

MEDIDAS ACÚSTICAS DE DURAÇÃO E ÍNDICES PERCEPTIVO-AUDITIVOS EM FALANTES ASMÁTICAS E DISFÔNICAS

Cristina CANHETTI

(LAEL/Pontifícia Universidade Católica de São Paulo/ Pibic-CNPq)

[criscanhetti@uol.com.br](mailto:criscanhetti@uol.com.br)

Fabiana Nogueira GREGIO

(LAEL/Pontifícia Universidade Católica de São Paulo)

[fabiana@gregio.com.br](mailto:fabiana@gregio.com.br)

Sabrina Cukier-BLAJ

(LAEL/Pontifícia Universidade Católica de São Paulo)

[sabrina@blaj.com.br](mailto:sabrina@blaj.com.br)

Zuleica CAMARGO

(LAEL/Pontifícia Universidade Católica de São Paulo)

[zuleica.camargo@gmail.com](mailto:zuleica.camargo@gmail.com)

**RESUMO:** Com o objetivo de investigar as relações entre os níveis glóticos e supraglóticos no sinal vocal, cinco mulheres asmáticas e disfônicas, e cinco sem alteração, foram submetidas à gravação de estímulos contendo plosivas não vozeadas e vozeadas. Foram extraídas e normalizadas as medidas de *Voice Onset Time* (VOT) e duração das vogais adjacentes, bem como realizado teste de reconhecimento auditivo. Os valores de VOT e duração mostraram diferenças estatísticas para [p], [t], [k]. Erros de percepção foram gerados para [p], [t], seguidos de [b], [d] no grupo disfônico. Alterações da produção e da percepção de plosivas não vozeadas foram encontradas nessa população.

**PALAVRAS-CHAVE:** Acústica da Fala; Percepção Auditiva; Distúrbios da Voz; Medida de Produção de Fala;

**ABSTRACT:** *Investigate the relationships between glottic and supraglottic settings, five women asthmatic and dysphonic and five no change (reference group) were subjected to recording words containing voicelles and voice plosives. Were extracted and normalized acoustic measures of Voice Onset Time (VOT) and duration of vowels adjacent, as well as auditory trial. The values of VOT and duration showed statistical differences in the sounds [p] [t] and [k]. In the auditory trail, errors were generated in the sounds [p] [t] followed by [b] and [d] in*

*dysphonic group. Changes in production and perception of voiceless plosive consonant segments were found in this population.*

KEYWORDS: Speech Acoustics; Auditory Perception; Voice Disorders; Measurement of Speech Production;

## 1. Introdução

Os avanços nos métodos de avaliação do sinal de fala, e, especificamente, do sinal vocal, mudaram de forma significativa o panorama de atuação fonoaudiológica. A incorporação de recursos instrumentais, especialmente da análise acústica, representa uma possibilidade de exploração promissora da tecnologia de fala para a compreensão dos ajustes subjacentes à geração do sinal vocal, de forma não invasiva, e com influência positiva na abordagem terapêutica.

A evolução na aplicação da análise acústica em pacientes com disfonia registrou a produção de um expressivo número de pesquisas centradas na extração de índices e medidas relacionadas às perturbações vocais. Porém, vários estudos tiveram, possivelmente, aspectos relevantes do sinal vocal obscurecidos pelas limitações instrumentais relativas ao fenômeno da aperiodicidade, presente de forma importante nas alterações do mecanismo de vibração das pregas vocais (Camargo, Madureira, 2004; Camargo, Madureira, 2009).

Entretanto, há outros parâmetros acústicos que possibilitam a investigação fidedigna do sinal vocal (mesmo na presença de aperiodicidade), os quais podem elucidar a relação entre os aspectos fisiológicos e auditivos. Medidas acústicas de frequência, tais como frequência fundamental ( $f_0$ ) e frequência dos formantes (Madureira et al, 2002) de intensidade, tal como o espectro de longo termo (Blaj et al, 2008) e medidas de duração, tais como o tempo de início (ou ataque) de sonorização (*voice onset time* – *VOT*) e a duração de vogais e frases (Lisker, Abramson, 1964; Fischer, Goberman, 2010) podem ser mais elucidativas do que as medidas automáticas de perturbação. Para a análise integrada das pistas relativas à percepção e à fisiologia do sinal vocal, destaca-se a importância do respaldo da fonética acústica para compreensão de manifestações da clínica fonoaudiológica (Camargo, Madureira, 2004; Camargo, Madureira, 2009). Neste universo, diante das medidas acústicas classicamente abordadas nos estudos das alterações vocais (doravante mencionadas como disfonias), o *VOT* tem sido subestimado na literatura pertinente às disfonias.

A medida acústica denominada *VOT* expressa o intervalo de tempo decorrido entre a soltura da oclusão de um som consonantal plosivo e o início da vibração das pregas vocais (Lisker, Abramson, 1964). Nas consoantes plosivas vozeadas, há sonoridade durante a oclusão da articulação, isto é, o vozeamento pode ocorrer antes da plosão (*VOT* negativo) ou ao mesmo tempo (*VOT* zero). No caso das consoantes

plosivas não vozeadas, o vozeamento ocorre após a plosão (*VOT* positivo) (Lisker, Abramson, 1964). Essa é uma medida fundamental para caracterização de aspectos segmentares das línguas e foi inicialmente explorada para o português brasileiro na década de 80 (Behlau et al, 1988).

Na literatura em geral, sua aplicação esteve centrada em estudos de alterações de articulação dos sons consonantais plosivos (especialmente de seu ensurdecimento ou desvozeamento), entretanto há a possibilidade de maior aplicação, devido à relevância em relação aos eventos das esferas subglótica (respiratória) (Hoit et al, 1993), glótica (fonatória) e supraglótica (articulatória e ressonantal) (Madureira et al, 2002; Gandour, Dandarananda, 1984; Ryalls et al, 1999). Também foi constatado que aspectos como ambiente <sup>(12)</sup>, treinamento e tarefa de fala durante a coleta de amostras (Madureira et al, 2002; Mccrea, Morris, 2007), gênero (Robb et al, 2005; Mccrea, Morris, 2005) e faixa etária (Torre, 2009) indicam variabilidades entre as medidas obtidas, sendo o controle destes parâmetros importantes para a análise fidedigna da medida e a comparação entre grupos.

