

# Parâmetros acústicos do contraste de sonoridade das plosivas no desenvolvimento fonológico típico e no desviante

## *Acoustics parameters of the voicing contrast of plosives in typical phonological development and phonological disorder*

Roberta Michelon Melo<sup>1</sup>, Helena Bolli Mota<sup>2</sup>, Carolina Lisbôa Mezzomo<sup>2</sup>, Brunah de Castro Brasil<sup>1</sup>, Liane Lovatto<sup>3</sup>, Leonardo Arzeno<sup>4</sup>

### RESUMO

**Objetivo:** Investigar se as crianças com desvio fonológico apresentam características acústicas distintas de sons plosivos surdos e sonoros das crianças com desenvolvimento fonológico típico. **Métodos:** Participaram do estudo 11 crianças com desenvolvimento fonológico típico e cinco com desvio fonológico e dificuldade na aquisição do traço [+voz] das consoantes plosivas. Por meio de palavras ([ˈpapa], [ˈbaba], [ˈtata], [ˈdada], [ˈkaka] e [ˈgaga]) inseridas em frases-veículo, mediu-se o *voice onset time*, a duração da vogal, a amplitude do *burst* e a duração da oclusão de cada plosivo. Foram comparados todos os registros acústicos de plosivos surdos e sonoros intra e intergrupo, por meio de testes estatísticos. **Resultados:** As crianças com desenvolvimento fonológico típico apresentaram resultados significativos, principalmente, na diferenciação dos parâmetros de *voice onset time*, duração da vogal e oclusão de plosivos surdos e sonoros, diferentemente do observado para as crianças com desvio fonológico. A comparação entre os dois grupos mostrou diferenças quanto à produção de *voice onset time* e duração da oclusão dos plosivos sonoros. Com relação aos demais parâmetros analisados, os valores foram aproximados entre os grupos, sem diferença estatística. **Conclusão:** A marcação do contraste de sonoridade do grupo desviante mostra-se distinta em relação ao grupo de crianças com desenvolvimento fonológico típico, principalmente no que se refere ao *voice onset time* e à duração da oclusão dos segmentos sonoros.

**Descritores:** Acústica da fala; Criança; Distúrbios da fala; Espectrografia do som; Fala; Linguagem infantil

### INTRODUÇÃO

Durante o processo de aquisição fonológica a criança deve aprender a lidar com inúmeras pistas auditivas, articulatórias e acústicas, para assim, adquirir os contrastes entre as diferentes unidades linguísticas, regras fonológicas, estruturas silábicas,

restrições fonotáticas, acento da palavra, entre outros aspectos que compõem a língua-alvo<sup>(1)</sup>.

Alguns estudos apontam para a presença de um sistema com estruturas básicas no início do desenvolvimento fonológico, e a partir dessa representação limitada, a criança tem sua fonologia ampliada gradativamente<sup>(2,3)</sup>. Enquanto a aquisição do sistema de sons não atingiu todos os padrões previstos na língua, os falantes fazem uso de algumas estratégias de reparo, na tentativa de adequar suas dificuldades de produção de fala<sup>(4)</sup>. Contudo, tais estratégias vão sendo eliminadas conforme a progressão da idade cronológica e, consequente maturação e sofisticação do conhecimento linguístico e dos órgãos fonoarticulatórios.

Porém, são comumente encontradas na clínica fonoaudiológica, crianças que utilizam as estratégias de reparo de modo desviante e/ou além da faixa etária de aquisição de um determinado segmento ou estrutura silábica<sup>(4,5)</sup>. Essas apresentam uma estagnação no percurso do desenvolvimento fonológico, caracterizado pela falta de domínio de alguns segmentos, traços e/ou constituintes silábicos, características as quais configuram parte do quadro de desvio fonológico (DF)<sup>(6)</sup>.

As consoantes plosivas, classe de sons investigada no presente estudo, encontram-se adquiridas no sistema fonológico

Trabalho realizado no Programa de Pós-Graduação em Distúrbios da Comunicação Humana, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS), Brasil.

**Financiamento:** Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

**Conflito de interesses:** Não

(1) Programa de Pós-graduação (Mestrado) em Distúrbios da Comunicação Humana, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS), Brasil.

(2) Curso de Fonoaudiologia e Programa de Pós-graduação em Distúrbios da Comunicação Humana, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS), Brasil.

(3) Programa de Pós-graduação (Doutorado) em Fonética, Université de Paris III – Paris, França.

(4) Programa de Pós-graduação (Mestrado) em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS), Brasil.

**Endereço para correspondência:** Roberta Michelon Melo. R. Tuiuti, 1850/501A, Centro, Santa Maria (RS), Brasil, CEP: 97015-662. E-mail: roberta\_m\_melo@hotmail.com

**Recebido em:** 30/3/2011; **Aceito em:** 29/11/2011

considerado típico, antes do terceiro ano de vida, mais especificamente, /p/, /b/, /t/ e /d/ em torno de um ano e seis meses, /k/ um ano e sete meses e, por último, /g/ com um ano e oito meses<sup>(4,7,8)</sup>.

Uma das estratégias de reparo adotadas durante a tentativa de produção desses fonemas é a não estabilização do valor marcado do traço [voz] para os fonemas sonoros<sup>(2)</sup>. Alguns estudos mencionam que a dificuldade no estabelecimento do traço [+voz] dos fones plosivos é de alta prevalência nos DF<sup>(9-11)</sup>. Indiscutivelmente, produções homônimas de duas palavras com significados distintos que sofrem a estratégia de dessonorização, como /kalo/ e /galo/, produzidas respectivamente como [ˈkalu] e [ˈkalu], refletem em um empobrecimento na inteligibilidade de fala do sujeito.

Além de prejudicar a inteligibilidade de fala e a percepção do ouvinte, a estabilização do traço [+voz] por crianças com DF submetidas à terapia fonológica, é uma tarefa de difícil superação<sup>(12)</sup>. O contraste de sonoridade dos sons plosivos envolve um refinamento articulatorio e acústico dos gestos produzidos na cavidade oral e na laringe, exigindo uma complexa organização têmporo-espacial dos movimentos dos órgãos fonoarticulatórios<sup>(13)</sup>.

