

# Características acústicas dos fones [s] e [ʃ] de adultos e crianças com desenvolvimento fonológico típico

## *Acoustic characteristics of the phonemes [s] and [ʃ] of adults and children without phonological disorders*

Brunah de Castro Brasil<sup>1</sup>, Carolina Lisbôa Mezzomo<sup>2</sup>, Helena Bolli Mota<sup>2</sup>, Roberta Michelin Melo<sup>3</sup>, Liane Lovatto<sup>4</sup>, Leonardo Arzeno<sup>5</sup>

### RESUMO

**Objetivo:** Comparar as produções de [s] e [ʃ] de adultos e crianças com desenvolvimento fonológico típico, considerando os parâmetros acústicos: duração do ruído fricativo, banda de frequências de concentração do ruído, frequência de corte de ruído de fricção e transição formântica da vogal seguinte. **Métodos:** Participaram do estudo 26 sujeitos, divididos em dois grupos: Grupo de adultos (GA) – composto por 17 adultos jovens (média de idade: 23,61±3,44 anos), sem alterações em aspectos fonológicos da língua e; Grupo de crianças com desenvolvimento fonológico típico (GDFT) – composto por nove crianças (média de idade: 7,12±0,74 anos), com desenvolvimento fonológico típico. Foi realizada uma triagem fonoaudiológica e, após, coleta de dados para análise acústica e, para isso, foram utilizadas pseudopalavras inseridas em frases-veículo. Foram analisadas 624 produções dos sujeitos e os achados foram submetidos à análise estatística. **Resultados:** Os parâmetros de banda de frequências e transição formântica apresentaram diferenças entre os grupos GA e GDFT. Na comparação entre as posições na palavra, os parâmetros de duração, frequência de corte e transição formântica apresentaram diferença. Os parâmetros de frequência de corte, banda de frequências e transição formântica apresentaram diferença na comparação entre os pontos de articulação de [s] e [ʃ]. **Conclusão:** Para a maioria dos parâmetros acústicos estudados, as produções de GA e GDFT mostraram-se semelhantes. Para alguns parâmetros, porém, puderam-se observar diferenças entre os grupos, entre as posições na palavra e entre os pontos de articulação dos fones estudados.

**Descritores:** Acústica da fala; Adulto; Criança; Fala; Fonética; Comportamento verbal

### INTRODUÇÃO

As consoantes fricativas são produzidas por um estreitamento do trato vocal, originando, pela passagem de ar num espaço estreito, um ruído característico desses sons. Os

fonemas /f, v, s, z, ʃ, ʒ/ fazem parte da terceira classe de sons consonantais do Português Brasileiro (PB) a ser adquirido pelos sujeitos, entre as idades de 1 ano e 8 meses e 2 anos e 10 meses<sup>(1,2)</sup>. O fonema /s/ é adquirido aos 2 anos e 6 meses, e o /ʃ/ aos 2 anos e 10 meses, sendo o /ʃ/ o último da classe a ser produzido corretamente pelos falantes da língua que apresentam desenvolvimento fonológico típico (DFT). Os sujeitos com DFT tem seu sistema fonológico completo por volta dos 5 anos, como a maioria dos falantes do PB<sup>(3)</sup>.

Quanto à descrição fonológica, pode-se diferenciar as fricativas pelo vozeamento (vozeadas ou não vozeadas) e pelo ponto de articulação ([coronais, +-anteriores] e labiais). As fricativas /s/ e /ʃ/ são desvozeadas e diferenciam-se pelo ponto de articulação em que são produzidas. O fonema /s/ possui os traços [coronal, +anterior] e /ʃ/, [coronal, -anterior], diferenciando-se apenas pelo valor do traço ([anterior]).

Do ponto de vista da fonética articulatória, pode-se considerar que o fone [s] é um fricativo palato-alveolar, ou seja, produzido com o palato como articulador passivo e a língua como ativo. O fone [s] é produzido também com a língua como o articulador ativo, porém o articulador passivo, neste caso é a

Trabalho realizado na Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS), Brasil.

**Conflito de interesses:** Não

(1) Curso de Fonoaudiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS – Porto Alegre (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 (Mestrado) em Distúrbios da Comunicação Humana, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS), Brasil.

(4) Université de Paris III, Sorbonne-Nouvelle – Paris, França.