Na direção da ampliação de utilização da medida de *VOT*, alguns estudos defenderam sua abordagem em relação a alterações vocais decorrentes de comprometimentos de mecanismos glóticos (Camargo, 1998; Angelini, Nagassi, 2004), a alterações da qualidade vocal em deficientes auditivos (Madureira et al, 2002) e em pesquisas em voz cantada (Mccrea, Morris, 2005).

Na investigação de parâmetros acústicos de vozes disfônicas, um estudo identificou a variabilidade de medidas intrafalante, especialmente nos segmentos consonantais plosivos sonoros e desvios das medidas obtidas nos sons surdos em relação à previsão para o português brasileiro (PB). Na análise auditiva houve um grande índice de erros do reconhecimento dos sons consonantais com ponto de articulação anterior, tais como bilabiais e dentais/alveolares (Angelini, Nagassi, 2004).

Dando continuidade a estudos que discutam a coordenação entre eventos subglóticos (respiratórios), glóticos (vibração de pregas vocais) e supraglóticos (articulação dos sons consonantais [p], [t], [k], [b], [d], [g]) no aparelho fonador, optou-se por selecionar uma população de falantes que tivesse alteração da esfera respiratória (asma) associada à disfonia, sendo as medidas relativas ao *VOT* de relevância para a situação pesquisada.

Esta demanda de pesquisa surgiu a partir da busca da diferenciação da população com asma e com Disfunção Paradoxal de Pregas Vocais (DPPV), doenças respiratórias de difícil diagnóstico diferencial. Este estudo centra-se na investigação da integração das funções respiração e fala, ao analisar a produção do sinal de fala (em seus níveis glótico e supraglótico) e suas relações com percepção, visando levantar particularidades de um grupo de falantes asmáticos,

com ou sem DPPV. Essa análise integrada pode revelar aspectos clínicos não comumente detectados nesta população.

A asma é uma doença inflamatória crônica caracterizada por hiper-responsividade<sup>1</sup> das vias aéreas inferiores e por limitação variável ao fluxo aéreo, reversível espontaneamente ou com tratamento, manifestando-se clinicamente por episódios recorrentes de sibilância<sup>2</sup>, dispnéia, aperto no peito e tosse, particularmente à noite e pela manhã, ao despertar. Resulta de interação entre genética, exposição ambiental e fatores específicos que levam ao desenvolvimento e manutenção dos sintomas (Fomin et al, 1998; Silva et al, 2010).

Ainda referente às alterações do plano respiratório, a disfunção paradoxal de pregas vocais é uma doença caracterizada por episódios de movimentos paradoxais de adução das pregas vocais durante a inspiração, os quais causam obstrução ao fluxo aéreo e determinam dispnéia, sibilância e, por vezes, estridores. Pacientes com DPPV muitas vezes são diagnosticados como asmáticos porque há semelhança na sintomatologia e a disfunção das pregas vocais pode ser intermitente e não observada durante os exames laringoscópicos ou em provas de função pulmonar se o paciente estiver assintomático (Fomin et al, 1998; Camargo, Madureira, 2008).

O descompasso entre movimentos de adução e abdução das pregas vocais, presente nos pacientes com DPPV (Camargo, Madureira, 2008) e, gradualmente também referido no grupo de asmáticos, enquanto movimentos "instáveis" de pregas vocais durante os ciclos inspiratório e expiratório (Fomin et al, 1998) pode desestabilizar o mecanismo vibratório das pregas vocais no ato de produção de fala em relação à natural alternância para a produção de sons surdos e sonoros. Conhecer a particularidade da produção de tais oposições pode colaborar com os processos de diagnóstico e acompanhamento clínico da referida população asmática.

Este estudo tem como objetivo investigar as relações entre os níveis de atividade glótica e supraglótica do trato vocal na produção do sinal vocal, por meio das medidas de tempo de início de sonorização (VOT) e de duração de vogais normalizadas e de suas correspondências ao plano do reconhecimento auditivo do sinal de fala e da qualidade vocal, em falantes asmáticos disfônicos com e sem DPPV.

## 2. Métodos

A composição do *corpus* de estudo partiu de conjunto de gravações de amostras de fala do banco de dados do Laboratório Integrado de Análise Acústica e Cognição (LIAAC) da PUC-SP. A seleção das amostras do banco de dados foi efetuada com base no julgamento

<sup>1</sup> Trata-se de uma sensibilidade excessiva que determina uma exagerada capacidade de reagir a estímulos.

<sup>2</sup> Ruído semelhante a um silvo nos órgãos respiratórios.

perceptivo-auditivo de três pesquisadores do LIAAC experientes em julgamentos da qualidade vocal por meio de roteiro de avaliação da qualidade vocal com motivação fonética- *Vocal Profile Analysis Scheme* para o português brasileiro: VPAS-PB (Camargo, Madureira, 2008).

Diante da demanda apresentada para o estudo, foram compostos dois grupos (grupo de asmáticos disfônicos com ou sem DPPV e grupo referência), conforme detalhamento no Quadro 1. Fizeram parte do grupo de falantes portadores de disфония, caracterizada por referência à queixa do falante em produzir a voz naturalmente, ajustes não neutros em termos glóticos (com presença de escape de ar e/ou, alterações vibratórias) e por ajustes supraglóticos e de tensão que revelassem distúrbios de cavidades ressoadoras e do nível de tensão à fonação.

A fim de melhor definir o perfil de qualidade vocal dos falantes dos dois grupos, foi aplicada a análise estatística (análise de componentes principais e composição de clusters) aos julgamentos de qualidade vocal, revelando maior frequência de ajustes glóticos (S2 e S5- ajustes de voz áspera, voz soprosa e hiperfunção) e supraglóticos (S1, S3 e S4 -ajustes de corpo de língua abaixado). Alguns indivíduos também se apresentaram em agrupamentos mistos, como S1 que apresentou ajustes na esfera glótica crepitação e S4 de voz soprosa.

As amostras de fala de cinco indivíduos asmáticos, do sexo feminino, com idades entre 45 e 68 anos, foram designadas S1 a S5. Destes integrantes do grupo, quatro tinham manifestação de DPPV pregressa, enquanto um não a tinha. Os falantes portadores de asma (e DPPV em quatro dos casos) não estavam com dispnéia no momento do registro dos dados. Todas as pacientes faziam tratamento medicamentoso, tinham asma grave e com impacto da dispnéia principalmente em atividades físicas.