Ao relacionar a presença ou ausência de um conhecimento subjacente do contraste de sonoridade ao desenvolvimento da terapia de crianças com DF, alguns autores referiram que a detecção de um conhecimento produtivo com auxílio da análise acústica, parece ser um fator facilitador da rápida generalização dos padrões fonológicos<sup>(14)</sup>.

Durante a produção dos segmentos plosivos observam-se dois importantes momentos articulatorios. O primeiro seria a obstrução da corrente aérea gerada pelos órgãos fonoarticulatórios, com aumento da pressão intra-oral ocasionando, secundariamente, a liberação brusca dessa oclusão. Do ponto de vista acústico, inicialmente verifica-se, por meio do espectrograma, a produção de um silêncio seguido por ruído transiente breve, conhecido como *burst*<sup>(9)</sup>.

Para o contraste de sonoridade dos fones plosivos, alguns registros acústicos foram pesquisados a fim de relatar a sua influência na diferenciação entre os segmentos [±voz]. Alguns deles são: o *voice onset time* (VOT)<sup>(9,10,15-17)</sup>, a duração da vogal adjacente à consoante plosiva<sup>(10,17,18)</sup>, a amplitude do *burst*<sup>(9,15)</sup> e a duração da oclusão anterior ao *burst*<sup>(18,19)</sup>.

Mesmo diante da grande frequência de dessonorizações em crianças com DF, principalmente falantes do Português Brasileiro (PB), observa-se determinada escassez de estudos sobre o tema. Investigações envolvendo a análise de parâmetros acústicos responsáveis pelo contraste dos fones plosivos [±voz], na fala de crianças com e sem alteração de fala, pretendem, não somente fornecer subsídios teóricos referentes à produção dos sons plosivos do PB, mas também em uma perspectiva clínica, oferecer a compreensão e a aplicabilidade dessas pistas acústicas durante todo o processo terapêutico. Com isso, será possível propiciar, tanto ao terapeuta como ao paciente, um retorno objetivo e fidedigno das características de produção de fala do sujeito.

Este estudo teve como objetivo principal, investigar se as crianças com DF apresentam características acústicas distintas de fones plosivos surdos e sonoros das crianças com desenvolvimento fonológico típico (DFT).

## MÉTODOS

Este trabalho teve aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/RS), sob o número 23081.008886/2009-29. O estudo foi realizado em uma clínica escola, vinculada à UFSM, e em duas escolas da rede pública estadual da mesma cidade.

Na clínica escola, os sujeitos com DF foram selecionados a partir das triagens da fila de espera do Setor de Fala do Serviço. A seguir, os pais ou responsáveis foram contatados por telefone e convidados a participar da pesquisa. Nas escolas, foi marcada uma reunião com os pais ou responsáveis de todos os alunos matriculados nas turmas que abrangiam a faixa etária do estudo. Quando não foi possível marcar reunião, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, contendo informações gerais (identificação do pesquisador responsável, instituição promotora, etc.), justificativa, objetivos, procedimentos, possíveis desconfortos, riscos e benefícios do estudo, foi encaminhado por meio dos próprios alunos.

Foram avaliadas 37 crianças com DFT e 17 crianças com DF. Contudo, atenderam aos critérios de inclusão, bem como aceitaram dar continuidade na participação da pesquisa, apenas 16 crianças, que foram divididas em dois grupos:

- Grupo de crianças com desenvolvimento fonológico típico (GDFT): composto por 11 crianças, com idades entre 5 e 8 anos (média de idade = 7 anos e 5 meses; desvio-padrão = 9,9 meses), sendo, seis do gênero masculino e cinco do feminino, e;
- Grupo de crianças com distúrbio fonológico (GDF): composto por cinco crianças, com idades entre 5 e 7 anos (média de idade = 7 anos; desvio-padrão = 11,8 meses), todos do gênero masculino. Todas as crianças do GDF apresentaram dificuldade na produção dos fones plosivos sonoros, além do emprego de outras estratégias de reparo referentes aos demais segmentos do PB. A seguir são apresentadas as porcentagens de produção dos fonemas plosivos de cada sujeito que compõe esse grupo, conforme análise perceptivo-auditiva realizada com base na Avaliação Fonológica da Criança (AFC)<sup>(20)</sup> (Quadro 1).

Foram considerados os seguintes critérios de inclusão para o GDFT: apresentar inventários fonético e fonológico completos; estar na faixa etária de 4 anos a 8 anos e 11 meses; não ter recebido qualquer tipo de terapia fonoaudiológica prévia; ser falante nativo do PB (dialeto gaúcho); e não apresentar histórico de bilinguismo. Adotou-se como critérios de exclusão a presença de alterações vocais, auditivas, de linguagem, prejuízos evidentes nos aspectos neurológicos, cognitivos, psicológicos e/ou emocionais, além de alterações no sistema estomatognático, que interferissem no sistema fonológico.

Com exceção do primeiro critério de inclusão adotado para compor o GDFT, os demais critérios de inclusão também foram considerados para o GDF. As crianças deste último grupo deveriam apresentar ainda, diagnóstico de DF, com dificuldade na produção do traço [+voz] dos fonemas plosivos. Todas as consoantes plosivas sonoras deveriam apresentar porcentagem de produção correta de até 39%, indicando a não aquisição do segmento, sendo dessonorizadas em porcentagem maior ou igual a 40%. Todas as plosivas [-voz] deveriam encontrar-se

**Quadro 1.** Caracterização do grupo de crianças com desvio fonológico (GDF) de acordo com a porcentagem de produção dos fones plosivos

