

Patrícia Tiemi Hashimoto<sup>1</sup>  
Luciana de Oliveira Pagan-Neves<sup>1</sup>  
Luis Miguel Teixeira de Jesus<sup>2</sup>  
Haydée Fiszbein Wertzner<sup>1</sup>

### Descritores

Transtorno Fonológico  
Medida da Produção da Fala  
Avaliação  
Criança  
Fonoaudiologia

### Keywords

Speech Sound Disorders  
Speech Production Measurement  
Evaluation  
Child  
Speech, Language and Hearing  
Sciences

#### Endereço para correspondência:

Luciana de Oliveira Pagan-Neves  
Universidade de São Paulo – USP  
Rua Cipotânea, 51, Cidade  
Universitária, São Paulo (SP), Brasil,  
CEP: 05360-000.  
E-mail: lucianapagan@usp.br

Recebido em: Agosto 31, 2017

Aceito em: Dezembro 15, 2017

# Medidas aerodinâmicas, eletroglotográficas e acústicas na produção da fricativa pós-alveolar vozeada

## *Aerodynamic, electroglottographic and acoustic measures of the voiced postalveolar fricative*

### RESUMO

**Objetivo:** Descrever e correlacionar medidas fonológicas à aerodinâmica, EGG, acústica e julgamento perceptivo da produção do som /ʒ/, comparando o desempenho de crianças com e sem transtorno fonológico, falantes do Português Brasileiro. **Método:** Participaram 30 crianças com idade entre 5:0 e 7:11 anos separadas em grupo controle e grupo de crianças com transtorno fonológico. Avaliou-se a fonologia (cálculo de PCC e PCC-R e ocorrência dos processos fonológicos) e as medidas aerodinâmicas (amplitude do fluxo aéreo oral e f0), eletroglotográficas (quociente de abertura) e acústicas (classificação do vozeamento). **Resultados:** As crianças com transtorno fonológico apresentaram, numericamente, amplitude do fluxo oral relativo maior, f0 relativo menor e quociente de abertura indicativo de uma voz menos eficiente na produção do vozeamento quando comparadas às crianças sem transtorno fonológico. Os valores de *weak voicing* demonstraram que, em 66,1% das crianças com transtorno fonológico, o vozeamento da fricativa foi mais fraco, comparado ao da vogal seguinte, e a comparação entre grupos indicou que essas crianças apresentaram maior dificuldade no vozeamento. Quanto à descrição da classificação de vozeamento, de acordo com a análise acústica e do *weak/strong voicing*, verificou-se que há algumas variações, principalmente para a classificação “parcialmente desvozeado”. **Conclusão:** Os resultados sugerem que as estratégias de produção e manutenção do vozeamento da fricativa vozeada /ʒ/ ainda são variáveis em crianças na idade estudada, porém as crianças com transtorno fonológico parecem ter mais dificuldades em utilizá-las de modo eficaz. Além disso, o estudo aponta para a importância da aplicação de provas complementares para um diagnóstico mais detalhado.

### ABSTRACT

**Purpose:** Describe and correlate phonological and complementary measures regarding aerodynamics, electroglottography, acoustics, and perceptual judgment of production of the voiced fricative sound /ʒ/ comparing the performance of Brazilian Portuguese-speaking children with and without speech sound disorders. **Methods:** Study participants were 30 children aged 5 years to 7 years and 11 months divided into a group of children with typical development - Control Group (CG) and a group of children with speech sound disorders - Research Group (RG). Phonology (PCC, PCC-R, and occurrence of phonological processes) and the aerodynamic (amplitude of the oral airflow and f0), electroglottographic (open quotient) and acoustic (classification of voicing) measures were evaluated. **Results:** Numerically, children with speech sound disorders presented higher relative oral airflow amplitude, lower relative f0, and open quotient indicative of less efficient voicing production compared with those of children with typical development. The weak voicing values showed that 66.1% of the children with speech sound disorders presented weaker voicing of the fricative sound /ʒ/ compared with that of the posterior vowel sound, and between-groups comparison demonstrated that these children presented greater difficulty in voicing. The acoustic analysis of speech used to classify the weak/strong voicing showed variations, especially regarding the classification partially devoiced. **Conclusion:** Results suggest that the strategies for voicing production and voicing maintenance of the fricative sound /ʒ/ are still variable in children aged 5 years to 7 years and 11 months; however, children with speech sound disorders seem to have more difficulties in using them effectively. In addition, the study shows the importance of applying complementary tests to obtain a more detailed diagnosis.

Trabalho realizado no Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – USP - São Paulo (SP), Brasil.

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo – USP - São Paulo (SP), Brasil.

<sup>2</sup> Universidade de Aveiro - Aveiro, Portugal.

**Fonte de financiamento:** Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - processos números 2013/17542-0 e 2015/05023-4.

**Conflito de interesses:** nada a declarar.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

## INTRODUÇÃO

No Português Brasileiro (PB), a produção do vozeamento é um aspecto importante na distinção dos sons da fala, sendo que as crianças com transtorno fonológico (TF) têm dificuldades em sua produção e manutenção.

O TF é um dos distúrbios da comunicação mais frequentes na população infantil<sup>(1)</sup>, caracterizado pelas alterações na produção dos sons, seja por uma dificuldade cognitivo-linguístico, perceptivo-auditiva e/ou motora da fala. A sua presença pode causar inteligibilidade de fala de grau e manifestação variadas, que podem acarretar problemas de leitura e escrita, uma vez que estas dependem da consciência fonológica para seu aprendizado e desenvolvimento<sup>(2)</sup>.