Os falantes referidos S6 a S10 representaram o grupo referência, uma vez que na época das gravações não apresentavam qualquer alteração detectável na qualidade vocal e na dinâmica respiratória, com histórico negativo para tratamentos de doenças respiratórias, especialmente asma, ou cirurgias no aparelho fonador.

Quadro 1. Caracterização da população estudada segundo idade e quadro clínico respiratório relacionado à disфонia

Identificação	Idade (anos)	Grupo	Quadro clínico respiratório				
			Asma Ausente	Asma Presente	DPPV associada	Momento da coleta	
						Em crise	Fora da crise
S1	68	Portador de disфонia		X	X		X
S2	48	Portador de disфонia		X			X
S3	65	Portador de disфонia		X	X		X
S4	45	Portador de disфонia		X	X		X
S5	46	Portador de disфонia		X	X		X
S6	45	Referência	X				
S7	35	Referência	X				
S8	56	Referência	X				
S9	40	Referência	X				
S10	40	Referência	X				

Legenda: DPPV= disfunção paradoxal de pregas vocais

As amostras selecionadas foram anteriormente coletadas a partir de gravações no Laboratório de Rádio da Faculdade de Filosofia, Comunicação, Letras e artes da PUC-SP com uso de microfone *headset Audiotechnica ATM 75*, unidirecional, diagrama polar cardióide, elemento *condenser*, resposta de frequência de 60 a 15000 Hz, curva de ganho linear (com distância de 10cm mantida fixa da boca do falante) e placa de som *Mackie Microseries 1202 VLZ* (12 canais), na frequência de amostragem de 22050 Hz, 16 bits de quantização, (formato .wav. mono). Cada indivíduo repetiu por três vezes em ordem aleatória a sentença-veículo "Diga \_\_\_\_\_ baixinho" (preenchida pelos vocábulos pata, bata, tata, data, cata e gata). As amostras selecionadas para o presente estudo foram editadas em vocábulos (os seis acima referidos) e, posteriormente, em sílabas. Das amostras de vocábulos editados (em três repetições cada), contendo as sílabas [pa], [ba], [ta], [da], [ka] e [ga] na posição tônica, foram extraídas as medidas de *VOT* e de duração de vogais adjacentes à consoante plosiva (anterior e posterior) com o uso do *software PRAAT* (disponível no endereço eletrônico: <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>) versão 4.3 22.

Os valores de duração obtidos foram submetidos a procedimento de normalização com base na duração média dos valores de *VOT* para os grupos de segmentos consonantais não vozeados ([p], [t] e [k]) e vozeados ([b], [d] e [g]) de cada falante dos grupos estudados. Os

mesmos procedimentos foram adotados para normalização das medidas de duração das vogais. Os valores de medidas normalizadas foram submetidos a tratamento estatístico por meio do Teste T de Student em termos da comparação de cada som consonantal nos grupos portador de disфонia e referência.

Vale ressaltar que não foi possível a incorporação de dois estímulos ao *corpus* por ausência da terceira repetição no banco de dados do vocábulo tata para S3 e para S5. Desta forma, o *corpus* contou com um total de 178 estímulos.

Para a etapa de aplicação da prova de percepção auditiva das amostras foi composto um CD para reconhecimento de vocábulos contendo as três repetições de cada vocábulo um dos seis vocábulos (pata, tatá, cata, bata, data, gata) emitidos pelos dez falantes estudados em forma aleatorizada por amostra e por falantes. O total de estímulos (178) foi o mesmo utilizado na etapa de extração de medidas acústicas. Tais estímulos foram agrupados em 20 faixas, cada uma contendo entre sete e nove vocábulos. Foram inseridos estímulos musicais em intervalos de cinco faixas, atuando como distratores, e, portanto, visando minimizar fenômenos como, cansaço ou distração por parte dos juízes.

Tal CD foi apresentado a um grupo de 105 juízes, composto por 91 fonoaudiólogos (alunos de cursos de especialização em Motricidade Orofacial, Linguagem e Audiologia) e por 14 estudantes de fonoaudiologia do terceiro ano de graduação, em quatro sessões de apresentação em sala de aula com uso de caixas de som amplificadoras. Previamente à apresentação, os participantes foram informados sobre a pesquisa e, em caso de concordância na participação, expressaram seu consentimento. Na seqüência, receberam o formulário para preenchimento dos vocábulos que foram apresentados no estímulo. Cada faixa foi apresentada uma vez. Quando solicitada repetição, esta foi efetuada. Os juízes receberam a instrução para transcreverem ortograficamente os vocábulos identificados na seqüência apresentada.

A análise conjugada dos resultados envolveu a comparação das esferas acústica (medidas normalizadas de *VOT* e de duração das vogais adjacentes) e da análise perceptivo-auditiva (reconhecimento de vocábulos e julgamentos de qualidade vocal inicialmente utilizados para composição dos grupos).

As medidas de *VOT* e de duração de vogais adjacentes às consoantes plosivas em valores normalizados foram submetidas a tratamento estatístico por meio do Teste T de *Student* com nível de significância de 0,05.

Para a comparação do índice de acertos e erros julgamento auditivo de reconhecimento dos vocábulos foi aplicado o Teste T de *Student* com nível de significância de 0,05. Tais dados de percepção também foram tratados de modo a compor matrizes de confusão.

O presente estudo foi aprovado do Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo sob o número 068/2005.

### 3. Resultados

A apresentação dos resultados é abordada em termos das esferas acústica (medidas acústicas de *VOT* e duração de vogais adjacentes) e perceptivo-auditiva (reconhecimento de vocábulos).

#### 3.1. Esfera acústica

##### 3.1.1. Medidas de *VOT*

Os valores médios de *VOT* normalizados e de desvio padrão são apresentados na Tabela 1 para os grupos com disfonia e referência. Os valores absolutos e normalizados de *VOT* são apresentados nas Figuras 1 e 2.

