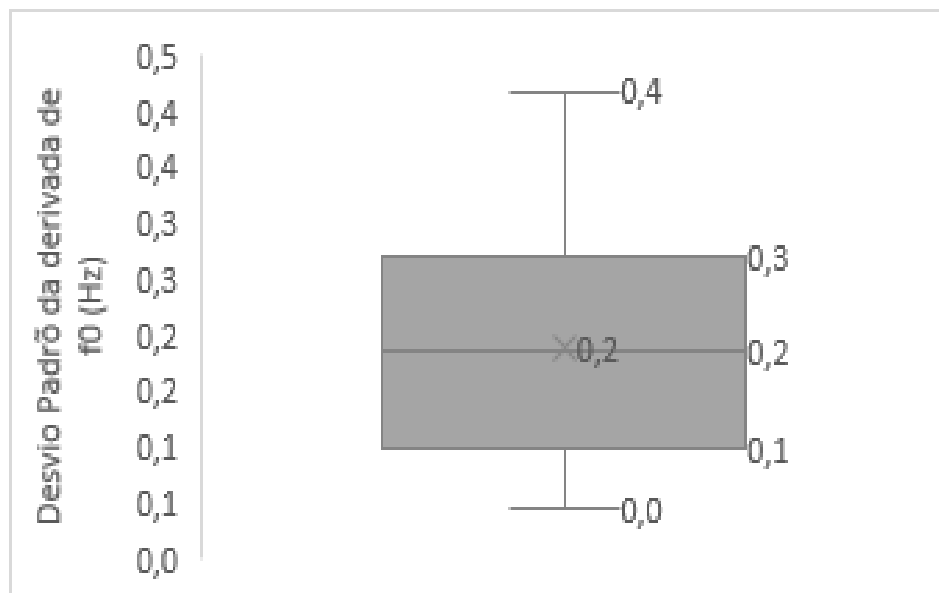


Figura 6- Descrição dos valores de desvio padrão da derivada de f0 encontrados nos dez falantes do gênero masculino do estudo

### 2.3.6. Média do declínio espectral

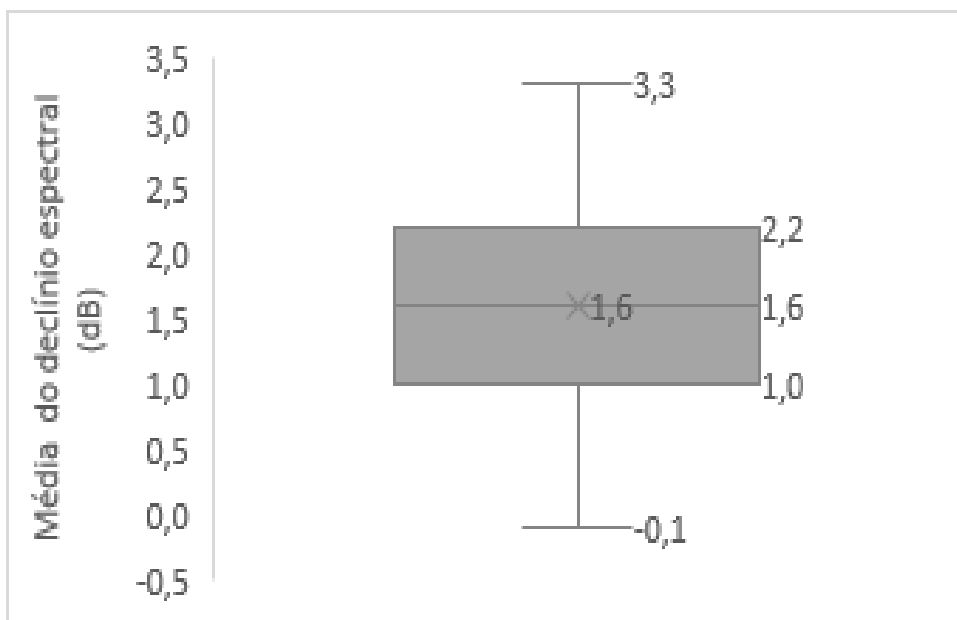
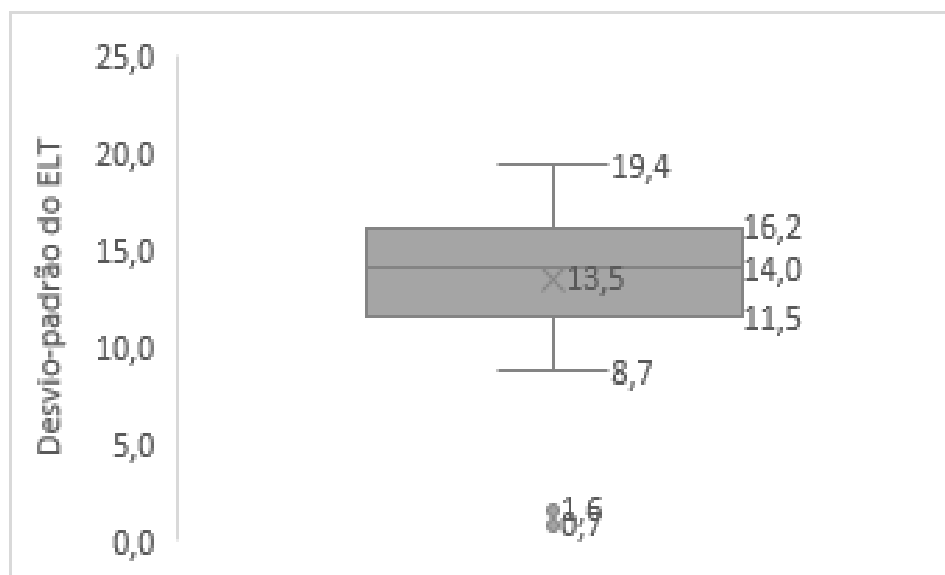