Plosiva	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 4	Sujeito 5
/p/	/p/ → [p] 100%	/p/ → [p] 100%	/p/ → [p] 100%	/p/ → [p] 100%	/p/ → [p] 100%
/b/	/b/ → [b] 20%	/b/ → [b] 11%	/b/ → [b] 0%	/b/ → [b] 20%	/b/ → [b] 24%
	/b/ → [p] 80%	/b/ → [p] 99%	/b/ → [p] 100%	/b/ → [p] 80%	/b/ → [p] 76%
/t/	/t/ → [t] 100%	/t/ → [t] 100%	/t/ → [t] 100%	/t/ → [t] 100%	/t/ → [t] 100%
/d/	/d/ → [d] 28%	/d/ → [d] 23%	/d/ → [d] 17%	/d/ → [d] 0%	/d/ → [d] 36%
	/d/ → [t] 55%	/d/ → [t] 77%	/d/ → [t] 83%	/d/ → [t] 100%	/d/ → [t] 64%
	/d/ → [∅] 17%				
/k/	/k/ → [k] 100%	/k/ → [k] 100%	/k/ → [k] 100%	/k/ → [k] 96%	/k/ → [k] 100%
				/k/ → [t] 4%	
/g/	/g/ → [g] 22%	/g/ → [g] 0%	/g/ → [g] 7%	/g/ → [g] 0%	/g/ → [g] 15%
	/g/ → [k] 67%	/g/ → [k] 100%	/g/ → [k] 83%	/g/ → [k] 100%	/g/ → [k] 85%
	/g/ → [p] 11%				

**Legenda:** ∅ = omissão do segmento

adquiridas no sistema fonológico. Tal critério foi empregado com base em outro estudo<sup>(21)</sup>. Na proposta do referido trabalho, um fonema é considerado como não adquirido quando sua ocorrência de produção correta for igual ou inferior a 39%; parcialmente adquirido quando a ocorrência for de 40% a 79% e adquirido quando sua ocorrência for de 80% a 100%.

Para a seleção da amostra, tanto do GDF como do GDFT, foi realizada uma entrevista inicial e uma triagem fonoaudiológica, compostas por:

- Entrevista inicial: realizada com os pais e/ou responsáveis. Consta de algumas perguntas de identificação, como local e data de nascimento; histórico de moradia (se havia residido em outra cidade ou estado); idioma (se falava outra língua); tratamentos anteriores (se havia feito terapia fonoaudiológica) e histórico de saúde (antecedentes fisiopatológicos)”.  
 - Avaliação do sistema estomatognático: observação do aspecto, postura, tensão muscular e mobilidade dos órgãos fonoarticulatórios (língua, lábios, bochechas, palato mole, palato duro e dentes) e funções (respiração, sucção, mastigação e deglutição);  
 - Avaliações de linguagem, fala e voz: realizadas com base em uma sequência lógica de quatro fatos (figuras). Foi solicitado à criança que organizasse as figuras em sequência e contasse uma história. Por meio da fala e da nomeação espontânea foram observados aspectos da linguagem compreensiva e expressiva oral, possíveis alterações fonéticas, fonológicas e de qualidade vocal. Além disso, somente para o GDF, também foi realizada a AFC, a fim de se obter uma descrição mais completa dos sistemas fonético e fonológico dessas crianças. Tal avaliação é composta por cinco desenhos temáticos que possibilitam a obtenção de uma amostra de fala balanceada, por meio de nomeação espontânea, contendo todos os fones contrastivos do PB, em todas as posições silábicas. Além das figuras da AFC, foi também utilizada a figura do circo, proposta em outro trabalho<sup>(22)</sup>.  
 - Triagem auditiva: foram pesquisados os limiares auditivos por via aérea, na faixa de frequência de 500 Hz a 4 kHz, testados a 20 dBNA (modo de varredura). O audiômetro uti-

lizado foi *Interacoustics Screening Audiometer*® AS208, devidamente calibrado e respeitando-se os cuidados com o ruído do ambiente.

As alterações detectadas durante o transcorrer das avaliações citadas, os pais e/ou responsáveis, bem como a escola, foram informados sobre a necessidade de novas avaliações e/ou exames. Também foram realizados encaminhamentos a outros profissionais, necessários a cada caso.

Para a coleta dos dados que foram submetidos à análise acústica, foi elaborada uma lista de palavras de mesmo contexto linguístico (dissílabas e paroxítonas), por meio da qual, os seis fonemas plosivos do PB foram contrastados ([‘papa], [‘baba], [‘tata], [‘dada], [‘kaka] e [‘gaga]). Essas palavras foram inseridas em frase veículo (“Fala \_\_\_\_\_ de novo”). Cada segmento plosivo teve duas séries de três repetições, organizadas em uma sequência aleatória, perfazendo um total de 36 frases para cada sujeito, totalizando 576 produções (duas gravações x três repetições x seis consoantes plosivas x 16 crianças = 576 produções). As frases veículos foram apresentadas por meio de fones de ouvido, marca Sennheiser® HD280 PRO, e os sujeitos foram orientados a repetir em qualidade vocal habitual toda a frase ouvida. Para a gravação dos dados, foi utilizada uma cabine isolada acusticamente, um microfone omnidirecional (marca Behringer® EMC8000), posicionado em um pedestal, a aproximadamente 4 cm da boca do sujeito e uma placa de som externa (marca M-AUDIO®, modelo FW 410) conectada a um computador portátil (Windows XP SP3). As gravações foram realizadas diretamente no *software* MATLAB V7.1 SP3 (*Simulink Signal Processing Toolbox* V6.4), em arquivo Wave e alta resolução (24 bits e 96 KHz).

Em seguida, os registros de fala foram analisados no *software* de áudio processamento Praat – versão 5.1.29 (disponível em [www.praat.org](http://www.praat.org)), com taxa de amostragem de 96 kHz e 16 bits.

Com a espectrografia foram medidos os valores de VOT, a duração da vogal, a amplitude do *burst* e a duração da oclusão.

Para a extração do VOT, em *onset* inicial e medial, foram localizados o *burst* e o início da vibração das pregas vocais. Os valores de VOT (em milissegundo – ms) foram extraídos do espectrograma do seguinte modo:

- para os fones plosivos surdos: foi coletada a medida de duração do segmento compreendido entre o *burst* do segmento plosivo até o primeiro pulso regular da vogal [a] da mesma sílaba;
- para os fones plosivos sonoros: foi coletada a medida do segmento compreendido entre o início da barra de sonoridade do segmento plosivo até o registro do *burst*. Contudo, o VOT dos sons plosivos sonoros em que a barra de sonoridade prévia ao *burst* encontrava-se ausente foi mensurado como nos plosivos surdos.