**Tabela 1. Valores médios de *VOT* (em ms) normalizados e estatística para as três repetições das consoantes [p], [t], [k], [b], [d] e [g] dos falantes do grupo portador de disfonia e referência.**

<i>VOT</i> Normalizado	Disfonia média	Disfonia DP	Referência Média	Referência DP	P valor
[p]	81,93	21,61	59,93	7,54	0,002*
[t]	74,46	15,27	84,87	7,68	0,04*
[k]	138,87	19,21	155,13	2,68	0,007*
[b]	-102,33	27,98	-110,33	3,37	0,824
[d]	-99,53	26,42	-100,07	2,86	0,439
[g]	-96,60	11,67	-84,20	5,44	0,400

\* estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ )

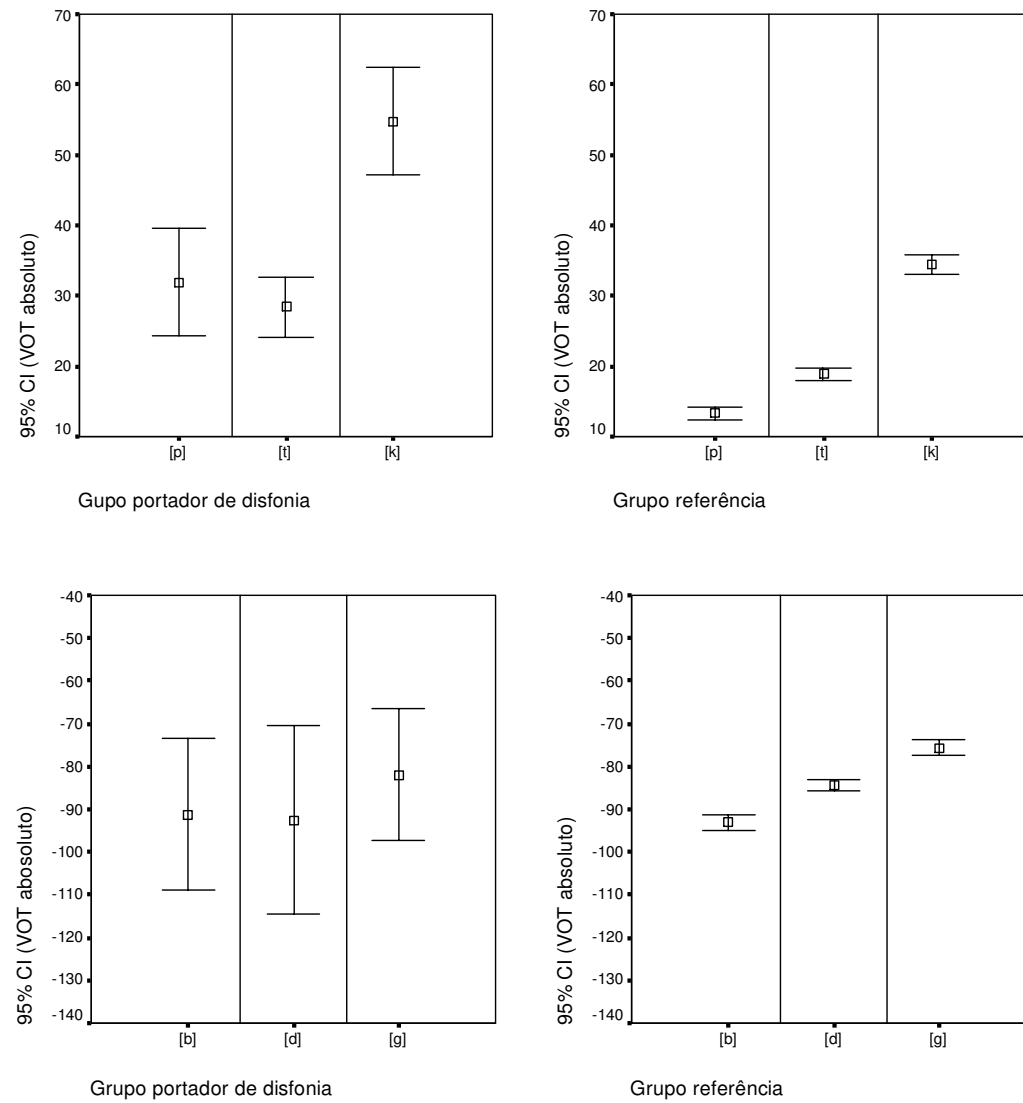
Os valores médios de *VOT* normalizados mostraram diferenças estatisticamente significantes nos sons [p], [t] e [k] entre falantes dos grupos portador de disfonia e referência. Os valores de [p] ( $p=0,002^*$ ) apresentam-se superiores, enquanto os de [t] e [k] mostram-se inferiores respectivamente  $p=0,04$  e  $p=0,007$  nos falantes do grupo portador de disfonia quando em relação aos falantes do grupo referência.

Quanto aos segmentos sonoros, não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos estudados para os sons [b], [d], e [g].