Figura 7 - Descrição da média do declínio espectral (dB) encontrado nos dez falantes do gênero masculino do estudo

### 2.3.7. Desvio-padrão do espectro de longo termo (ELT)



### 2.3.8. Assimetria da intensidade

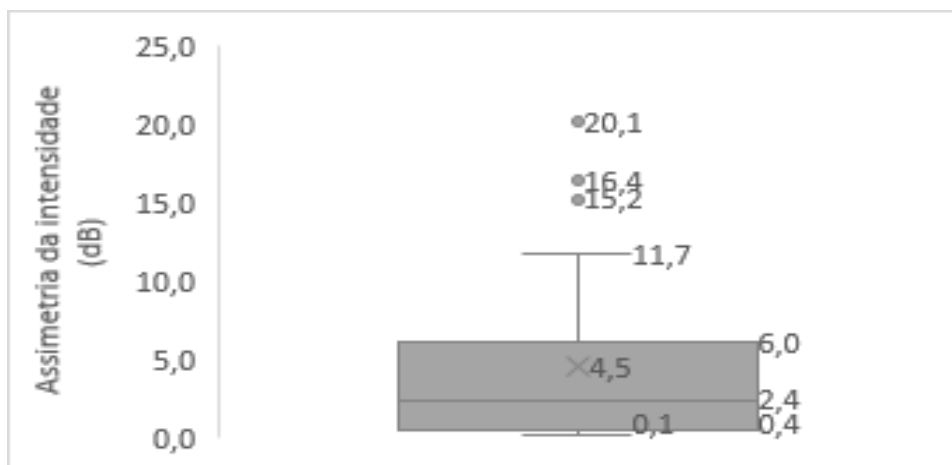


Figura 9– Descrição dos valores da assimetria da intensidade (dB) encontrados nos dez falantes do gênero masculino do estudo

### 2.4. Análise de componentes principais

Na análise de componentes principais, as medidas acústicas foram agrupadas em três componentes, segundo os critérios de tensão e agradabilidade como descrito no quadro 2.

Componentes (PCA)	Classificação da Qualidade Vocal	Medidas Acústicas	Variância	Variância Acumulada
-------------------	----------------------------------	-------------------	-----------	---------------------

1ª Componente	Voz Tensa	↑ Mediana f0	27,33%	27,33%
		↑ Semi Amplitude interquartis da f0		
	Voz Agradável	↓ Mediana f0		
		↓ Semi Amplitude interquartis da f0		
2ª Componente	Voz Tensa	↓ Quantil 99,5% de f0	11,18%	38,51%
		↓ Desvio Padrão da derivada de f0		
		↑ Média do declínio espectral		
		↑ Desvio Padrão do LTAS		
	Voz Agradável	↑ Quantil 99,5% de f0		
		↑ Desvio Padrão da Derivada de f0		
		↓ Média do declínio espectral		
		↓ Desvio Padrão do LTAS		
3ª Componente	Voz Tensa	↓ Assimetria da intensidade	9,01%	47,52%
	Voz Agradável	↑ Assimetria da intensidade		

Quadro 2 – Relação dos parâmetros perceptivos de tensão e agradabilidade com as medidas acústicas dos três componentes da PCA.