Para medir a duração da vogal (em milissegundo – ms) presente na palavra-alvo, em *onset* inicial e medial, adotou-se o critério do primeiro e último ciclo regular adjacente à consoante plosiva para determinar os limites da vogal.

A amplitude do *burst* (em decibel - dB), em *onset* inicial e medial, foi extraída a partir da medida central da duração total do *burst*. Na presença de *bursts* múltiplos, o mesmo procedimento foi realizado para cada *burst* e em seguida realizou-se uma média aritmética entre os valores encontrados.

A duração da oclusão (em milissegundo – ms), em *onset* medial, foi medida a partir do final da vogal da sílaba tônica (último ciclo regular da vogal) até o início do *burst* do segmento plosivo seguinte. Nos casos em que a vogal tônica foi seguida por uma porção com características espectrais de ruído (*breathy vowel*), essa também foi considerada dentro do intervalo de oclusão.

Cabe ressaltar que as palavras que apresentavam omissão ou produção imprecisa de algum dos parâmetros analisados foram excluídas da amostra antes dos dados serem submetidos à análise estatística. No mesmo momento, foi realizada para cada sujeito, a média dos valores de cada parâmetro acústico, em todas as repetições de cada palavra-alvo.

Todos os parâmetros acústicos dos sons plosivos surdos e sonoros foram medidos e tabulados individualmente, por sujeito e em cada grupo separadamente. Os parâmetros acústicos desses fones foram confrontados estatisticamente, em cada grupo, utilizando-se o teste de Wilcoxon. Após, foram comparados estatisticamente os registros acústicos entre os grupos (GDFT e GDF) por meio do teste Mann-Whitney. O nível de significância adotado foi de 5% ( $p < 0,05$ ).

Tais testes foram escolhidos em razão da ausência de distribuição normal e do tamanho da amostra. O teste de Wilcoxon é empregado para análises de amostras relacionadas, e o teste de Mann-Whitney, para testar dois grupos independentes. Testes não-paramétricos atribuem postos às medidas das variáveis, de modo que os valores de mediana, média, desvio-padrão, variância e coeficiente de variação foram empregados para ilustrar todas as informações de cada grupo.

## RESULTADOS

Ao se comparar os parâmetros acústicos (VOT, duração da vogal, amplitude do *burst* e duração da oclusão) de sons plosivos surdos e sonoros, em *onset* inicial e medial, em cada um dos grupos analisados, observa-se que o GDFT empregou de maneira distinta a maioria das pistas acústicas, conforme o fone plosivo [+voz] ou [-voz], marcando, desta maneira, o contraste de sonoridade. Todavia, o mesmo não foi verificado

nos resultados do GDF (Tabelas 1 e 2).

As comparações dos registros acústicos entre o dois grupos, para cada fone e nas duas posições silábicas (*onset* inicial e medial), evidenciaram que o VOT e a duração da oclusão dos segmentos plosivos sonoros são os únicos registros distintos entre o GDFT e o GDF. Essas pistas acústicas parecem representar a dificuldade das crianças com DF deste estudo, em estabilizar a produção dos fones plosivos [+voz] (Tabelas 3 e 4).

## DISCUSSÃO

Conforme os resultados apontados, pôde-se confirmar que as crianças com DFT, na faixa etária investigada neste estudo, demonstram ter um domínio a respeito do contraste do traço [ $\pm$ voz], uma vez que foram evidenciadas muitas diferenças entre as pistas acústicas de sons plosivos surdos e sonoros, marcando a caracterização do contraste de sonoridade desses segmentos, exceto para o último parâmetro investigado, a amplitude do *burst* (Tabela 1). Outras pesquisas também referem determinado conhecimento linguístico, acústico e articulatório dos padrões fonológicos da língua por crianças com desenvolvimento típico, seja por meio da comparação do VOT<sup>(10,13,23-25)</sup>, da duração da vogal<sup>(10,23)</sup> ou de outras pistas acústicas<sup>(14,19,24,26)</sup>.

A partir dos dados do GDFT, observou-se que o VOT foi um registro determinante no estabelecimento do contraste de sonoridade. Os resultados aqui descritos concordam com outro estudo que verificou que o VOT apresentou maiores valores de duração para os segmentos sonoros, os quais, em sua maioria, apresentaram uma barra de sonoridade anterior ao *burst*, distinguindo-se dos surdos<sup>(10)</sup>.

A duração da vogal adjacente à consoante plosiva também se mostrou como um parâmetro acústico distintivo entre os sons plosivos surdos e sonoros. Quando precedida ou seguida por um segmento sonoro, a vogal tende a apresentar-se mais longa do que quando em contexto de fone plosivo surdo, o que coincide com outros estudos<sup>(9,10,17,18)</sup>.

No que se refere à amplitude do *burst*, poucos resultados significativos foram encontrados. Porém, a partir dos valores de mediana e média (Tabela 1), é possível observar que os sons plosivos sonoros apresentaram amplitude da soltura da oclusão levemente mais intensa do que os plosivos surdos, divergindo dos achados de outras pesquisas<sup>(9,15,16)</sup>.

Ainda no GDFT, a duração da oclusão dos órgãos fonarticulatórios para a produção das consoantes plosivas, em *onset* medial, foi maior nos sons plosivos surdos, corroborando os achados de outros trabalhos<sup>(18,19)</sup>.

Tratando-se dos resultados para o GDF, diferentemente do verificado para o GDFT, as crianças com alteração fonológica e com dificuldade na estabilização do traço [+voz], não mostraram resultados significativos na diferenciação da sonoridade por meio das pistas acústicas investigadas (Tabela 2). Evidenciou-se, assim, a dificuldade dessas crianças em manipular algumas características acústicas envolvidas na produção dos fonemas sonoros. Outros autores referem<sup>(15)</sup> que tal dificuldade pode estar relacionada a uma imaturidade fisiológica ou por esses elementos não serem igualmente perceptíveis.