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

**Endereço para correspondência:** Brunah de Castro Brasil. R. Ramiro Barcelos, 2600, Porto Alegre (RS), Brasil, CEP: 90035-003. E-mail: brunahbrasil@hotmail.com

**Recebido em:** 28/4/2011; **Aceito em:** 29/8/2011

região do alvéolo, portanto considera-se [s] um som alveolar.

No que se refere à fonética acústica, as fricativas [s] e [ʃ] são descritas como sons aperiódicos, ruidosos, produzidos a partir da passagem do ar por um estreitamento do trato vocal. A partir deste tipo de análise tem-se mais objetividade e fidedignidade dos dados, quando se compara à análise perceptivo-auditiva<sup>(4-6)</sup>.

A clínica fonoaudiológica ainda não utiliza a análise acústica como um procedimento rotineiro. Ao contrário, faz-se o uso constante da análise perceptivo-auditiva (ou de oitiva) da fala dos pacientes. Assim, pretende-se mostrar, com o presente estudo, como a utilização da análise acústica pode tornar a descrição da fala mais fidedigna e objetiva.

Torna-se importante, para que se possa conhecer de que maneira acontece o desenvolvimento e a maturação miofuncional oral e a estabilização fonológica, a comparação da fala de adultos e crianças. Faz-se isso a partir da análise acústica, para que os dados obtidos sejam controlados e quantificados.

Sendo assim, este estudo teve como objetivo comparar as produções de [s] e [ʃ] de adultos e crianças com DFT, considerando os seguintes parâmetros acústicos: duração do ruído fricativo, banda de frequências de maior concentração do ruído, frequência de corte de ruído de fricção e valores de transição formântica da vogal seguinte. Além disso, objetivou-se conhecer os possíveis efeitos dos parâmetros acústicos nas diferentes posições na palavra – *onset* inicial (OI) e *onset* medial (OM) – no que se refere aos fones [s] e [ʃ], e a possível diferenciação, por meio dos mesmos parâmetros, do ponto de articulação das fricativas [s] e [ʃ].

## MÉTODOS

Este estudo teve aprovação do Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), sob número 23081.008948/2009-01.

A amostra do estudo contou com 26 sujeitos, divididos em dois grupos:

- Grupo de adultos (GA): composto por 17 adultos jovens, com média de idade  $23,61 \pm 3,445$  anos, sendo cinco do gênero masculino e 12 do gênero feminino, sem alterações fonológicas;
- Grupo de crianças com DFT (GDFT): composto por nove crianças, com média de idade  $7,12 \pm 0,74$  anos, sendo seis do gênero masculino e três do gênero feminino, que apresentavam DFT.

Para que os sujeitos do GA integrassem a amostra do estudo, considerou-se que os mesmos não deveriam apresentar histórico de alterações no nível fonológico, bem como quaisquer alterações fonológicas na data da avaliação e coleta de dados; fossem falantes monolíngues do PB (dialeto gaúcho) e; tivessem idades entre 19 anos e 32 anos 3 meses e 29 dias\*. Para que as crianças do GDFT fizessem parte da amostra deste estudo, considerou-se os seguintes critérios: apresentar DFT, ter idade entre 4 anos e 7 anos 11 meses 29 dias e; ser falante monolíngue do PB (dialeto gaúcho). Foram excluídos da amostra os sujeitos que tivessem recebido ou estivessem

recebendo terapia fonoaudiológica, apresentassem outras alterações fonoaudiológicas que pudessem interferir na produção de fala, como perda auditiva, ou alterações cognitivas, neurológicas ou psicológicas evidentes.

Todos os sujeitos e/ou responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, consentindo sua participação no estudo. Às crianças, foi perguntando se gostariam de participar do estudo, e todas concordaram.

Os sujeitos desta pesquisa foram selecionados na Clínica Escola do Curso de Fonoaudiologia da UFSM – Serviço de Atendimento Fonoaudiológico (SAF), e em escolas estaduais (Escola Estadual de Ensino Fundamental Marieta D'Ambrósio e Escola Estadual de Ensino Fundamental Edson Figueiredo) da mesma cidade.