### 3. Discussão

Atualmente, a prótese traqueoesofágica é o meio mais utilizado para a reabilitação de fala do laringectomizado total (Simpson et al, 1997). Até o presente momento, as medidas acústicas e a avaliação perceptivo-auditiva da voz apresentam uma ampla variedade de resultados em estudos realizados (ALBIRMAWY, 2011; DEORE et al, 2011; GULTEKIN et al 2011; LUNDSTROM e HAMMARBERG 2011; SCHINDLER et al 2011; WEI et al 2011).

Ainda é um desafio na fonética acústica estabelecer relações das medidas perceptivas de qualidade vocal com as medidas acústicas em casos de alterações de fala e voz. A maioria dos estudos baseia-se em fonação laríngea, que tem mecanismos de produção e qualidade vocal diferente da fonação alaríngea.

Os julgamentos perceptivos de tensão e de agradabilidade no estudo foram inversamente proporcionais, ou seja, quanto mais tensa a voz, menos agradável para o ouvinte e vice-versa. Tal tendência é revelada na figura 2.

Em termos de medidas acústicas, para a fala espontânea, a frequência fundamental variou de 96 até 178 Hz na maior parte dos falantes, com mediana de 129 Hz. Tais achados estão de acordo com Jacobi et al (2015) que encontraram média de frequência fundamental de 119,50 Hz, mínima de 48 Hz e máxima de 197 Hz para vogal sustentada no holandês. Para Deschler et al (1998), que pesquisaram a frequência fundamental em falantes traqueoesofágicos homens com reconstrução da neofaringe com *retalho* miocutâneo, o valor médio de  $f_0$  foi de 109 Hz, enquanto para falantes traqueoesofágicos com laringectomia total clássica foi de 133,8 Hz. Most et al. (2000) encontraram a média de 85,48 Hz para falantes homens com prótese traqueoesofágica para a vogal sustentada. Observa-se que as medidas de derivada de  $f_0$ , de forma geral, refletem a variação da  $f_0$  ao longo do tempo. Os valores espúrios na fala alaríngea são comuns, e os principais fatores que podem alterar a frequência fundamental são ruídos no estoma, voz molhada, tipo de reconstrução, extensão cirúrgica, radioterapia que levam à aperiodicidade do sinal, refletindo-se em voz referida como ruidosa (SCHINDLER et al, 2005).

Outro fator que pode influenciar a variação da frequência fundamental é o comportamento do segmento faringoesofágico que, quando hipertônico, por um excesso de tensão muscular, tende a resultar em aumento dos valores de frequência fundamental (VAN AS al, 1998).

Quanto à medida de declínio espectral, para voz traqueoesofágica, QI e WEINBERG (1991) compararam falantes laríngeos e traqueoesofágicos, e encontraram declínio espectral menor de 2-3 dB/ oitava quando comparados com falantes laríngeos e maior energia no espectro de altas frequências. No estudo, apesar do grupo de falantes classificados com vozes tensas ou agradáveis apresentarem valores próximos de declínio espectral, os falantes com vozes mais agradáveis apresentaram medidas de declínio espectral ligeiramente reduzidas. Isto pode sinalizar que alguns níveis de tensão podem estar presentes em vozes julgadas como agradáveis, quando se considera um contínuo entre os parâmetros perceptivos e não apenas dimensões que se opõem na totalidade.

No presente estudo, as medidas de média do espectro de longo termo para falantes traqueoesofágico foram similares a falantes laríngeos do

português brasileiro (CAMARGO et al, 2013). No entanto, houve maior variação das medidas de longo termo entre os falantes usuários de PTE do estudo.

Para CAMARGO (2002), o uso do espectro de longo termo justifica-se por se caracterizar como uma medida que determina os traços estáveis da emissão. Além disso, pelo tipo de amostra utilizada, torna a qualidade de voz mais evidente.