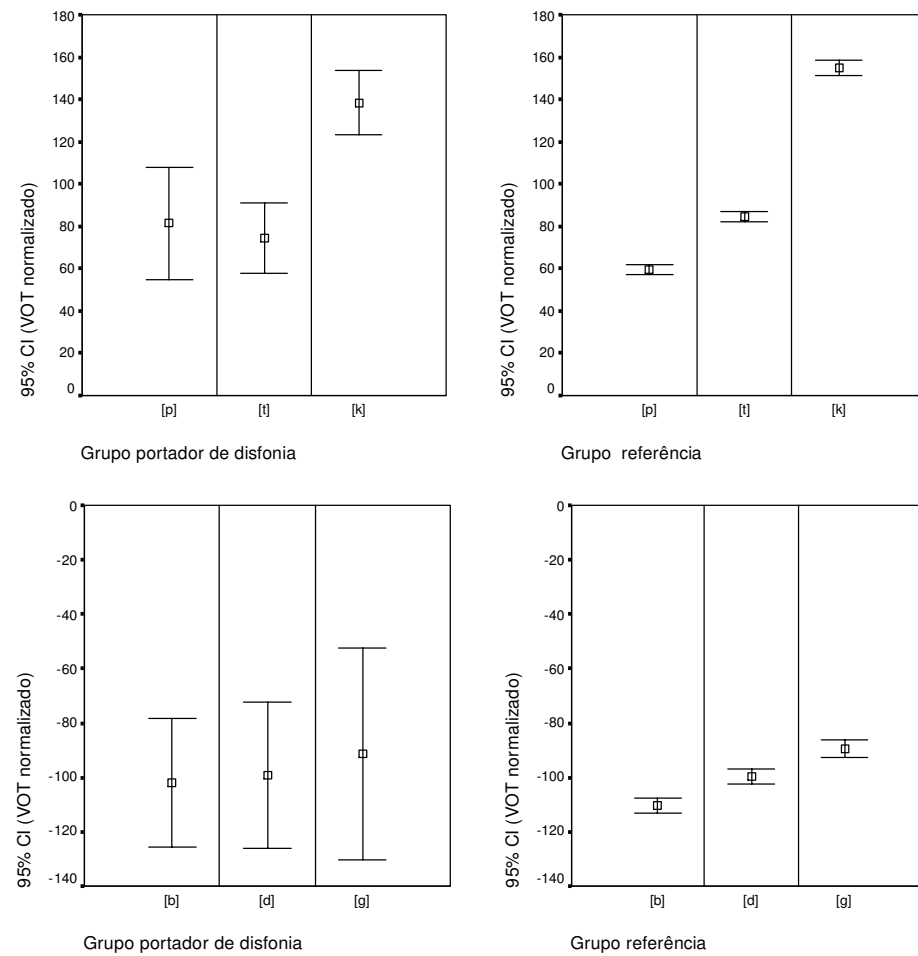


As figuras 1 e 2, referentes a medidas absolutas e normalizadas de VOT, permitem observar uma sobreposição das faixas centrais das medidas das medidas de [p] e [t] nos plosivos não vozeados e de [b], [d] e [g] nos plosivos vozeados, enquanto o grupo referência apresentou tais faixas definidas para os falantes dos dois grupos estudados.

**Figura 1. Distribuição da média dos valores VOT absolutos para as três repetições das consoantes [p], [t], [k], [b], [d] e [g] dos falantes dos grupos portador de disфонia e referência**



**Figura 2. Distribuição da média dos valores VOT normalizados para as três repetições da vogal anterior às consoantes [p], [t], [k], [b], [d] e [g] dos falantes dos grupos portador de disфонia e referência**



### 3.1.2. Medida de duração de vogais adjacentes

Os valores médios de duração normalizada das vogais adjacentes anteriores e posteriores às consoantes plosivas tônicas encontram-se apresentados nas Tabelas 2 e 3, detectando diferenças estatísticas para a vogal [a] anterior às consoantes [t], [k] e [d] e posterior a [p] e [d] (Tabela 2 e 3).

**Tabela 2. Valores médios de duração normalizada (em ms) de três repetições da vogal anterior às consoantes [p], [t], [k], [b], [d] e [g] dos falantes do grupo portador de disfonia e referência**

Duração Vogal anterior	Disfonia média	Disfonia DP	Referência média	Referência DP	P valor	Análise estatística
[p]	101,93	19,84	98,73	9,65	0,334	0,27
[t]	97,93	14,09	106,73	10,47	0,334	0,01*
[k]	112,4	25,99	92,80	8,94	-	0,01*
[b]	95,53	10,00	94,48	7,49	-	0,36
[d]	102,46	7,87	100	6,29	-	0,007*
[g]	100,53	9,56	104,2	5,94	-	0,10

\* estatisticamente significativa (p<0,05)

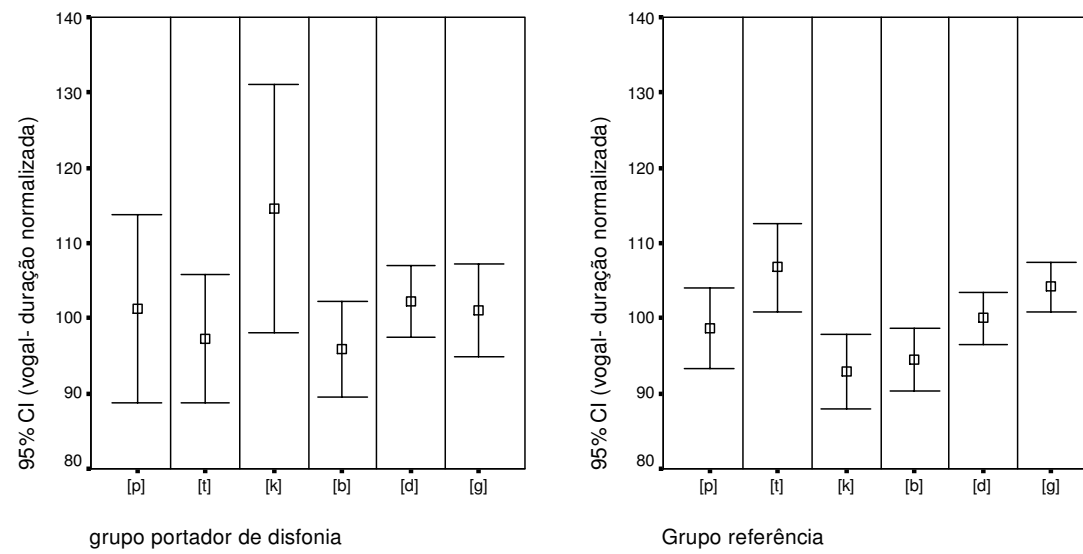
- = valor não extraído

**Tabela 3. Valores médios de duração normalizada (em ms) de três repetições da vogal posterior às consoantes [p], [t], [k], [b], [d] e [g] dos falantes do grupo portador de disfonia e referência**

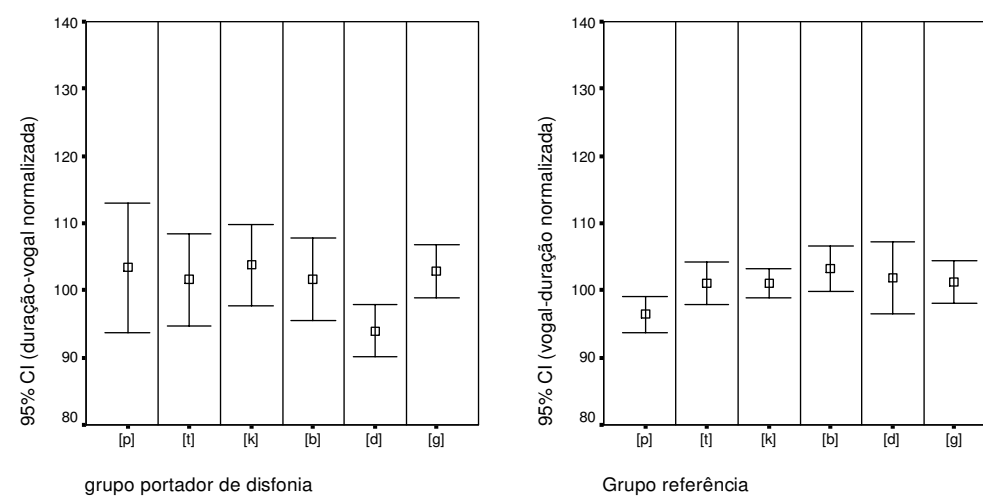
Duração Vogal posterior	Disfonia média	Disfonia DP	Referência Média	Referência DP	P valor	Análise estatística
[p]	106,26	16,98	96,40	4,89	0,334	0,03*
[t]	100,24	11,37	101,00	5,78	0,334	0,10
[k]	104,26	9,64	94,40	3,98	-	0,14
[b]	101,80	9,44	103,20	6,08	-	0,33
[d]	94,46	6,18	101,93	9,66	-	0,007*
[g]	102,26	6,49	101,26	5,84	-	0,35

As figuras 3 e 4 revelaram a distribuição das medidas de duração das vogais anteriores e posteriores às consoantes plosivas para os falantes dos dois grupos estudados, permitindo observar sobreposição das faixas centrais de tais medidas no grupo portador de disfonia em comparação ao grupo referência.