O TF, com causa indefinida, pode estar relacionado às dificuldades com a organização das regras fonológicas da língua. Durante o processo de desenvolvimento da linguagem, a criança pode manifestar algumas simplificações dessas regras, chamadas de processos fonológicos<sup>(3)</sup>.

O processo fonológico de ensurdecimento de fricativa (EF), foco deste estudo, tem sido observado em crianças com TF e caracteriza-se pela falta da vibração das pregas vocais na produção dos fonemas fricativos vozeados /v, z, ʒ/<sup>(4,5)</sup>.

O diagnóstico decorre da avaliação dos diferentes campos da linguagem (fonologia, vocabulário, pragmática e fluência). Após a avaliação da fonologia, que pode ser feita por meio das provas de nomeação de figuras, imitação de palavras e/ou fala espontânea, é importante estabelecer um índice que indique a gravidade inicial do TF e que pode também mostrar a evolução do caso após terapia fonoaudiológica<sup>(5)</sup> como a Porcentagem de Consoantes Corretas (PCC)<sup>(6)</sup> e a Porcentagem de Consoantes Corretas Revisada (PCC-R)<sup>(7)</sup>.

O refinamento do diagnóstico do TF pode ser obtido por meio da aplicação de outras provas, denominadas de provas complementares, tais como a análise acústica de fala, a eletroglotografia (EGG) e as medidas aerodinâmicas. As provas complementares, como a análise acústica de fala, permitem realizar a análise espectrográfica dos sons<sup>(8)</sup>. A EGG capta as variações de condutância dos tecidos quando as pregas vocais estão abertas ou fechadas durante a fonação<sup>(9)</sup>. As medidas aerodinâmicas permitem determinar a amplitude do fluxo aéreo oral, uma inferência da aerodinâmica do fluxo oral transglotal, bem como estimar a medida da frequência fundamental (f0). Isso é importante porque há várias estruturas anatômicas e mecanismos envolvidos na produção do vozeamento das fricativas<sup>(10)</sup>, como o pulmão, que age como uma fonte de pressão aérea durante a fonação, sendo que essa pressão pode indicar com que eficiência a laringe converte a energia aerodinâmica para energia acústica<sup>(11,12)</sup>.

Diante da escassez de estudos na área, o estudo das medidas de aerodinâmicas, de EGG e acústicas pode contribuir para um detalhamento das estratégias usadas por crianças para a produção e manutenção do vozeamento. Assim, o objetivo deste estudo foi descrever e correlacionar as medidas fonológicas, as complementares relacionadas à aerodinâmica, à EGG, acústica e julgamento perceptivo da produção do som fricativo vozeado /ʒ/, comparando o desempenho de crianças com e sem TF, falantes do PB.

O estudo pretende responder aos seguintes questionamentos: quanto menor os índices de gravidade, PCC, PCC-R, maior é a amplitude do fluxo oral relativo e QA? Crianças com e sem TF apresentam diferentes estratégias para a produção e manutenção do vozeamento do som fricativo vozeado /ʒ/ (medidas aerodinâmicas e EGG)?

## MÉTODO

Esta pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CaPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – HC/FMUSP sob o Protocolo de Pesquisa nº 036/14. Todos os pais ou responsáveis, após o esclarecimento, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Todas as crianças assentiram em participar.

### Casuística

Participaram do estudo 30 crianças com idade entre 5:0 e 7:11 anos, sendo 15 do grupo controle (GC), com desenvolvimento típico de fala e linguagem, e 15 do grupo pesquisa (GP), com TF.

Dentro do GP, foram criados dois subgrupos: crianças que apresentaram produtividade do processo fonológico de EF ≤ 25% e aquelas com EF > 25%.

Para compor o GP, foram selecionadas crianças com TF que procuraram o Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Fonologia (LIF-Fonologia) do curso de Fonoaudiologia do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, na qual o estudo foi realizado no período de 2014 a 2016. O critério de inclusão das crianças para esse grupo foi: Idade entre 5:0 e 7:11 anos (60 a 95 meses); presença de processos fonológicos não esperados para a idade na avaliação feita por meio da prova de fonologia do Teste de Linguagem Infantil ABFW<sup>(13)</sup>; avaliação audiológica dentro dos limites da normalidade (limiars abaixo de 20 dB nas frequências 500, 1000, 2000, e 4000 Hz); QI não verbal dentro dos limites da normalidade<sup>(14)</sup>; ter como língua materna o PB, assim como seus pais.

O GC foi constituído por crianças com desenvolvimento de fala e linguagem típico para a idade, selecionadas em escolas de Ensino Fundamental da região do Butantã (zona oeste da cidade de São Paulo), bem como por meio de participação voluntária após convite. O critério de inclusão para esse grupo foi: ter idade entre 5:0 e 7:11 anos (60 a 95 meses); não ter queixas de alterações de comunicação relatadas pelos pais ou responsáveis e professores; ter desempenho adequado nas provas de vocabulário<sup>(15)</sup> e fonologia<sup>(13)</sup> do Teste de Linguagem Infantil ABFW; ausência de queixas auditivas; ter como língua materna o PB, assim como seus pais.