Na fala alaríngea, o uso do espectro de longo termo não é comum, e os dados da literatura são inconclusivos, justamente pela característica da fonação alaríngea no espectro de longo termo (NG et al, 2009). Globlek et al. (2004) relataram que as medidas do espectro de longo termo são similares para fala esofágica e traqueoesofágica, no entanto, não detalharam suas características espectrais. WEINBERG et al (1980) analisaram o ELT para falantes esofágicos e encontraram médias do espectro de longo termo mais baixas de (7-10 dB) quando comparados com amostras de falantes laríngeos. WEISS et al. (1979) observaram que o espectro de longo termo para a fonação com laringe eletrônica diminui a amplitude na faixa de 550 Hz, enquanto na fonação laríngea, a amplitude do ELT diminui na faixa de 200 Hz.

Quanto à variação da intensidade observada na medida de assimetria da intensidade na amostra, houve grande variação, diferente de dados normativos do português brasileiro (CAMARGO et al, 2013). A variação das medidas de intensidade em falantes traqueoesofágicos também foi encontrada por Robbins et al (1984), que foi maior que quando comparado com falantes laríngeos.

No primeiro componente da PCAPCA, falantes classificados com vozes tensas apresentaram medidas acústicas de frequência fundamental elevadas, com maiores variações, refletidas pela medida de semi-amplitude interquartil da  $f_0$ . Tal achado pode ser justificado pelo fato de a musculatura faríngea, ou do esôfago proximal, apresentar maior contração ou rigidez, que resulta no aumento da taxa de vibração de ciclos por segundo, com consequente aumento dos valores de frequência fundamental. A variação na frequência é justificada pela ausência de controle motor fino para produzir ciclos periódicos, na produção da fonte de sonoridade pela neoglote.

As vozes descritas como mais agradáveis no segundo componente da PCA apresentaram maior variabilidade dos valores espúrios de  $f_0$  (Quantil 99,5% de  $f_0$ ) dentro do enunciado, e maior dispersão das medidas de  $f_0$ . Tais achados indicam que estes falantes apresentaram maior variabilidade de  $f_0$  no enunciado, diferentes dos falantes com a qualidade vocal tensa.

Os falantes com vozes mais agradáveis apresentaram medidas de média do declínio espectral e de desvio padrão do LTAS reduzidas quando comparadas aos falantes que apresentam tensão na voz. Este fato é o oposto ao esperado para a voz laríngea (HOLMBERG et al, 1995). As medidas de



declínio espectral e de LTAS foram propostas na literatura para avaliar a fala laríngea. Para VAN ROSSUM et al (2002), a diminuição das medidas de declínio espectral e LTAS deve-se ao fato de que falantes alaríngeos precisam realizar mais esforço para produzir a fala e fonação, o que causaria a diminuição das medidas de LTAS e declínio espectral.

No terceiro componente da PCA, os falantes que apresentaram vozes mais agradáveis revelaram valores maiores (positivos) de assimetria da intensidade, indicando que nos falantes com vozes agradáveis a intensidade foi distribuída de forma simétrica no enunciado.

Em vista dos achados apresentados e discutidos para este experimento, as medidas referentes à frequência fundamental ( $f_0$ ) foram mais influentes para diferenciar entre a tensão e agradabilidade na voz do laringectomizado total com prótese traqueoesofágica.

#### 4. Conclusão

Neste estudo pode-se concluir que os julgamentos perceptivos de agradabilidade e de tensão revelaram-se inversamente proporcionais na fala do laringectomizado total com prótese traqueoesofágica. Ou seja, à medida em que aumenta o nível de tensão atribuído, a voz tende a ser julgada como menos agradável.

Na primeira análise de componentes principais (PCA) as medidas acústicas de mediana e de semi-amplitude interquartil de  $f_0$  foram maiores nos sujeitos que apresentavam vozes julgadas como tensas, em comparação àquelas julgadas como agradáveis. Na segunda PCA, as vozes julgadas como tensas apresentavam valores reduzidos de Quantil 99,5% de  $f_0$  e de desvio padrão da derivada de  $f_0$ , além de aumento da média do declínio espectral e de desvio padrão do LTAS, quando comparadas às vozes julgadas como mais agradáveis. Finalmente, na terceira PCA, as vozes julgadas como mais tensas apresentavam valores aumentados de assimetria da intensidade.

#### AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa, aos professores Dr. Hilton Marcos Alves Ricz e Dra. Lílian Neto Aguiar Ricz pelo apoio à realização da coleta no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e ao professor Dr. Albert Rilliard do *Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur* – LIMSI, Orsay, France pelo apoio com a análise estatística dos dados.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR-RICZ, L. et al. Behavior of the cricopharyngeal segment during esophageal phonation in laryngectomized patients. *Journal of Voice*, v. 21, n. 2, p. 248-256, 2007. ISSN 0892-1997.