**Figura 3. Distribuição das medidas de duração normalizadas das três repetições da vogal anterior às consoantes [p], [t], [k], [b], [d] e [g] dos falantes dos grupos portador de disфонia e referência**



**Figura 4. Distribuição das medidas de duração normalizadas das três repetições da vogal posterior às consoantes [p], [t], [k], [b], [d] e [g] dos falantes dos grupos portador de disфонia e referência**



### 3.2. Avaliação Perceptivo-auditiva

#### 3.2.1. Reconhecimento auditivo de vocábulos

Nas tabelas 4 e 5 são apresentadas as matrizes de confusão referentes o julgamento auditivo das sílabas compostas pelas consoantes [p], [t], [k], [b], [d] e [g] dos falantes dos dois grupos estudados.

No plano da percepção, os maiores erros de reconhecimento foram gerados para os vocábulos contendo plosivos não vozeados [p] e [t] e também para aqueles contendo plosivos vozeados [b] e [d], porém em maior proporção para os primeiros. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos quanto ao número de acertos e erros de percepção atribuídos a cada som consonantal plosivo investigado.

**Tabela 4. Matriz de confusão referente ao julgamento auditivo das sílabas compostas pelas consoantes [p], [t], [k], [b], [d] e [g] dos falantes do grupo portador de disфонia (S1 a S5)**

	Pata	Tata	Cata	Bata	Data	gata
Pata	<b>1195</b>	149	6	150	100	8
Tatá	107	<b>676</b>	4	9	47	3
Cata	75	135	<b>1308</b>	11	14	21
Bata	63	13	5	<b>1203</b>	203	26
Data	38	228	4	89	<b>1016</b>	39
Gata	40	31	53	17	164	<b>1415</b>
Outros	57	341	195	96	31	62
Total	1575	1573	1575	1575	1575	1575

**Tabela 5. Matriz de confusão referente ao julgamento auditivo das sílabas compostas pelas consoantes [p], [t], [k], [b], [d] e [g] dos falantes do grupo referência (S6 a S10)**

	Pata	Tata	Cata	Bata	Data	gata
Pata	<b>1225</b>	340	27	98	29	30
Tatá	72	<b>838</b>	17	8	9	8
Cata	35	23	<b>1306</b>	7	15	11
Bata	36	29	17	<b>954</b>	207	95
Data	24	97	13	136	<b>906</b>	82
Gata	15	21	45	30	239	<b>1167</b>
Outros	168	232	150	342	170	182
Total	1575	1575	1575	1575	1575	1575

#### 4. Discussão

O estudo de parâmetros acústicos e de suas correspondências ao plano da percepção auditiva do sinal vocal de indivíduos disfônicos com alterações respiratórias (asma com e sem DPPV) revelaram interessantes aspectos sobre a produção de fala/voz, trazendo à tona questões importantes tanto ao plano da reabilitação no âmbito clínico-terapêutico em Fonoaudiologia, como no que se refere à ampliação das discussões acerca da complexidade da sincronização de gestos articulatórios nos planos laríngeo e supralaríngeo do trato vocal, discussão essa promovida na interface da Fonoaudiologia com as Ciências Fonéticas e, de forma mais ampla, com as Ciências da Fala.

A abordagem detalhada do âmbito da duração dos eventos de fala, neste estudo focado por meio das medidas acústicas de *VOT* e da duração da vogal [a] adjacente aos segmentos consonantais plosivos, permite a imersão nos domínios do complexo campo das relações entre a produção e a percepção do sinal de fala numa abordagem dinâmica (Camargo, Madureira, 2009; Lisker, Abramson, 1964; Gregio, Camargo, 2005; Camargo, Madureira, 2009) em que predomina a busca por informações presentes na coordenação de movimentos em que se baseia a coarticulação dos sons da fala.

Com relação ao plano acústico, as medidas de *VOT*, tanto em suas modalidades absolutas e normalizadas (Tabela 2), revelaram diferenças na população portadora de disfonia em comparação ao grupo referência nas consoantes plosivas não vozeadas [p], [t] e [k]. Nesta situação, apenas não foi possível detectar tendência única à elevação ou à diminuição do conjunto de medidas, tendo a primeira ocorrida com relação ao [p] e a segunda com relação a [t] e [k]. Tais dados entram em concordância com os achados de pesquisas anteriores (Angelini, Nagassi, 2004), em que não foram aplicados procedimentos de normalização de dados. No caso dos plosivos vozeados, apesar de não ter sido detectada diferença com significância estatística, destaca-se a ampliação das faixas de distribuição para as medidas do grupo portador de disfonia em relação ao grupo referência. Novamente, a expansão da faixa de variabilidade das medidas de *VOT* é compatível com estudos anteriores, em indivíduos com alterações de fala/voz (Lisker, Abramson, 1964; Camargo, Madureira, 2009; Angelini, Nagasse, 2004).

Conforme pode ser observado nas Figuras 1 e 2 há praticamente sobreposição das faixas centrais das medidas de [p] e [t] e de [b], [d] e [g] para o grupo portador de disfonia, o que nos conduz à suposição de favorecem erros encontrados na esfera da percepção (Mccrea, Morris, 2005) conforme informações disponíveis nas matrizes de confusão (tabelas 4 e 5).

Neste ponto, cabe observar que os falantes do grupo referência apresentam comportamento similar aos descritos para o português

brasileiro em relação ao aumento gradual dos valores de *VOT* para plosivos surdos em direção a pontos de articulação posteriores e vice-versa para os plosivos sonoros (Lisker, Abramson, 1964), entretanto, no caso do grupo portador de disfonia, a distribuição dos valores de *VOT* não diferenciou as distintas consoantes, tanto não vozeadas, como vozeadas.