### Material e procedimentos

As provas de fonologia do Teste de Linguagem Infantil ABFW<sup>(13)</sup> foram gravadas em áudio (gravador portátil Zoom - modelo H4N) e vídeo (filmadora Sony - modelo HDR-CX220) e, posteriormente, transcritas foneticamente por dois fonoaudiólogos

com experiência na área de transtorno fonológico. Para cada uma das duas provas de fonologia (nomeação de figuras e imitação de palavras), foram analisados os processos fonológicos, o inventário fonético e calculados os índices PCC e PCC-R. Para o PCC-R, foram considerados erros somente as substituições e omissões<sup>(7)</sup> e, para o PCC, foi utilizada a adaptação para o PB realizada por Wertzner<sup>(16)</sup>.

A EGG de fala e a medida da amplitude do fluxo aéreo oral foram coletadas simultaneamente com os respectivos equipamentos da empresa Glottal Enterprise, Modelo EG2-PCX2 e o Aeroplus – AeroviewPro Phonatory Aerodynamics System. Os equipamentos conectam uma interface de áudio (iMic, Griffin, USA) a um *notebook* da marca Dell (modelo Inspiron 114-3437-A45) rodando o Waveview Pro Version 4.5. A preparação para o início da coleta dos dados foi feita por meio da colocação de dois eletrodos nas laterais da cartilagem tireóidea para a captação do EGG e do posicionamento da máscara de Rothenberg na boca para a coleta do fluxo. Foi realizado um pequeno treino para a colocação da máscara de Rothenberg ajustada à cada criança para a coleta da amplitude do fluxo aéreo oral.

Para a análise acústica de fala, foram gravadas mais três nomeações de cada estímulo em áudio (microfone Behringer ECM8000). A coleta e a análise das amostras de fala em relação à duração da fricativa e classificação de vozeamento foram realizadas no *software Praat Version 6.0.20*.

Para a coleta das amostras de fala, foi apresentada uma sequência de 12 figuras (aleatoriamente repetidas quatro vezes cada uma, totalizando 48 nomeações) com uma das consoantes fricativas (/f/ ou /v/ ou /s/ ou /z/ ou /ʃ/ ou /ʒ/) seguida de uma vogal alta e uma baixa. As figuras foram nomeadas pelas crianças e os arquivos salvos no *notebook*. Esse estudo está vinculado a uma pesquisa que envolve todos os sons fricativos citados, porém foram apenas analisadas as palavras com o som alvo /ʒ/: <jogo> e <jota>. A escolha do som /ʒ/ para ser analisado decorreu do fato de ser um som mais posterior e, portanto, mais difícil de ser produzido. A descrição das medidas aerodinâmicas e de EGG que as crianças com e sem TF usam para produzir a fricção e vozeamento no som /ʒ/ pode contribuir para o melhor entendimento desse mecanismo. Dentre as quatro repetições, foram selecionadas por uma fonoaudióloga experiente as três melhores repetições de cada palavra, totalizando seis nomeações analisadas com o som alvo /ʒ/ para cada criança.

Na EGG, foi analisado o quociente de abertura (QA) que está relacionado com a eficiência do uso da voz. Nas fricativas vozeadas, nem sempre é possível observar/calcular o QA, uma vez que os instantes de fechamento e abertura das pregas vocais nem sempre podem ser definidos com grande precisão<sup>(4,10,11)</sup>.

Na análise da aerodinâmica, foram calculadas as medidas de amplitude do fluxo aéreo oral, de f0 (frequência fundamental) da consoante e da vogal seguinte de cada emissão. As medidas relativas de amplitude do fluxo aéreo oral e f0 (calculadas a partir das medidas absolutas) foram calculadas conforme proposto por Pinho et al.<sup>(10,17)</sup>. Essa medida foi adotada porque as medidas absolutas são importantes para a análise da qualidade vocal, mas, do ponto de vista linguístico (fonológico), as medidas relativas (da consoante em relação à vogal posterior) são mais adequadas, pois auxiliam a compreender o comportamento

laríngeo durante a produção dos sons. Os valores de f0 refletem as estratégias de vozeamento na produção do som que combinam o abaixamento laríngeo com a abdução das pregas vocais e a pressão transglotal necessária para manter a vibração. Em geral, as fricativas vozeadas tendem a ter f0 mais baixo em função do abaixamento da laringe com uma maior tensão longitudinal das pregas vocais<sup>(10)</sup>, indicando um vozeamento mais fraco em relação à vogal. A porcentagem de *weak voicing*, uma medida definida com base na amplitude do fluxo aéreo oral relativo, indica a relação da fricativa vozeada com a vogal seguinte. Se o valor de *weak voicing* for maior de 70%, indica que o vozeamento da fricativa é fraco, comparado ao da vogal seguinte, e, abaixo desse valor, é considerado *strong voicing*<sup>(10)</sup>.

A análise das medidas ocorreu em três etapas. Na etapa 1, os dados coletados foram salvos em formato *.wav* e segmentados em 48 arquivos. Em seguida, esses foram transformados em arquivos *.prt* pelo *software Praat Version 6.0.20*<sup>(18)</sup>. Na etapa 2, foram anotadas as fricativas e a vogal seguinte, seguindo os critérios estabelecidos por Pinho et al.<sup>(10,17)</sup>. Por último, foram aplicados seis *scripts* no *software Praat Version 6.0.20* e no *software matlab*<sup>(12,15)</sup> para extrair as medidas necessárias.