Ao serem comparados os registros acústicos de crianças com DFT e com DF, verificou-se que o maior obstáculo à ade-

**Tabela 1.** Comparação entre os parâmetros acústicos de plosivas surdas e sonoras, em *onset* inicial e medial, no grupo de crianças com desenvolvimento fonológico típico (GDFT)

Parâmetro	Posição na palavra	Plosiva/contexto	Mediana	Média (DP)	Variância	CV (%)	Valor de p
VOT (ms)	OI	[p]	18,89	18,9 (5,0)	25,0	26,5	0,001*
		[b]	-96,16	-95,9 (26,5)	702,2	-27,6	
		[t]	22,18	22,0 (4,9)	24,0	22,2	
		[d]	-105,90	-108,3 (35,8)	1281,6	-33,1	
		[k]	43,02	46,5 (13,5)	182,2	29,0	
		[g]	-70,15	-76,5 (52,7)	2777,3	-68,9	
	OM	[p]	21,06	20,9 (4,9)	24,1	23,4	0,001*
		[b]	-73,50	-70,2 (18,2)	331,2	-25,9	
		[t]	28,54	26,4 (5,1)	26,0	19,3	
		[d]	-72,37	-63,8 (26,8)	718,2	-42,0	
		[k]	43,34	44,1 (9,1)	82,8	20,6	
		[g]	-53,69	-49,4 (24,2)	585,6	-48,9	
Duração da vogal (ms)	OI	[p]	141,07	141,9 (19,6)	384,16	13,8	0,001*
		[b]	173,54	174,6 (21,7)	470,9	12,4	
		[t]	130,54	148,7 (38,3)	1466,9	25,8	
		[d]	188,81	190,4 (31,8)	1011,2	21,4	
		[k]	158,20	148,4 (25,8)	665,6	17,4	
		[g]	204,93	200,2 (33,8)	1142,4	16,9	
	OM	[p]	93,39	97,2 (22,3)	497,3	22,9	0,320
		[b]	106,63	101,5 (18,6)	345,9	18,3	
		[t]	90,81	90,6 (19,8)	392,0	21,8	
		[d]	105,23	103,6 (18,6)	345,9	17,9	
		[k]	85,93	83,2 (16,1)	259,2	19,4	
		[g]	99,72	98,2 (26,1)	681,2	26,6	
Amplitude do <i>burst</i> (dB)	OI	[p]	63,37	62,9 (10,1)	102,1	16,1	0,123
		[b]	65,49	64,3 (10,1)	102,1	15,7	
		[t]	61,47	59,7 (10,6)	112,4	17,8	
		[d]	63,60	62,0 (9,4)	88,4	15,2	
		[k]	57,40	57,6 (8,5)	72,2	14,8	
		[g]	59,41	58,0 (9,2)	84,6	15,9	
	OM	[p]	61,69	62,2 (9,3)	86,5	14,9	0,175
		[b]	63,69	63,8 (9,9)	98,0	15,5	
		[t]	57,36	58,1 (9,7)	94,1	16,7	
		[d]	62,08	59,5 (9,2)	84,6	15,5	
		[k]	55,23	56,3 (8,9)	79,2	15,8	
		[g]	58,35	57,2 (9,3)	86,5	16,3	
Duração da oclusão (ms)	OM	[p]	127,54	128,9 (15,4)	237,2	11,9	0,001*
		[b]	85,37	85,0 (8,0)	64,0	9,4	
		[t]	125,84	125,1 (25,6)	655,4	20,5	
		[d]	89,86	86,3 (15,8)	249,6	18,3	
		[k]	117,10	115,4 (21,4)	457,9	18,5	
		[g]	69,68	71,4 (11,4)	129,9	15,9	

\* Valores significativos ( $p < 0,05$ ) – Teste de WilcoxonLegenda: DP = desvio-padrão; CV = coeficiente de variação; VOT = *voice onset time*; OI = *onset* inicial; OM = *onset* medial



**Tabela 2.** Comparação entre os parâmetros acústicos de plosivas surdas e sonoras, em *onset* inicial e medial, no grupo de crianças com desvio fonológico (GDF)

Parâmetro	Posição na palavra	Plosiva/contexto	Mediana	Média (DP)	Variância	CV (%)	Valor de p
VOT (ms)	OI	[p]	14,86	14,4 (3,2)	10,2	22,2	0,813
		[b]	15,50	4,9 (28,2)	795,2	575,5	
		[t]	19,60	19,1 (4,8)	23,0	25,1	
		[d]	20,18	1,2 (43,0)	1849,0	3583,3	
		[k]	48,56	49,3 (17,2)	295,8	34,9	
		[g]	35,01	27,2 (29,3)	858,5	107,7	
	OM	[p]	16,80	16,1 (3,7)	13,7	22,9	0,313
		[b]	13,23	-4,0 (31,4)	985,9	-785,0	
		[t]	21,58	21,5 (3,8)	14,4	17,7	
		[d]	20,02	7,8 (31,9)	1017,6	408,9	
		[k]	40,94	43,9 (18,8)	353,4	42,8	
		[g]	30,51	29,7 (20,3)	412,1	68,4	
Duração da vogal (ms)	OI	[p]	174,03	169,9 (42,4)	1797,8	24,9	0,813
		[b]	170,52	181,5 (46,2)	2134,4	25,5	
		[t]	190,46	189,6 (54,8)	3003,0	28,9	
		[d]	198,36	200,7 (40,6)	1648,4	20,2	
		[k]	183,53	168,3 (37,4)	1398,8	22,2	
		[g]	176,73	182,3 (41,9)	1755,6	22,9	
	OM	[p]	87,06	103,0 (43,8)	1918,4	42,5	0,625
		[b]	99,10	109,6 (53,9)	2905,2	49,2	
		[t]	78,91	107,7 (52,7)	2777,3	48,9	
		[d]	101,86	99,7 (28,8)	829,4	28,9	
		[k]	92,58	89,3 (36,1)	1303,2	40,4	
		[g]	88,15	95,0 (41,9)	1755,6	44,1	
Amplitude do <i>burst</i> (dB)	OI	[p]	61,71	62,5 (6,1)	37,2	9,8	0,125
		[b]	60,51	60,9 (6,8)	46,2	11,2	
		[t]	60,22	58,9 (10,8)	116,6	18,3	
		[d]	57,81	58,3 (7,5)	56,2	12,9	
		[k]	53,92	56,9 (7,2)	51,8	12,7	
		[g]	51,94	54,9 (5,5)	30,2	10,0	
	OM	[p]	66,05	63,1 (6,1)	37,2	9,7	0,625
		[b]	62,38	62,2 (6,7)	44,9	10,8	
		[t]	58,04	56,8 (9,5)	90,2	16,7	
		[d]	57,26	57,4 (7,6)	57,8	13,2	
		[k]	53,50	56,6 (6,5)	42,2	11,5	
		[g]	54,40	55,8 (7,3)	53,2	13,1	
Duração da oclusão (ms)	OM	[p]	136,84	147,1 (42,4)	1797,8	28,8	0,063
		[b]	121,84	123,0 (44,0)	1936,0	35,8	
		[t]	137,93	142,2 (54,6)	2981,2	38,4	
		[d]	113,93	134,0 (53,5)	2862,2	39,9	
		[k]	126,00	147,3 (53,6)	2872,9	36,4	
		[g]	96,48	124,1 (58,0)	3364,0	46,7	