Os sujeitos de ambos os grupos passaram por uma triagem fonoaudiológica, na qual foram observados aspectos de motricidade orofacial, linguagem, audição e voz. No que se refere à motricidade orofacial, verificou-se, por meio da aplicação do protocolo de avaliação disponível na clínica escola, o aspecto, a postura, a mobilidade e a tensão muscular dos órgãos fonarticulatórios, bem como suas funções: respiração, mastigação, deglutição e fonarticulação. Foi realizada uma triagem de voz, coletando-se os tempos máximos de fonação das vogais [a] e [e], e observando-se aspectos como rouquidão, aspereza, soprosidade e instabilidade. Quanto à audição, realizou-se triagem auditiva, com um audiômetro devidamente calibrado (Interacoustics Screening Audiometer® AS208). Os testes foram realizados no Laboratório de Audiologia da clínica escola ou na própria escola dos sujeitos, em ambiente silencioso. No GDFT, os aspectos de linguagem foram analisados por meio de uma sequência lógica de quatro fatos, a partir da qual se pedia aos sujeitos que contassem uma pequena história. No GA, a avaliação dos aspectos de linguagem foi realizada por meio de conversa espontânea, guiada pelo avaliador por meio de perguntas sobre o sujeito, como idade, profissão, entre outras.

No GA foi aplicada a Avaliação Fonológica da Criança (AFC)<sup>(7)</sup>, de maneira adaptada. As palavras-alvo foram respeitadas, mas apresentadas na forma de figuras isoladas, considerando-se a idade dos sujeitos que fizeram parte deste grupo.

Para o GDFT, foi realizada a observação da fala espontânea, a partir da qual se percebeu que os sujeitos não realizaram qualquer substituição, omissão, inserção ou transposição no aspecto fonológico, sendo os fonemas-alvo produzidos corretamente em 100% das possibilidades de ocorrência.

Para ambos os grupos, foram considerados critérios normativos da literatura, no que se refere à aquisição dos fonemas<sup>(8)</sup>.

Foi realizada a coleta de dados de fala de todos os sujeitos, para que fossem submetidos à análise acústica. Para tal, utilizou-se pseudopalavras contendo as fricativas [s] e [ʃ] em posição de OI e OM, sempre seguidos da vogal [a]: *sássa* - [ˈsasa]; *sassá* - [saˈsa]; *xáxa* - [ˈʃaʃa]; e *xaxá* - [ʃaˈʃa]. Os fones fricativos foram analisados apenas em posição tônica. Estas pseudopalavras foram inseridas na frase-veículo “Fala \_\_\_\_\_ de novo”. Cada frase-veículo foi repetida três vezes de forma aleatória, em dois blocos de gravações. Ao total foram analisadas 624 produções.

\*Segundo os Descritores em Saúde (DeCS), são considerados adultos os sujeitos com idade entre 19 e 44 anos.

No sentido de controlar variáveis linguísticas presentes na produção das fricativas, utilizou-se pseudopalavras, pois, dessa maneira, a produção de todos os sujeitos teria o mesmo alvo<sup>(9-16)</sup>. A única exceção foi a variável posição na palavra, que foi alvo de estudo nesta pesquisa.

Os sujeitos ouviram uma gravação realizada pela autora da pesquisa, contendo as frases-veículo alvo. A ordem dada aos sujeitos foi de repetir as frases-veículo na ordem em que foram ouvidas na gravação. Para isso, foram utilizados fones de ouvido (marca Sennheiser®, modelo HD 280PRO). Os dados foram gravados em cabine acústica, utilizando-se microfone omnidirecional (marca Behringer®, modelo ECM 8000), posicionado a aproximadamente quatro centímetros da boca dos sujeitos. Para gravação dos dados de fala utilizou-se o *software* MATLAB, versão 7.1 SP3 do pacote de *software* MATLAB/Simulink, sendo utilizado o *signal processing toolbox* do Simulink, em arquivo *wave* e alta resolução (24 bits e 96 kHz). Ainda, utilizou-se uma placa de som externa (marca M-AUDIO®, modelo FW 410 LT), para que o sinal acústico apresentasse melhor precisão. Esta placa foi conectada a um computador *notebook* DELL® Inspiron.

A análise dos dados gravados foi realizada no *software* de áudio processamento Praat (versão 5.0.12; disponível em [www.praat.org](http://www.praat.org)), em uma taxa de amostragem de 96 kHz e 16 bits, para três dos quatro parâmetros acústicos estudados: a duração dos fones fricativos, a banda de frequências de maior concentração do ruído e os valores de transição formântica da vogal seguinte [a].