ALBIRMAWY, O. A. Effect of primary, cross-over, zigzag neopharyngoplasty on acoustic characteristics of alaryngeal, tracheoesophageal voice. *J Laryngol Otol*, v. 125, n. 8, p. 841-8, Aug 2011. ISSN 1748-5460

ARTAZKOZ, D. T. J.; LÓPEZ, M. R. [Videofluoroscopy of the pharyngoesophageal segment after total phonatory laryngectomy]. *Acta otorrinolaringologica espanola*, v. 48, n. 1, p. 51-56, 1996. ISSN 0001-6519.

BARBOSA, P. A. Detecting changes in speech expressiveness in participants of a radio program. *INTERSPEECH*, 2009. p.2155-2158.

BOERSMA, P.; WEENINK, D. Praat: Doing phonetics by computer [Computer program] 2009.

CAMARGO, Z.; MADUREIRA, S.; SCHMITZ, J. R. QUALIDADE VOCAL E PRODUÇÕES DE FALA EM TRÊS LÍNGUAS: UM ESTUDO DE CASO. *Intercâmbio - Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem*. ISSN 2237-759X, v. 27, 2013. ISSN 2237-759X.

Camargo ZA. Análise da qualidade vocal de um grupo de indivíduos disfônicos: uma abordagem interpretativa e integrada de dados de natureza acústica, perceptiva e eletroglotográfica. [Tese]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; 2002.

D'ALATRI, L. et al. Objective and subjective assessment of tracheoesophageal prosthesis voice outcome. *J Voice*, v. 26, n. 5, p. 607-13, Sep 2012. ISSN 1873-4588

DAMSTÉ, P. H.; LERMAN, J. W. Configuration of the neoglottis: an x-ray study. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, v. 21, n. 5, p. 347-358, 1969. ISSN 1421-9972.

DAOU, R. A. et al. Laryngectomy study: clinical and radiologic correlates of esophageal voice. *Otolaryngology--Head and Neck Surgery*, v. 92, n. 6, p. 628-634, 1984. ISSN 0194-5998.

DEORE, N. et al. Acoustic analysis of tracheo-oesophageal voice in male total laryngectomy patients. *Ann R Coll Surg Engl*, v. 93, n. 7, p. 523-7, Oct 2011. ISSN 1478-

DESCHLER, D. G. et al. Quantitative and qualitative analysis of tracheoesophageal voice after pectoralis major flap reconstruction of the neopharynx. *Otolaryngol Head Neck Surg*, v. 118, n. 6, p. 771-6, Jun 1998. ISSN 0194-5998

DOCTER, P. UP! DOCTER, P. e PETERSON, B.: Walt Disney Pictures 2009.

EADIE, T. L.; DOYLE, P. C. Auditory-perceptual scaling and quality of life in tracheoesophageal speakers. *Laryngoscope*, v. 114, n. 4, p. 753-9, Apr 2004. ISSN 0023-852X