Teste de Wilcoxon ( $p < 0,05$ )**Legenda:** DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação; VOT = *voice onset time*; OI = *onset* inicial; OM = *onset* medial

**Tabela 3.** Comparação dos parâmetros acústicos, em *onset* inicial, entre o grupo de crianças com desenvolvimento fonológico típico (GDFT) e o grupo de crianças com desvio fonológico (GDF)

Parâmetros	Plosivas/ contexto	Mediana GDFT	Mediana GDF	Valor de p
VOT (ms)	/p/	18,89	14,86	0,100
	/b/	-96,16	15,50	0,002*
	/t/	22,18	19,60	0,282
	/d/	-105,90	20,18	0,003*
	/k/	43,02	48,56	0,692
Duração da vogal (ms)	/g/	-70,15	35,01	0,003*
	/p/	141,07	174,03	0,282
	/b/	173,54	170,52	0,865
	/t/	130,54	190,46	0,157
	/d/	188,81	198,36	0,462
Amplitude do <i>burst</i> (dB)	/k/	158,20	183,53	0,193
	/g/	204,93	176,73	0,396
	/p/	63,37	61,71	0,777
	/b/	65,49	60,51	0,533
	/t/	61,47	60,22	0,955
	/d/	63,60	57,81	0,462
	/k/	57,40	53,92	0,865
	/g/	59,41	51,94	0,533

\* Valores significativos (p<0,05) – Teste de Mann-Whitney

**Legenda:** GDFT = grupo de crianças com desenvolvimento fonológico típico; GDF = grupo de crianças com desvio fonológico; VOT = *voice onset time*

quada produção dos segmentos plosivos sonoros nas crianças com DF parece estar relacionado à produção do VOT e duração da oclusão dos segmentos [+voz] (Tabelas 3 e 4). Isso se justifica uma vez que esses parâmetros mostraram-se diferenciados do GDFT, com significância estatística. Quanto aos valores de VOT e duração da oclusão dos segmentos surdos, duração da vogal e amplitude do *burst*, esses registros encontraram-se aproximados entre os dois grupos, sem diferença entre eles.

A produção de pré-sonoridade, ou seja, a produção do VOT negativo foi uma das maiores dificuldades do GDF observada no presente estudo. Para produzir um VOT adequado, e conseqüentemente, manter as relações distintivas da língua, a criança deve aprender a produzir os gestos glóticos e supraglóticos necessários e coordená-los em um intervalo de tempo preciso<sup>(13)</sup>.

Para o PB, a vibração das pregas vocais prévia ao *burst* é o registro acústico fundamental para a distinção do VOT negativo e positivo, assim como em outras línguas, como o Holandês<sup>(27)</sup>. Acredita-se que a mesma complexidade e importância articulatória estejam envolvidas na manutenção da duração da oclusão.

Em relação à duração da vogal no GDF, mesmo sem mostrar distinção quanto à sonoridade com resultados significativos, essa apresentou valores próximos aos valores do GDFT. Com isso, infere-se que a duração da vogal parece refletir os primeiros ensaios ou tentativas das crianças com DF na estabilização do contraste de sonoridade da sua língua.

Em outro trabalho<sup>(28)</sup> também foi referida a influência do padrão acústico da duração da vogal na aquisição dos segmentos

**Tabela 4.** Comparação dos parâmetros acústicos, em *onset* medial, entre o grupo de crianças com desenvolvimento fonológico típico (GDFT) e o grupo de crianças com desvio fonológico (GDF)

Parâmetros	Plosivas/ contexto	Mediana GDFT	Mediana GDF	Valor de p
VOT (ms)	/p/	21,06	16,80	0,079
	/b/	-73,50	13,23	0,004*
	/t/	28,54	21,58	0,100
	/d/	-72,37	20,02	0,006*
	/k/	43,34	40,94	0,692
Duração da vogal (ms)	/g/	-53,69	30,51	0,002*
	/p/	93,39	87,06	0,865
	/b/	106,63	99,10	0,865
	/t/	90,81	78,91	0,955
	/d/	105,23	101,86	0,610
Amplitude do <i>burst</i> (dB)	/k/	85,93	92,58	0,692
	/g/	99,72	88,15	0,777
	/p/	61,69	66,05	0,610
	/b/	63,69	62,38	0,777
	/t/	57,36	58,04	0,865
	/d/	62,08	57,26	0,610
	/k/	55,23	53,50	0,955
	/g/	58,35	54,40	0,955
Duração da oclusão (ms)	/p/	127,54	136,84	0,462
	/b/	85,37	121,84	0,047*
	/t/	125,84	137,93	0,462
	/d/	89,86	113,93	0,027*
	/k/	117,10	126,00	0,234
	/g/	69,69	96,48	0,006*

\* Valores significativos (p<0,05) – Teste de Mann-Whitney

**Legenda:** GDFT = grupo de crianças com desenvolvimento fonológico típico; GDF = grupo de crianças com desvio fonológico; VOT = *voice onset time*

de modo geral. A autora afirmou que a aquisição dessa duração antecede a de consoantes e sílabas, possivelmente em virtude de serem gestos com inícios e finais mais lentos, minimamente co-articulados entre si, os quais auxiliam na construção das representações motoras dos segmentos consonantais.