A duração do ruído fricativo para [s] e [ʃ] foi obtida medindo-se o tempo entre o primeiro sinal de ruído fricativo após o silêncio e o primeiro pulso da vogal [a] seguinte à fricativa ou o último pulso da vogal [a] (da palavra “Fala”) e o primeiro pulso da vogal [a] seguinte, nos casos em que as fricativas analisadas estavam em posição de OI. Para os casos em que os fones estavam em posição de OM, foi medido o tempo entre o último pulso da vogal precedente (o primeiro [a] da palavra alvo) e o primeiro pulso da vogal [a] seguinte.

As bandas de frequências de maior concentração de ruído fricativo foram extraídas a partir de uma análise visual, no espectrograma gerado no *software* Praat, das faixas de frequências que correspondem àquelas de maior concentração de ruído fricativo. Foram consideradas regiões de maior concentração de ruído fricativo aquelas mais intensas (mais escuras) no espectrograma gerado pelo programa. Foram extraídos valores de frequência que representavam o início da região de maior concentração de ruído e o final da mesma.

O mesmo *software* foi utilizado, ainda, para se medir valores do parâmetro de transição formântica. Tal parâmetro representa a influência dos fones na vogal seguinte, no caso deste estudo, a influência de [s] e [ʃ] na vogal [a]. Para isso, foi necessário extrairmos os valores dos formantes de cada vogal [a] seguinte às fricativas estudadas em posição tônica. Foram recortados os primeiros 20 milissegundos (ms) das mesmas e, a partir deste recorte, calculados os primeiros três formantes da vogal (F1, F2 e F3) por meio de um comando do *software* (*formant->formant listing*).

Para análise do parâmetro de frequência de corte utilizou-se o *software* Wavesurfer (versão 1.8.5, disponível em <http://www.speech.kth.se/wavesurfer/download.html>), em uma taxa de amostragem de 16 kHz e 16 bits. Foram recortados 8 ms na porção média do espectro de cada som estudado ([s] e [ʃ]). Foi utilizada a técnica *Fast Fourier Transform* (FFT), extraindo-se manualmente o pico de maior frequência visualizado no espectrograma.

Após tabulados, os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa estatístico SPSS Statistics 17.0, visando comparar os resultados do GDFT e do GA para cada parâmetro analisado. Foram utilizados os testes não-paramétricos de Wilcoxon Signed-Rank, nas comparações realizadas nos grupos, e Mann Whitney U, para os cruzamentos entre os grupos, em ambos considerando-se um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS

Expõe-se os valores de medianas, uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal. Os valores de média também foram apresentados, em complementação aos valores de desvio-padrão, variância e coeficiente de variação, medidas de variabilidade, ou seja, por meio dessas medidas teve-se a ideia do quanto a amostra variou em relação a determinado parâmetro (Tabelas 1 e 2).

Observou-se diferença significativa apenas para o parâmetro de banda de maior concentração de frequência, para [s] em ambas as posições na palavra e para [ʃ], somente em OI. Ainda, o parâmetro de transição formântica em F2 apresentou diferença significativa para [ʃ] em ambas as posições na palavra. Inferiu-se, assim, que o parâmetro de banda de maior concentração de frequência foi uma pista primária, ou seja, melhor diferenciou o fone [s] entre GA e GDFT e, que o parâmetro de transição formântica em F2 foi uma pista primária na diferenciação de [ʃ] entre os grupos estudados.

Também foram feitas análises para conhecer a possível relação entre as posições de OI e OM, para os dois fones analisados, no GA e no GDFT, com os seguintes cruzamentos realizados, por meio do teste de Wilcoxon Signed-Rank: fone [s] em posição de OI *versus* fone [s] em posição de OM e fone [ʃ] em posição de OI *versus* fone [ʃ] em posição de OM (Tabela 3).

No que se refere à diferenciação em relação à posição na palavra, por meio do teste Wilcoxon Signed-Rank observou-se diferença significativa para o parâmetro de duração, para ambos os fones e ambos os grupos, o que mostrou que este foi um parâmetro robusto para esta diferenciação. Os parâmetros de frequência de corte e transição formântica em F1 e F3 mostraram-se parâmetros secundários para essa diferenciação, pois apresentaram diferença significativa apenas para [s] ou apenas para [ʃ], e somente no GA.