- \_\_\_\_\_. Scaling of voice pleasantness and acceptability in tracheoesophageal speakers. *J Voice*, v. 19, n. 3, p. 373-83, Sep 2005. ISSN 0892-1997
- GLOBLEK, D. et al. Comparison of alaryngeal voice and speech. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, v. 29, n. 2, p. 87-91, 2004. ISSN 1401-5439.
- GULTEKIN, E. et al. Effects of neck dissection and radiotherapy on short-term speech success in voice prosthesis restoration patients. *J Voice*, v. 25, n. 2, p. 245-8, Mar 2011. ISSN 1873-4588
- HOLMBERG, E. B. et al. Comparisons among aerodynamic, electroglottographic, and acoustic spectral measures of female voice. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, v. 38, n. 6, p. 1212-1223, 1995. ISSN 1092-4388.
- JACOBI, I. et al. Voice quality and surgical detail in post-laryngectomy tracheoesophageal speakers. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, Sep 22 2015. ISSN 1434-4726
- KAZI, R. et al. Electroglottographic and perceptual evaluation of tracheoesophageal speech. *Journal of Voice*, v. 23, n. 2, p. 247-254, 2009. ISSN 0892-1997
- KAZI, R. A. et al. Is electroglottography-based videostroboscopic assessment of post-laryngectomy prosthetic speech useful? *Journal of cancer research and therapeutics*, v. 5, n. 2, p. 85, 2009. ISSN 0973-1482.
- KENT, R. D. Hearing and believingsome limits to the auditory-perceptual assessment of speech and voice disorders. *American Journal of Speech-Language Pathology*, v. 5, n. 3, p. 7-23, 1996. ISSN 1058-0360.
- LUKINOVIĆ, J. et al. Overview of 100 patients with voice prosthesis after total laryngectomy—experience of single institution. *Collegium antropologicum*, v. 36, n. 2, p. 99-102, 2013. ISSN 0350-6134.
- LUNDSTROM, E.; HAMMARBERG, B. Speech and voice after laryngectomy: perceptual and acoustical analyses of tracheoesophageal speech related to voice handicap index. *Folia Phoniatr Logop*, v. 63, n. 2, p. 98-108, 2011. ISSN 1421-9972
- MCAULIFFE, M. J. et al. Functional speech outcomes after laryngectomy and pharyngolaryngectomy. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, v. 126, n. 6, p. 705-709, 2000. ISSN 0886-4470.
- MOST, T.; TOBIN, Y.; MIMRAN, R. C. Acoustic and perceptual characteristics of esophageal and tracheoesophageal speech production. *J Commun Disord*, v. 33, n. 2, p. 165-80; quiz 180-1, Mar-Apr 2000. ISSN 0021-9924
- NG, M. L. et al. Long-term average spectral characteristics of Cantonese alaryngeal speech. *Auris Nasus Larynx*, v. 36, n. 5, p. 571-577, 2009. ISSN 0385-8146.
- QI, Y.; WEINBERG, B. Spectral slope of vowels produced by tracheoesophageal speakers. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, v. 34, n. 2, p. 243-247, 1991. ISSN 1092-4388.

ROBE, E. Y. et al. A study of the role of certain factors in the development of speech after laryngectomy: 1. Type of operation; 2. Site of pseudoglottis; 3. Coordination of speech with respiration. *The Laryngoscope*, v. 66, n. 5, p. 481-499, 1956. ISSN 1531-4995.

SCHINDLER, A. et al. Intensity and fundamental frequency control in tracheoesophageal voice. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, v. 25, n. 4, p. 240-4, Aug 2005. ISSN 0392-100X

SCHINDLER, A. et al. Voice-related quality of life in patients after total and partial laryngectomy. *Auris Nasus Larynx*, May 16 2011. ISSN 1879-1476

SIMPSON, C. B. et al. Speech outcomes after laryngeal cancer management. *Otolaryngol Clin North Am*, v. 30, n. 2, p. 189-205, Apr 1997. ISSN 0030

VAN AS, C. J. et al. The influence of stoma occlusion on aspects of tracheoesophageal voice. *Acta Otolaryngol*, v. 118, n. 5, p. 732-8, Sep 1998. ISSN 0001-6489

VAN ROSSUM, M. A. et al. "Pitch" accent in alaryngeal speech. *J Speech Lang Hear Res*, v. 45, n. 6, p. 1106-18, Dec 2002. ISSN 1092-4388

VAN WEISSENBRUCH, R. et al. Cineradiography of the pharyngoesophageal segment in postlaryngectomy patients. *Annals of Otolaryngology & Laryngology*, v. 109, n. 3, p. 311-319, 2000. ISSN 0003-4894.

WEI, X. et al. Aerodynamic characteristics of the slit-like trachea-esophagus puncture for voice rehabilitation following total laryngectomy. *Acta Otolaryngol*, v. 131, n. 5, p. 539-45, May 2011. ISSN 1651-2251

WEINBERG, B.; HORII, Y.; SMITH, B. E. Long-time spectral and intensity characteristics of esophageal speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 67, n. 5, p. 1781-1784, 1980. ISSN 0001-4966.

WEISS, M. S.; YENI-KOMSHIAN, G. H.; HEINZ, J. M. Acoustical and perceptual characteristics of speech produced with an electronic artificial larynx. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 65, n. 5, p. 1298-1308, 1979. ISSN 0001-4966.

YAN, N.; LAM, P. K.; NG, M. L. Pitch control in esophageal and tracheoesophageal speech of Cantonese. *Folia Phoniatr Logop*, v. 64, n. 5, p. 241-7, 2012. ISSN 1421-9972