A amplitude da soltura da oclusão foi o segundo parâmetro acústico que não mostrou diferença entre os dois grupos considerados neste estudo. Entretanto, salienta-se que esse parâmetro também mostrou poucas diferenças no contexto de fones plosivos surdos e sonoros na amostra estudada, em cada grupo.

Esse resultado diverge de outra pesquisa<sup>(14)</sup>, que estudou a fala de sete meninos com alteração fonológica, e verificou diferenças na amplitude do *burst* de segmentos plosivos surdos e sonoros, no intuito de marcar o contraste de sonoridade na fala desviante.

Com base em resultados como os referentes à amplitude do *burst*, considera-se importante destacar que o sinal de fala apresenta grande variedade de propriedades acústicas que auxiliam o falante a codificar os segmentos linguísticos. Porém, não são todas essas informações que são necessárias para a discriminação e reconhecimento da palavra<sup>(27)</sup>. Isso pode ser afirmado em se tratando dos fones plosivos, que apresentam um grande número de pistas redundantes na sua identificação<sup>(9)</sup>.

A partir dos resultados do GDFT é possível ainda observar

que os registros acústicos que apresentaram maiores valores de *p*, logo, menor tendência à significância estatística, foram a duração da vogal e a amplitude do *burst*. Isso sugere que essas duas pistas possam ser secundárias na aquisição do contraste de sonoridade das consoantes plosivas. Conforme citado anteriormente, a comparação entre os grupos (GDFT *versus* GDF) não mostrou diferenças para os parâmetros de duração da vogal e amplitude do *burst*. Com isso, supõe-se que as crianças com DF apresentam uma tendência em priorizar pistas secundárias, ou seja, menos robustas, na tentativa de suprir sua dificuldade de produção de plosivas [+voz].

Diversas pesquisas foram formuladas com o objetivo de investigar os contrastes de sonoridades na fala desviante e, muitas vezes, relacioná-los aos padrões da língua-alvo<sup>(17,26,29)</sup>. Um desses trabalhos<sup>(17)</sup> pretendeu descrever e comparar as medidas de VOT e a duração da vogal de crianças com DFT e com DF. Esse estudo constatou que as crianças com DFT produziram VOT e duração da vogal de maneira diferenciada no contexto de fones plosivos surdos e sonoros. No entanto, para as crianças com DF não houve diferenças entre o VOT dos sons plosivos surdos e sonoros (dessonorizados), bem como, entre as vogais sucedidas por um som surdo ou sonoro, assim como no presente estudo. Todas as plosivas desse grupo apresentaram VOTs menores do que os VOTs do grupo de fala típica, sugerindo que as crianças com DF além de não produzirem a sonoridade, não emitem os segmentos plosivos surdos com o mesmo padrão da normalidade.

Também ao contrastar alguns registros acústicos de crianças com DFT e com DF, outros autores<sup>(26)</sup> observaram que algumas crianças com DF falharam ao diferenciar os valores de VOT de sons plosivos surdos e sonoros. Tais resultados foram interpretados no sentido de que algumas crianças com DF apresentavam menor maturação do controle dos padrões de duração da fala. Contudo, assim como na fala típica, essas crianças demonstraram diferenças quanto à duração da vogal e duração da oclusão nos contextos surdos ou sonoros.

A presente pesquisa além de ter como objetivo, a investigação da caracterização do contraste de sonoridade dos

segmentos plosivos, visou também divulgar a espectrografia acústica da fala como complemento à análise perceptivo-auditiva. Acredita-se que a utilização de investigações acústicas na rotina da clínica fonoaudiológica pode proporcionar diagnósticos e condutas terapêuticas mais seguras e efetivas.

E ainda, dada a prevalência de casos de dessonorização em pré-escolares e escolares no Brasil, as discussões aqui suscitadas pretendem direcionar o conhecimento clínico relacionado à aquisição do contraste de sonoridade, durante todas as fases da terapia fonológica desses casos, quantificando, desse modo, o conhecimento fonológico dessas crianças diante do emprego ou não das pistas acústicas aqui investigadas.

O rigor científico adotado na seleção dos critérios de inclusão dos sujeitos da presente pesquisa acabou restringindo o número de sujeitos capazes de participarem deste estudo. Desse modo, não sendo possível responder a algumas questões como a influência de variáveis como gênero, idade, organização do sistema fonológico e *input* auditivo na aquisição do contraste de sonoridade dos fones plosivos. Assim sendo, sugere-se a realização de outros trabalhos priorizando tais objetivos.

## CONCLUSÃO

A marcação do contraste de sonoridade do grupo desviante mostra-se distinta em relação ao GDFT. As crianças com diagnóstico de DF avaliadas nesta pesquisa, não empregam as características acústicas responsáveis pelo contraste de sonoridade na produção das consoantes plosivas surdas e sonoras.

O VOT e a duração da oclusão dos fones plosivos sonoros demonstram ser os parâmetros acústicos mais difíceis de serem controlados e produzidos pelas crianças com DF. Com isso, essas duas pistas podem fornecer muitas informações ao fonoaudiólogo, em relação à presença ou não do conhecimento fonológico relacionado ao contraste de sonoridade, tanto antes, quanto durante a terapia, auxiliando, portanto, no processo de aquisição do traço [+voz], bem como, no estabelecimento do prognóstico e da alta terapêutica.

## ABSTRACT

**Purpose:** To investigate if children with phonological disorder present different acoustic characteristics of voiceless and voiced plosives from children with typical phonological development. **Methods:** Participants were 11 children with typical phonological development and five children with phonological disorder and difficulty to establish the distinctive feature [+voice] of plosives. Through words ([‘papa], [‘baba], [‘tata], [‘dada], [‘kaka] and [‘gaga]) inserted into carrier phrases, we measured voice onset time, vowel length, burst amplitude, and occlusion length of each plosive. The acoustic parameters of voiceless and voiced plosives were compared between and within groups through statistical analysis. **Results:** The subjects within typical phonological development presented significant results mainly in distinguishing the parameters voice onset time, vowel length, and occlusion of voiceless and voiced stops, which was different from what was observed for children with phonological disorder. The comparison between groups showed differences related to the production of voice onset time and the occlusion length of voiced plosives. Regarding the other analyzed parameters, the values were similar between groups, with no statistical differences. **Conclusion:** The marking of the voicing contrast of the group with phonological disorder is different from the group with typical phonological development, especially regarding the voice onset time and the occlusion length of the voiced segments.