Além destas comparações, analisou-se a possível relação entre ponto de articulação dos fones estudados, com os seguintes cruzamentos, também realizados por meio do teste de Wilcoxon Signed-Rank: fone [s] em posição de OI *versus* fone [ʃ] em posição de OI e fone [s] em posição de OM *versus* fone [ʃ] em posição de OM (Tabela 4).

Verificou-se que os parâmetros de frequência de corte, banda de frequências de maior concentração do ruído fricativo

**Tabela 1.** Comparação entre GA e GDFT no que se refere aos parâmetros acústicos obtidos para o fone [s]

Parâmetros acústicos	GA				GDFT				Cruzamentos	
	Média (DP)	Mediana	Variância	Coefficiente de variação (%)	Média (DP)	Mediana	Variância	Coefficiente de variação (%)	Valor de p	
D (s)	0,20 (0,02)	0,21	0,0004	10,00	0,20 (0,02)	0,20	0,0004	10,00	0,339	
FC (Hz)	7913,32 (1028,70)	8206,16	1058240,94	12,99	7931,83 (777,69)	8048,20	1058240,94	9,80	1,000	
OI	B (Hz) I	5977,25 (1001,51)	5961,16	1003038,65	16,75	5613,16 (823,16)	5492,00	1003038,65	14,66	0,418
	F	13109,73 (1085,70)	13145,67	1178757,26	8,28	15653,35 (1734,59)	15952,00	1178757,26	11,08	0,001*
	TF (Hz) F1	684,57 (105,56)	693,33	11144,84	15,41	661,13 (89,99)	654,29	11144,84	13,61	0,560
	F2	1534,07 (169,97)	1580,60	28892,63	11,07	1514,57 (188,41)	1511,68	28892,63	12,43	0,634
	F3	2843,04 (226,79)	2840,83	51436,47	7,97	2696,52 (650,09)	2509,09	51436,47	24,10	0,287
OM	D (s)	0,17 (0,01)	0,17	0,0001	5,88	0,16 (0,01)	0,17	0,0001	6,25	0,525
	FC (Hz)	7826,79 (1147,82)	8177,66	1317491,77	14,66	7898,59 (780,37)	7991,50	1317491,77	9,87	1,000
	B (Hz) I	5800,15 (1039,86)	5739,00	1081326,98	17,92	5647,55 (1027,44)	5343,83	1081326,98	18,19	0,634
	F	13217,22 (1173,42)	12842,00	1376923,57	8,87	16159,18 (1675,66)	16546,00	1376923,57	10,36	0,000*
	TF (Hz) F1	699,62 (107,36)	713,27	11526,84	15,34	660,61 (114,33)	642,77	11526,84	17,30	0,525
	F2	1515,49 (165,71)	1529,53	27463,10	10,93	1544,00 (155,89)	1514,27	27463,10	10,09	0,874
	F3	2808,32 (207,73)	2807,68	43154,78	7,39	2774,10 (630,62)	2985,97	43154,78	22,73	0,958

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

**Legenda:** OI = onset inicial; OM = onset medial; D = duração, em segundos; FC = frequência de corte; B = banda de frequências de concentração de ruído; TF = transição formântica; I = inicial; F = final; DP = desvio-padrão