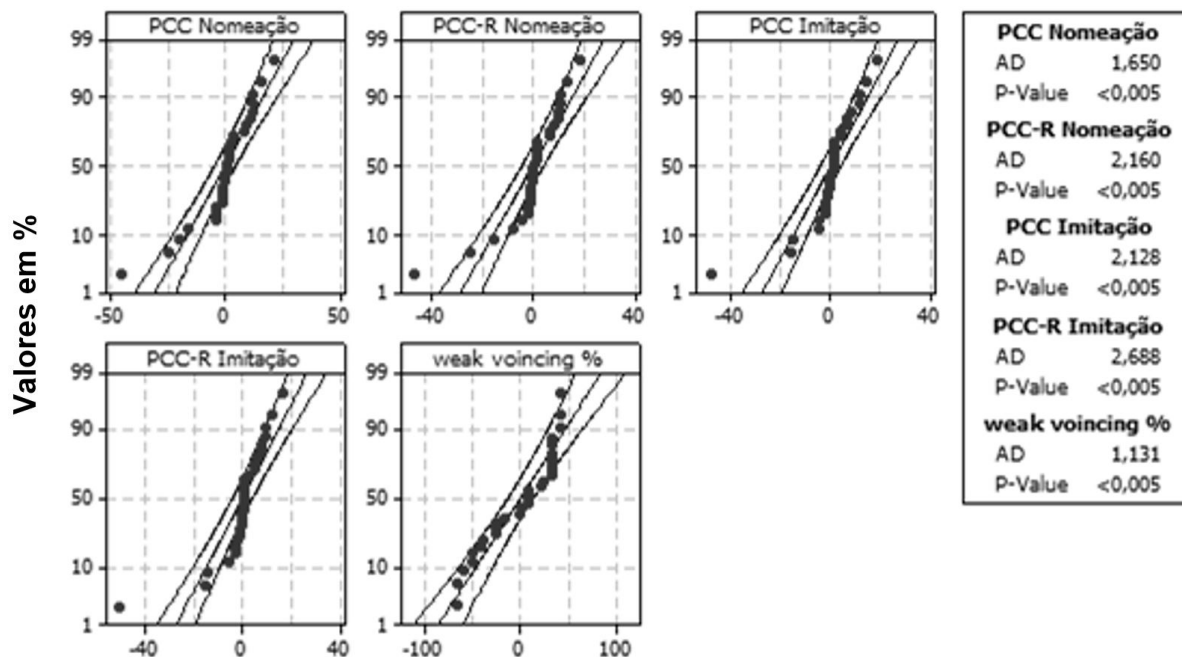
A amostra de fala coletada para a análise acústica de fala permitiu realizar a classificação de vozeamento das fricativas que foi elaborada por Jesus e Shadle<sup>(19)</sup>. Considerou-se a fricativa como desvozeada se menos de um terço do intervalo de fricção mostrasse curva periódica (1); como parcialmente desvozeada se mais de um terço e menos da metade do intervalo de fricção apresentasse ciclos de sinais acústicos e estáveis (2); como vozeada se mais da metade do intervalo de fricção mostrasse ciclos de sinais acústicos estáveis, mesmo que a amplitude fosse menor que a das vogais (3). Para tanto, foram aplicados os *scripts* no *Praat* conforme estabelecidos por Pinho et al.<sup>(10,17)</sup>.

É importante observar que a classificação de *weak voicing/strong voicing* tem por base as oscilações do sinal de fluxo, relacionadas à produção do som. Já as três categorias de vozeamento estão relacionadas às medidas periódicas do sinal acústico do som<sup>(10)</sup>.

Além dessas análises, ainda foi realizado um julgamento perceptivo-auditivo das produções de todas as crianças feito por uma fonoaudióloga experiente na área. Foi utilizada a mesma classificação de vozeamento proposta por Jesus e Shadle<sup>(19)</sup>, sendo que cada repetição das palavras foi ouvida duas vezes. Os dados foram tabulados em uma planilha Excel.

### Análise estatística

Devido aos dados não terem distribuição de normalidade assegurada (Figura 1), nesta análise estatística, foram utilizados testes não paramétricos. Para as análises de comparação dos grupos entre idade, medidas aerodinâmicas e de EGG, foi aplicado o teste Mann-Whitney com nível de significância de 0,05, com intervalos de confiança de 95%. Para medir o grau de correlação entre PCC, PCC-R, amplitude do fluxo oral relativo e QA absoluto de cada grupo, foi utilizada a correlação de Spearman. Para a análise de concordância entre GC e GP quanto à classificação de desvozeado, parcialmente desvozeado e vozeado entre o *script* do Praat e a percepção da fonoaudióloga, foi aplicado o Índice de Concordância de Kappa.



Teste estatístico: Teste de Anderson Darling. Legenda: PCC = Porcentagem de Consoantes Corretas; PCC-R = Porcentagem de Consoantes Corretas Revisada  
**Figura 1.** Distribuição de normalidade

## RESULTADOS

### Descrição da idade dos participantes e das medidas fonológicas

Não houve diferença entre as idades médias das crianças do GC (79 meses) e do GP (78 meses) ( $p$ -valor= 0,787).