Efeitos similares foram descritos na análise dos dados de duração de vogais, em que não se diferenciam padrões de duração distintos para vogal adjacente a consoantes plosivas não vozeadas ou vozeadas nos mais distintos pontos de articulação (Tabelas 2 e 3, Figura 3 e 4) para o grupo portador de disfonia, as quais culminaram em diferenças estatísticas em relação ao grupo referência.

Retomando aspectos do refinamento fisiológico subjacente à atividade vibratória de pregas vocais necessária para a produção de contrastes entre segmentos surdos e sonoros, cabe ressaltar que a produção de sons não vozeados, conforme indica a medida de *VOT*, prevê um intervalo de tempo em que as pregas vocais deixam de vibrar (sinalizado como *VOT* positivo). Para que isto aconteça, deve haver um grau de afastamento entre ambas, que ocorre em grau bem menor, comparativamente ao que deve atuar para a respiração, quando a abertura entre ambas as pregas vocais é ampliada. Na população estudada, diante do fato de que quatro dos indivíduos do grupo portador de disfonia apresentam DPPV e todos são asmáticos, pode-se supor que os músculos intrínsecos abdutores cricoaritenóideo posterior (CAP) tiveram sua função alterada primária na respiração, especialmente quando se leva em conta o papel estabilizador do CAP (Pinho, Pontes, 2008) para várias das atividades glóticas e não exclusivamente para demanda fonatória. Neste ponto, cabe também considerar sua interação com musculatura adutora, especialmente com interaritenóideos (AA), com os quais dividem a função de reguladores da estabilidade de pregas vocais durante fonação e respiração (Pinho, Pontes, 2008).

Desta exposição, depreende-se que a dinâmica de adução e abdução de pregas vocais é mais complexa e o mecanismo que teria sido desestabilizado ainda precisa ser melhor investigado. Há inclusive indícios de atividade do músculo CAP nas consoantes plosivas não vozeadas com inibição complementar dos músculos adutores cricoaritenóideos laterais (CAL) e tireoaritenóideos (TA) e sabe-se que os músculos CAP se contraem na fonação soprosa (Pinho, Pontes, 2008) presente em vários dos falantes do grupo portador de disfonia.

Tais considerações sugerem a necessidade de aprofundamento de estudos de ordem fisiológica, com futuras possibilidades de investigação de atividade muscular nestas situações, pois o detalhamento da dinâmica laríngea e da refinada ação da musculatura intrínseca no controle do *VOT* foi anteriormente sugerida (Hoit et al, 2003). O mesmo grupo de autores destacou a importância do enfoque dos gradientes de pressão subglótica no mecanismo subjacente do *VOT*. Ao considerar a população portadora de asma com disfonia, e muitos dos falantes com

DPPV, destaca-se que os gradientes de pressão subglótica podem ter influenciado de maneira considerável a maior alteração dos valores de *VOT* para segmentos surdos.

Em termos da percepção do sinal vocal e de fala e, levando-se em conta que várias pistas somam-se no auxílio à percepção da sonoridade, tais como o *VOT* e a duração das vogais na adjacência, especialmente daquela anterior ao segmento consonantal plosivo, destaca-se que os valores de duração das vogais também revelaram particularidades na população estudada (portadora de disфонia), quando comparada ao grupo referência. Nos estudos normativos das línguas, situações são descritas com durações mais longas de vogais anteriores a segmentos consonantais plosivos sonoros e, proporcionalmente, mais curtas para os correspondentes surdos.

As medidas de duração normalizadas para vogais anterior e posterior ao segmento plosivo revelaram-se proporcionalmente aumentadas para as plosivas surdas no grupo portador de disфонia em relação ao referência, com tendência à ampliação de faixa de variação das medidas nas três repetições.

No plano da percepção os maiores erros de reconhecimento foram gerados para os vocábulos contendo plosivos não vozeados [p] e [t] e também para aqueles contendo [b] e [d], porém em maior proporção para os primeiros.

Os achados apontam a necessidade de maior atenção e detalhamento dos eventos de controle de fluxo aéreo ao longo do aparelho fonador no ato da fala. Os indivíduos asmáticos apresentam reações exacerbadas em termos de função respiratória a variados estímulos e tais compensações podem não se limitar à função respiratória.

As particularidades dos achados descritos podem revelar a integração entre os campos segmental e suprasegmental ao indicar que as alterações de qualidade vocal podem não excluir alterações articulatórias (especialmente de contraste de sonoridade entre consoantes).

Do ponto de vista de qualidade vocal, os indivíduos do grupo portador de disфонia agruparam-se, em termos da análise de *clusters*, basicamente quanto à maior frequência de ajustes glóticos (S2 e S5-ajustes de voz áspera, voz soprosa e hiperfunção) e supraglóticos (S1, S3 e S4 – ajustes de corpo de língua abaixado).

Alguns indivíduos também apresentaram-se mistos, como S1 que apresentou na esfera glótica crepitação e S4 voz soprosa. Tais achados indicam que tanto os planos de geração da sonoridade (fonatório-glótico) como os articulatórios encontram-se alterados nos falantes do grupo portador de disфонia, assim como os mecanismos de regulação da estabilidade de pregas vocais.

A associação de métodos de investigação fisiológica poderá também trazer novas e importantes contribuições tanto para o campo clínico, ao refinar procedimentos de diagnóstico e avaliação, quanto pela



possibilidade de permitir a reflexão dos aspectos de coordenação e sincronização de gestos no aparelho fonador, a partir de referenciais que integrem os planos da percepção e da produção da fala.

A exploração futura de achados semelhantes aos encontrados no presente estudo com continuidade do embasamento nas Ciências da Fala, como anteriormente destacado, enfocando mecanismos de síntese de fala podem trazer novas contribuições ao estudo do fenômeno da coarticulação e da sincronização dos gestos na produção de fala e de sua ruptura na fala com alterações.