**Keywords:** Speech acoustics; Child; Speech disorders; Sound spectrography; Speech; Child language



## REFERÊNCIAS

1. Santos RS. Adquirindo a fonologia de uma língua: produção, percepção e representação fonológica. *Alfa*. 2008;2(52):465-81.
2. Hernandorena CL. Sobre a descrição de desvios fonológicos e de fenômenos da aquisição da fonologia. *Letras de Hoje*. 1995;30(4):91-110.
3. Mota HB. Aquisição segmental do português: um modelo implicacional de complexidade de traços [tese]. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – Curso de Pós-Graduação em Letras; 1996.
4. Lamprecht RR, Bonilha GF, Freitas GC, Matzenauer CL, Mezzomo CL, Oliveira CC et al. Aquisição fonológica do português: perfil de desenvolvimento e subsídios para a terapia. Porto Alegre: Artmed; 2004.
5. Ghisleni MR, Keske-Soares M, Mezzomo CL. O uso das estratégias de reparo, considerando a gravidade do desvio fonológico evolutivo. *Rev CEFAC*. 2010;12(5):766-71.
6. Ribas LP. Aquisição das líquidas por crianças com desvio fonológico: aquisição silábica ou segmental? *Revista Letras (UFSM)*. 2008;36(1):129-49.
7. Ferrante C, Borsel JV, Pereira MM. Aquisição fonológica de crianças de classe sócio econômica alta. *Rev CEFAC*. 2008;10(4):154-60.
8. Toreti G, Ribas LP. Aquisição fonológica: descrição longitudinal dos dados de fala de uma criança com desenvolvimento típico. *Letrônica*. 2010;3(1):42-61.
9. Levy IP. Uma nova face da nau dos insensatos: a dificuldade de vozear obstruintes em crianças de idade escolar [tese]. Campinas: Universidade Federal de Campinas – Doutorado em Ciências; 1993.
10. Bonatto MT. Vozes infantis: a caracterização do contraste de vozeamento das consoantes plosivas no Português Brasileiro na fala de crianças de 3 a 12 anos [tese]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – Doutorado em Linguística Aplicada e Estudos da linguagem; 2007.
11. Wertzner HF, Pagan LO, Galea DE, Papp AC. Características fonológicas de crianças com transtorno fonológico com e sem histórico de otite média. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2007;12(1):41-7.
12. Silva AP. Mudanças fonológicas no tratamento dos desvios fonológicos com o modelo de oposições máximas modificado utilizando 'contraste' e 'reforço' do traço [voz] [dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2007.
13. Lowenstein JH, Nittrouer S. Patterns of acquisition of native voice onset time in english-learning children. *J Acoust Soc Am*. 2008;124(2):1180-91.
14. Tyler AA, Figurski GR, Langsdale T. Relationships between acoustically determined knowledge of stop place and voicing contrasts and phonological treatment progress. *J Speech Hear Res*. 1993;36(4):746-59.
15. Forrest K, Rockman BK. Acoustic and perceptual analysis of word-initial stop consonants in phonologically disordered children. *J Speech Hear Res*. 1988;31(3):449-59.
16. Van Alphen PM, Smits, R. Acoustical and perceptual analysis of the voicing distinction in Dutch initial plosives: the role of prevoicing. *J Phonetics*. 2004;32(4):455-91.
17. Gurgueira AL. Estudo acústico dos fonemas surdos e sonoros do Português do Brasil, em crianças com distúrbio fonológico apresentando processo fonológico de ensurdecimento [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo – Doutorado em Semiótica e Linguística Geral; 2006.
18. Snoerena ND, Halle PA, Seguia J. A voice for the voiceless: production and perception of assimilated stops in French. *J Phonetics*. 2006;34(2):241-68.
19. Barroco MA, Domingues MT, Pires MF, Lousada M, Jesus LM. Análise temporal das oclusivas orais do Português Europeu: um estudo de caso de normalidade e perturbação fonológica. *Rev CEFAC*. 2007;9(2):154-63.
20. Yavas M, Hernandorena CL, Lamprecht RR. Avaliação fonológica da criança: reeducação e terapia. Porto Alegre: Artes Médicas; 1992.
21. Bernhardt B. Developmental implications of nonlinear phonological theory. *Clin Linguist Phon*. 1992;6(4):259-81.
22. Hernandorena CL, Lamprecht RR. A aquisição das consoantes líquidas do Português. *Letras Hoje*. 1997;32(4):7-22.
23. Koenig LL. Laryngeal factors in voiceless consonant production in men, women, and 5-year-olds. *J Speech Lang Hear Res*. 2000;43(5):1211-28.
24. Kim M, Stoel-Gammon C. The acquisition of Korean word-initial stops. *J Acoust Soc Am*. 2009;125(6):3950-61.
25. Grigos MI. Changes in articulator movement variability during phonemic development: a longitudinal study. *J Speech Lang Hear Res*. 2009;52(1):164-77.
26. Catts HW, Jensen PJ. Speech timing of phonologically disordered children: voicing contrast of initial and final stop consonants. *J Speech Hear Res*. 1983;26(4):501-10.
27. Van Alphen PM, McQueen JM. The effect of voice onset time differences on lexical access in Dutch. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 2006;32(1):178-96.
28. Gama-Rossi A. Relações entre percepção e produção na aquisição da duração da vogal no português brasileiro. *Letras Hoje*. 2001;36(3):177-86.
29. Souza AP, Scott LC, Mezzomo CL, Dias RF, Giacchini V. Avaliações acústica e perceptiva de fala nos processos de dessonorização de obstruintes. *Rev CEFAC*. 2011;13(6):1127-32.