Na Figura 2, são observadas as médias dos valores dos índices PCC e PCC-R para as crianças dos dois grupos. Os valores médios de PCC-R do GP indicam a presença do TF, enquanto os valores do GC indicam uma fala com poucos ou sem ocorrência de processo fonológico.

### Análise das medidas aerodinâmicas e de EGG

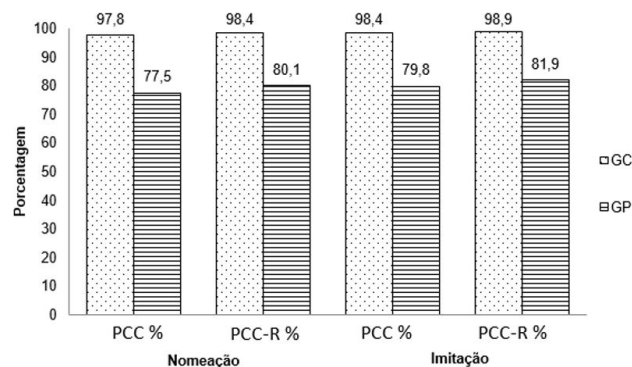
Na Tabela 1, são apresentadas as comparações entre GC e GP para as medidas relativas de amplitude do fluxo oral,  $f_0$ , *weak voicing* e QA. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para nenhuma das medidas analisadas.

Não foram encontradas correlações significativas entre as medidas de PCC, PCC-R, amplitude do fluxo oral relativo e QA nos grupos GC e GP, em ambos os grupos (Tabela 2).

A comparação entre os subgrupos do GP (indivíduos com produtividade do EF  $\leq 25\%$  e com EF  $> 25\%$ ), em relação às medidas de amplitude do fluxo oral relativo,  $f_0$  relativo e QA, não demonstraram diferenças significativas entre eles (Tabela 3).

### Classificação do vozeamento pela análise acústica e de weak voicing

Na Figura 3, são apresentadas as ocorrências, em porcentagem, da classificação de vozeamento pelo *script* do Praat, em relação ao valor de *weak voicing* dos indivíduos do GC (a) e GP (b).



Legenda: PCC = Porcentagem de Consoantes Corretas; PCC-R = Porcentagem de Consoantes Corretas Revisada

**Figura 2.** Média dos valores de PCC e PCC-R nas provas de nomeação de figuras e imitação de palavras do GC e GP

A análise descritiva do *weak voicing* e análise acústica pelo *script* sugerem que quanto maior o *weak voicing*, maiores são as porcentagens das classificações 1 e 2.

### Classificação do vozeamento pela análise acústica e perceptivo-auditiva

Na análise de concordância da classificação de vozeamento entre o *script* do Praat e a percepção da fonoaudióloga, houve concordância (Índice de Concordância de Kappa), porém esta foi considerada fraca tanto no GC (Kappa=0,110) como no GP (Kappa=0,282).

**Tabela 1.** Comparação entre GC e GP para amplitude do fluxo oral relativo, *weak voicing*, f0 e QA

		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	p-valor
Amplitude relativa do fluxo oral (%)	GC	70,8	71,0	16,2	57,3	83,7	15	8,2	0,591
	GP	73,3	83,0	21,2	60,1	88,2	14	11,1	
<i>Weak voicing</i> (%)	GC	57,3	67,0	32,7	33,0	81,5	15	16,6	0,421
	GP	66,1	87,5	41,1	25,3	100,0	14	21,5	
f0 relativo (%)	GC	3,8	1,2	6,0	0	8,0	13	3,3	0,437
	GP	1,1	-0,3	13,8	-10	8,5	12	7,8	
Quociente de abertura absoluto (%)	GC	51,8	50,0	17,5	47,0	57,6	9	11,4	0,167
	GP	61,4	61,3	20,4	53,8	74,0	8	14,1	

Teste estatístico: Teste Mann-Whitney

**Legenda:** f0 = frequência fundamental; GC = grupo controle; GP = grupo pesquisa; Q1 = quartil 1; Q3 = quartil 3; N = número de amostra; IC = intervalo de confiança; QA = quociente de abertura

**Tabela 2.** Correlação entre PCC, PCC-R, média da amplitude do fluxo aéreo oral relativo e média do quociente de abertura no GC e GP

GC		Nomeação		Imitação	
		PCC	PCC-R	PCC	PCC-R
Amplitude relativa do Fluxo aéreo oral	Corr (r)	30,40%	30,40%	34,10%	32,60%
	p-valor	0,270	0,270	0,214	0,236
Quociente de abertura absoluto	Corr (r)	5,10%	5,10%	-18,00%	-21,00%
	p-valor	0,896	0,896	0,642	0,587
GP		Nomeação		Imitação	
		PCC	PCC-R	PCC	PCC-R
Amplitude relativa do Fluxo aéreo oral	Corr (r)	14,30%	14,30%	2,90%	-8,40%
	p-valor	0,625	0,625	0,923	0,776
Quociente de abertura absoluto	Corr (r)	10,90%	10,90%	-15,70%	-22,90%
	p-valor	0,797	0,797	0,711	0,586