As matrizes de confusão revelam erros de percepção em maior frequência nos sons anteriores, especialmente os surdos. Vale ressaltar que nos fones sonoros, houve número reduzido de erros no grupo com disфония (Tabela 4), em comparação ao referência (Tabela 5). Tais dados revelam que os limites entre alteração e normalidade da função vocal são de difícil delimitação e acentuam a demanda de aprofundamento de estudos, em que pesem as particularidades dos achados descritos no sentido de buscar por aspectos de interferências e integração entre os campos segmental e suprasegmental, tais como as alterações no plano de geração da sonoridade (fonatório-glótico) tanto na articulação das consoantes, como na qualidade vocal. Tais aspectos remetem a abordagem fonética da qualidade vocal descrita por John Laver, quanto à susceptibilidade entre segmentos no plano articulatorio e ajustes de qualidade vocal no plano prosódico (Camargo, 1998).

## 5. Conclusão

Os achados revelam aumento de medidas do âmbito da duração para a articulação de segmentos plosivos não vozeados (*VOT* das consoantes plosivas não vozeadas e duração das vogais anteriores a [t] [k] [d] e posteriores a [p] e [d]) para as emissões do grupo de falantes portadores de disфония e alteração respiratória em relação ao grupo referência, os quais encontraram correspondência com maior índice de erros gerados na percepção dos respectivos vocábulos.

Alterações da produção e da percepção de segmentos consonantais plosivos não vozeados foram encontradas na população com alterações da esfera respiratória (asma) e da qualidade vocal, sugerindo implicações na sincronização das ações glótica e supraglótica, as quais merecem cuidadosa abordagem no âmbito clínico-terapêutico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELINI, C., NAGASSE, E.O. Parâmetros acústicos das vozes disfônicas: cooperação entre os níveis glótico e supraglótico de atividade do aparelho fonador [iniciação científica]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2004.

BLAJ, S.C., CAMARGO, Z.A., MADUREIRA, S. Long-term average spectrum loudness variation in speakers with asthma, paradoxical vocal fold motion and without breathing problems. In: Fourth Conference on Speech Prosody. 2008. Campinas. *Abstract book and Proceedings*. Campinas: Capes/Fapesp/CNPq, 2008: 1:41-4.

BEHLAU, M.S., PONTES, P.A.L., TOSI, O., GANANÇA, M.M. Análise do tempo de início de sonorização dos sons plosivos do português. *Acta Awho*, 7(2):86-97, 1988.

CAMARGO, Z.A. Tempo de início de sonorização - VOT - como importante parâmetro de análise de incompetência glótica e suas implicações articulatorias. *Intercâmbio de Pesquisas em Linguística Aplicada*, 1998. Caderno de resumos. São Paulo: Capes/FAPESP, 1998: 1:47.

CAMARGO, Z.A., MADUREIRA, S. Análise acústica: revisão crítica de estudos no campo das disfonias. In: Ferreira LP, Befi-Lopes DM, Limongi SCO. *Tratado de Fonoaudiologia*. São Paulo: Roca, 2004. p. 25-33.

CAMARGO, Z.; MADUREIRA, S. Voice quality analysis from a phonetic perspective: Voice Profile Analysis Scheme Profile for Brazilian Portuguese (BP-VPAS). In: Fourth Conference on Speech Prosody, 2008. *Abstract book and Proceedings*. Campinas: Capes/Fapesp/CNPq, 2008: 1:57-60.

CAMARGO, Z.A., MADUREIRA, S. Análise acústica: aplicações na fonoaudiologia. In: Fernandes FDN, Mendes BCA, Navas ALP. *Tratado de Fonoaudiologia*. 2ª ed. São Paulo: Roca, 2009. p. 695-9.

CAMARGO, Z.A., MADUREIRA, S. Dimensões perceptivas das alterações de qualidade vocal e suas correlações aos planos da acústica e da fisiologia. *Revista Delta*, 25(1):285-317, 2009.

FISCHER, E., GOBERMAN, A. M. Voice onset time in Parkinson disease. *J Commun Disord*, 43(1):21-34, 2010.

FOMIN, A.B.F., FOMIN, S.C.S., FOMIN, D.S., PINTO, J.A., GRUMACH, A.S. Adução paradoxal das pregas vocais e asma. *Rev Bras Alergia Imunopatol*, 21(2):52-6, 1998.

GANDOUR, J., DARDARANANDA, R. Voice onset time in aphasia. *Brain Lang*, 23:177-205, 1984.

GREGIO, F.N., CAMARGO, Z.A. Dados de tempo de início do vozeamento (VOT) na avaliação do sinal vocal de indivíduos com paralisia unilateral de pregas vocais. *Rev Distúrb Comun*, 17(3):289-97, 2005.

HOIT, J.D., SOLOMON, N.P., HIXON, T.J. Effect of lung voice volume on voice onset time (VOT). *J Speech Hear Res.*, 36:516-21, 1993.

LISKER, L., ABRAMSON, A.S. A cross-language study of voicing in initial stops: acoustical measurements. *Word*, 20:384-422, 1964.

MADUREIRA, S., BARZAGHI, L., MENDES, B. Voicing contrasts and the deaf: production and perception issues. In: Windsor F, Kelly ML, Hewlett N. *Investigations in clinical phonetics and linguistics*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Inc, 2002. p.417-35.

MCCREA, C.R., MORRIS, R.J. The effects of fundamental frequency level on voice onset time in normal adult male speakers. *J Speech Lang Hear Res.*, 48(5):1013-24,2005a.

MCCREA, C.R., MORRIS, R.J. Comparisons of voice onset time for trained male singers and male nonsingers during speaking and singing. *J Voice*, 19(3): 420-30, 2005b.

MCCREA, C.R., MORRIS, R.J. Effects of vocal training and phonatory task on voice onset time. *J Voice*, 21(1): 54-63,2007.

PINHO, S.M., TSUJI, D.H., Sennes LU, Menezes M. Paradoxical vocal fold movement: a case report. *J Voice*, 19(3):440-53, 1997.

RYALLS, J., GUSTAFSON, K., SANTINI, C. Preliminary investigation of voice onset time production in persons with dysphagia. *Dysphagia*, 14(1):169-75, 1999.

ROBB, M., GILBERT, H., LERMAN, J. Influence of gender and environmental setting on voice onset time. *Folia Phoniatr Logop.*, 53(3):125-33, 2005.

SILVA, L.C.C., FREIRE, L.M., MENDES, N.F., LOPES, A.C. Apresentação. *J Pneumologia* [Internet]. [citado 2010 Jan 12];

Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010235862002000700001&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010235862002000700001&lng=en). doi:10.1590/S0102-35862002000700001

TORRE, P. 3rd, Barlow J A. Age-related changes in acoustic characteristics of adult speech. *J Commun Disord.*, 42(5):324-33, 2009.