Teste estatístico: Correlação de Spearman

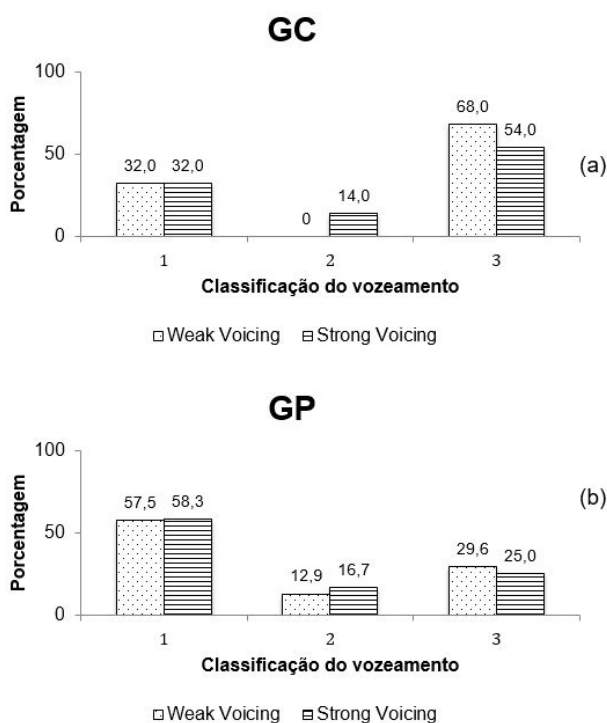
**Legenda:** Corr(r) = coeficiente de correlação; GC = grupo controle; GP = grupo pesquisa; PCC = Porcentagem de Consoantes Corretas; PCC-R = Porcentagem de Consoantes Corretas Revisada

**Tabela 3.** Comparação entre os subgrupos do GP em relação às medidas de amplitude do fluxo oral relativo, f0 e QA

		Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	N	IC	p-valor
Amplitude relativa do fluxo oral (%)	EF≤25%	72,1	83	23,1	60,1	88,8	10	14,3	>0,999
	EF>25%	76,3	83,7	18,4	72,1	87,9	4	18	
f0 relativa (%)	EF≤25%	7,9	7,1	15,1	2,2	12,8	4	14,8	0,283
	EF>25%	-2,3	-5,4	12,7	-10,5	5	8	8,8	
Quociente de abertura absoluto (%)	EF≤25%	59,6	57,6	23,5	51,3	75,4	6	18,8	0,643
	EF>25%	67,1	67,1	6,7	64,7	69,4	2	9,3	

Teste estatístico: Teste Mann-Whitney

**Legenda:** f0 = frequência fundamental; EF = ensurdecimento de fricativa; Q1 = quartil 1; Q3 = quartil 3; N = número de amostra; IC = intervalo de confiança; QA = quociente de abertura



**Legenda:** 1 = desvozeado; 2 = parcialmente desvozeado; e 3= vozeado; GC = grupo controle; GP = grupo pesquisa

**Figura 3.** Análise da ocorrência das classificações de vozeamento em relação ao valor de *weak voicing* dos indivíduos do GC (a) e do GP (b)

## DISCUSSÃO

Estudos com crianças falantes do PB que manifestam o TF têm demonstrado que entre suas dificuldades mais frequentes está a produção e manutenção do vozeamento de sons fricativos<sup>(4,5,17,20)</sup>.

O uso de equipamentos para a coleta de dados aerodinâmicos em crianças é pouco relatado na literatura. Assim, buscamos empregar equipamentos e técnicas de coleta e principalmente de análise dos dados já utilizados para falantes adultos. Analisamos a amplitude do fluxo aéreo oral relativo,  $f_0$  relativo e *weak voicing*. Essas três medidas foram propostas por Pinho et al.<sup>(10,17)</sup> e tratam de medidas relativas à vogal seguinte, que possibilitam melhor condição de comparação dos dados entre indivíduos. Essas medidas fornecem informações sobre o fluxo do ar e sobre a configuração da laringe e tensão das pregas vocais, elementos importantes para a produção e manutenção do vozeamento.

Em seguida, analisamos o quociente de abertura das pregas vocais (QA) que permite verificar o controle da abdução das pregas vocais. Esse é outro elemento importante para a produção e manutenção do vozeamento de fricativas.

Na análise das medidas aerodinâmicas e eletroglotográficas do som /ʒ/, foi possível observar que: o GP apresenta a amplitude do fluxo oral relativo maior que o GC; o valor de  $f_0$  relativo do GP é menor que o GC; o QA indica uma voz menos eficiente no GP quando as médias entre os dois grupos são comparadas; os valores de *weak voicing* obtidos demonstram que, em 66,1% do GP, o vozeamento da fricativa estudada é mais fraco, comparado ao da vogal seguinte; a comparação entre o Grupo Pesquisa com

ensurdecimento de fricativa  $GPEF \leq 25\%$  e  $GPEF > 25\%$  indica que o  $GPEF > 25\%$  apresentou maior dificuldade no vozeamento, embora não tenha havido diferença estatística entre os grupos.

É importante destacar que existem fatores que influenciam a manutenção do vozeamento: ponto de articulação – quanto mais posterior for, maiores as chances de ocorrer o desvozeamento; posição do som na palavra – na posição medial é mais provável de ser vozeado do que na posição inicial e final; duração da consoante – quanto maior a duração, maior a chance de desvozear; contexto – a coarticulação com vogais abertas facilita a manutenção do vozeamento<sup>(10)</sup>.

Estudos realizados anteriormente com adultos mostram que a zona de articulação do som interfere na produção e manutenção do vozeamento, sendo mais difícil de manter o vozeamento durante a produção dos sons posteriores<sup>(19)</sup>. O som /ʒ/, alvo deste estudo, é uma fricativa posterior, a posição do som na palavra estímulo é inicial e coarticulada com uma vogal fechada e, por ser fricativa, é um som com grande duração. Como apontado, essas características indicam que a produção do /ʒ/ pode ser mais difícil para uma criança com TF, o que foi demonstrado pelos resultados descritivos deste estudo. É importante ressaltar que ocorreram perdas amostrais para algumas produções, em decorrência de problemas na aquisição dos dados em crianças, o que impediu sua análise.

De forma geral, os sons fricativos estão entre os mais alterados em crianças com TF<sup>(17,20)</sup>. Considerando-se os sons fricativos vozeados, além da necessidade de produção da fricção, ainda é necessário manter o vozeamento.

O vozeamento ocorre quando as pregas vocais estão aduzidas e tensas, diante de uma pressão transglotal suficiente para causar pressão positiva de fluxo aéreo na glote, mantém a vibração. Porém a manutenção do vozeamento em fricativas pode ser problemática, pois a constrição necessária para produzir o ruído da fricção só pode ser sustentada com uma queda suficiente da pressão transglotal<sup>(21)</sup>.

Esses fatores mencionados auxiliam a explicar a diferença qualitativa entre GC e GP na produção e manutenção do vozeamento do /ʒ/. A ausência de diferença significativa entre os grupos também reflete o desenvolvimento motor da fala que ainda está acontecendo nas crianças dessa faixa etária<sup>(22)</sup>. A análise de correlação entre as medidas aerodinâmicas e de EGG em relação aos índices de gravidade, nos dois grupos de crianças, sugere que, nessa faixa etária, as crianças não demonstram uma diferenciação nas estratégias utilizadas para produção do vozeamento, o que indica a ausência de associação entre medidas fonológicas e de produção de fala.

Em relação à descrição da classificação de vozeamento de acordo com a análise acústica do *script* do Praat e do *weak/strong voicing*, verificou-se que há algumas variações principalmente para a classificação 2 da acústica (parcialmente desvozeado) em relação aos valores de *weak/strong voicing*. Essa diferença entre as duas análises pode ocorrer em função da natureza específica de cada uma delas. Como indica Pinho et al.<sup>(10)</sup>, tal diferença decorre do fato de as oscilações registradas no fluxo aéreo das fricativas terem baixas amplitudes e poucas frequências altas e, com isso, não produzirem excitação acústica significativa e estarem fracamente relacionadas às medidas periódicas do sinal acústico.

Na análise da classificação de vozeamento entre o *script* do Praat e a percepção da fonoaudióloga, houve concordância fraca. Isso pode ser explicado pelo fato de que as pistas acústicas utilizadas pelos ouvintes para a classificação do vozeamento são variadas, sendo que um ouvinte pode priorizar uma pista mais do que outras, por exemplo, a duração da fricativa<sup>(23)</sup>.

Os resultados do presente estudo sugerem que as estratégias de produção e manutenção do vozeamento do /ʒ/ ainda são variáveis em crianças entre 5:0 e 7:11 anos (60 a 95 meses), como observado nas medidas aerodinâmicas e de EGG, porém as crianças com TF parecem ter mais dificuldades em utilizá-las de modo eficaz. Esses achados demonstram que, no Português Brasileiro, o som /ʒ/ representa um grande desafio para crianças com TF e com dificuldade de vozeamento. Portanto há indícios de que o fonoaudiólogo deve evitar iniciar, sempre que possível, a intervenção fonoaudiológica para a produção e manutenção do vozeamento por esse som.

## CONCLUSÃO

No estudo desenvolvido, foi possível analisar medidas fonológicas, acústicas, aerodinâmicas e de EGG do som fricativo vozeado /ʒ/. Os resultados sugerem que as estratégias de produção e manutenção do vozeamento da fricativa vozeada /ʒ/ ainda são variáveis em crianças na idade estudada, porém as crianças com transtorno fonológico parecem ter mais dificuldades em utilizá-las de modo eficaz. Além disso, o estudo aponta para a importância da aplicação de provas complementares para um diagnóstico mais detalhado.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento à FAPESP pelo auxílio fornecido para a execução da pesquisa (processos 2013/17542-0 e 2015/05023-4).

## REFERÊNCIAS

1. McLeod S, Harrison LJ, McAllister L, McCormack J. Speech sound disorders in a community study of preschool children. *Am J Speech Lang Pathol.* 2013;22(3):503-22. [http://dx.doi.org/10.1044/1058-0360\(2012/11-0123\)](http://dx.doi.org/10.1044/1058-0360(2012/11-0123)). PMID:23813192.
2. Wertzner HF, Pagan LO, Galea DES, Papp ACCS. Características fonológicas de crianças com transtorno fonológico com e sem histórico de otite média. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2007;12(1):41-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342007000100009>.
3. Wertzner HF, Santos PI, Pagan-Neves LO. Ocorrência de erros fonológicos de acordo com a gravidade em crianças com transtorno fonológico. *Rev CEFAC.* 2014;16(4):1133-41. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0216201420812>.
4. Wertzner HF, Pereira K, Silva TZ, Pagan-Neves LO. Aplicação de medidas de gravidade e de inconsistência de fala em crianças com transtorno fonológico. *Audiol Commun Res.* 2013;18(3):213-9. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-64312013000300011>.
5. Wertzner HF, Pagan-Neves LO. A efetividade dos testes complementares no acompanhamento da intervenção terapêutica no transtorno fonológico. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2012;17(4):469-75. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342012000400018>.
6. Shriberg LD, Kwiatkowski J. Phonological disorders I: a diagnostic classification system. *J Speech Hear Disord.* 1982;47(3):226-41. <http://dx.doi.org/10.1044/jshd.4703.226>. PMID:7186559.
7. Shriberg LD, Austin D, Lewis BA, McSweeney JL, Wilson DL. The speech disorders classification system (SDCS): extensions and lifespan reference data. *J Speech Lang Hear Res.* 1997;40(4):723-40. <http://dx.doi.org/10.1044/jslhr.4004.723>. PMID:9263939.
8. Wertzner HF, Pagan-Neves LO, Castro MM. Análise acústica e índice de estimulabilidade nos sons líquidos do português brasileiro. *Rev CEFAC.* 2007;9(3):339-50. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462007000300007>.
9. Herbst CT, Lohscheller J, vec JG, Henrich N, Weissengruber G, Fitch WT. Glottal opening and closing events investigated by electroglottography and super-high-speed video recordings. *J Exp Biol.* 2014;217(6):955-63. <http://dx.doi.org/10.1242/jeb.093203>. PMID:24622896.
10. Pinho CMR, Jesus LMT, Barney A. Weak voicing in fricative production. *J Phonetics.* 2012;40(5):625-38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wocn.2012.06.002>.
11. Gama ACC, Behlau MS. Estudo da constância de medidas acústicas de vogais prolongadas e consecutivas em mulheres sem queixa de voz e em mulheres com disfonia. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2009;14(1):8-14. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342009000100004>.
12. Oliveira KV, Faria BS, Silva JPG, Reis C, Ghio A, Gama ACC. Análise das medidas aerodinâmicas no português brasileiro por meio do método multiparamétrico de avaliação vocal objetiva assistida (EVA). *Rev CEFAC.* 2012;15(1):119-27. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462012005000053>.
13. Wertzner HF. Fonologia. In: Andrade CRF, Befi-Lopes DM, Fernandes FDM, Wertzner HF, editores. ABFW: teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática. Carapicuíba: Pró-Fono; 2004.
14. Wechsler D. WISC III: escala de inteligência Wechsler para crianças. 3. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo; 2002.
15. Befi-Lopes DM. Vocabulário. In: Andrade CRF, Befi-Lopes DM, Fernandes FDM, Wertzner HF, editores. ABFW: teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática. Carapicuíba: Pró-Fono; 2004.
16. Wertzner HF. O distúrbio fonológico em crianças falantes do português: descrição e medidas de severidade [tese]. São Paulo: Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2002.
17. Pinho CMR, Jesus LMT, Barney A. Aerodynamic measures of speech in unilateral vocal fold paralysis (UVFP) patients. *Logoped Phoniatr Vocol.* 2013;38(1):19-34. <http://dx.doi.org/10.3109/14015439.2012.696138>. PMID:22741532.
18. Boersma P, Weenink D. Praat: doing phonetics by computer, version 6.0.20 [Internet]. Amsterdam: University of Amsterdam; 2017 [citado em 2017 Ago 31]. Disponível em: <http://www.praat.org/>
19. Jesus LMT, Shadle CH. Devoicing measures of European Portuguese fricatives. In: Mamede N, Baptista J, Trancoso I, Nunes M, editores. Computational Processing of the Portuguese Language: 6th International Workshop; 2003; Faro, Portugal. Proceedings. Berlin: Springer-Verlag; 2003. p. 1-8 [citado em 2017 Ago 31]. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/37537150\\_Devoicing\\_Measures\\_of\\_European\\_Portuguese\\_Fricatives](https://www.researchgate.net/publication/37537150_Devoicing_Measures_of_European_Portuguese_Fricatives)
20. Wertzner HF, Santos PI, Pagan-Neves LO. Tipos de erros de fala em crianças com transtorno fonológico em função do histórico de otite média.

- Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2012;17(4):422-9. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342012000400010>.
21. Stevens K. Vocal-fold vibration for obstruent consonants. In: Jan Gauffin; Britta Hammarberg, editores. Vocal fold physiology acoustic, perceptual, and physiological aspects of voice mechanism. San Diego: Singular Publishing Group; 1991. p. 29-36.
22. Nip ISB, Green JR. Increases in cognitive and linguistic processing primarily account for increases in speaking rate with age. Child Dev. 2013;84(4):1324-37. <http://dx.doi.org/10.1111/cdev.12052>. PMID:23331100.
23. Pape D, Jesus LMT, Birkholz P. Intervocalic fricative perception in European Portuguese: an articulatory synthesis study. Speech Commun. 2015;74:93-103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.specom.2015.09.001>.

### **Contribuição dos autores**

*PTH participou da coleta e análise dos dados e redação do artigo; LOPN e LMTJ participaram da análise, interpretação dos dados e redação do artigo; HFW participou, na condição de orientadora, da idealização do estudo, delineamento do estudo, análise, interpretação dos dados e redação do artigo.*