**Tabela 2.** Comparação entre GA e GDFT no que se refere aos parâmetros acústicos obtidos para o fone [ʃ]

Parâmetros acústicos	GA				GDFT				Cruzamentos	
	Média (DP)	Mediana	Variância	Coefficiente de variação (%)	Média (DP)	Mediana	Variância	Coefficiente de variação (%)	Valor de p	
D (s)	0,19 (0,02)	0,19	0,0004	10,52	0,19 (0,02)	0,19	0,0004	10,52	1,000	
FC (Hz)	3656,49 (522,73)	3693,16	273247,22	14,29	3532,94 (946,72)	3416,20	273247,22	26,79	0,702	
OI	B (Hz) I	2583,90 (669,77)	2504,00	448599,20	25,92	2513,74 (676,27)	2380,40	448599,20	26,90	0,702
	F	9565,02 (828,08)	9468,00	685727,44	8,65	11006,36 (1107,17)	11294,50	685727,44	10,05	0,002*
	TF (Hz) F1	658,49 (110,50)	657,42	12212,02	16,78	648,07 (118,59)	618,58	12212,02	18,29	0,792
	F2	1716,04 (183,43)	1704,67	33648,85	10,68	1980,70 (151,05)	2008,42	33648,85	7,62	0,003*
	F3	2830,18 (209,62)	2863,80	43943,40	7,40	3057,72 (308,55)	3128,01	43943,40	10,09	0,058
OM	D (s)	0,17 (0,01)	0,17	0,0001	5,88	0,16 (0,02)	0,16	0,0004	12,50	0,396
	FC (Hz)	3848,31 (585,81)	3829,50	343177,06	15,22	3536,43 (1033,39)	3574,33	343177,06	29,22	0,312
	B (Hz) I	2681,65 (604,00)	2479,16	364826,85	22,52	2369,38 (631,04)	2306,33	364826,85	26,63	0,186
	F	9700,32 (969,05)	9567,50	939070,92	9,98	10704,58 (1637,16)	10803,33	939070,92	15,29	0,095
	TF (Hz) F1	645,82 (106,50)	646,24	11342,43	16,49	648,52 (132,47)	615,00	11342,43	20,42	1,000
	F2	1695,39 (180,53)	1696,66	32592,07	10,64	2021,99 (204,56)	1997,36	32592,07	10,11	0,001*
	F3	2839,41 (248,02)	2831,19	61518,35	8,73	3044,11 (382,22)	2986,81	61518,35	12,55	0,241

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

**Legenda:** OI = onset inicial; OM = onset medial; D = duração, em segundos; FC = frequência de corte; B = banda de frequências de concentração de ruído; TF = transição formântica; I = inicial; F = final; DP = desvio-padrão

e transição formântica em F2 mostraram-se os mais robustos na diferenciação dos fones [s] e [ʃ], no que se refere ao ponto de articulação destes. Duração e transição formântica em F1 mostraram-se parâmetros secundários para essa diferenciação, pois apresentaram diferença significativa apenas em uma das posições nas palavras analisadas, e somente no GA.

## DISCUSSÃO

Os dados foram analisados procurando-se estabelecer relações entre os parâmetros acústicos dos fones estudados: (a) nos diferentes grupos (GA e GDFT); (b) nas diferentes posições na palavra; (c) nos diferentes pontos de articulação.

A partir da análise dos fones em relação aos grupos es-

tudados, GA e GDFT, percebeu-se que, para os parâmetros acústicos de duração e frequência de corte, não houve diferença significativa entre os grupos, tanto para as produções do fone [s], como para [ʃ], nas posições de OI e OM, o que mostrou que as produções de adultos e crianças foram estatisticamente semelhantes, quando considerados esses parâmetros<sup>(9,17)</sup>. As crianças que fizeram parte da amostra do estudo apresentaram valores estatisticamente iguais aos encontrados no GA, nestes dois parâmetros. Indo de encontro aos achados do presente estudo, outra pesquisa<sup>(18)</sup> verificou que as produções das crianças estavam, geralmente, em regiões de frequências mais altas quando comparadas às produções do grupo de adultos, o que, segundo os autores, pode estar relacionado ao tamanho do trato vocal e à abertura do mesmo.

**Tabela 3.** Comparação dos parâmetros estudados para [s] e [ʃ] em relação à posição na palavra

Parâmetros acústicos	GA		GDFT	
	[s] OI	[s] OM	[s] OI	[s] OM
	<i>versus</i> [ʃ] OI	<i>versus</i> [ʃ] OM	<i>versus</i> [ʃ] OI	<i>versus</i> [ʃ] OM
D (s)	0,000*	0,000*	0,008*	0,004*
FC (Hz)	0,378	0,004*	0,734	0,910
B (Hz)	I	0,086	0,239	0,910
	F	0,818	0,306	0,734
	F1	0,031*	0,243	0,910
TF (Hz)	F2	0,109	0,051	1,000
	F3	0,027*	0,854	1,000

\* Valores significativos (p<0,05) – Teste Wilcoxon Signed-Rank

**Legenda:** OI = onset inicial; OM = onset medial; D = duração, em segundos; FC = frequência de corte; B = banda de frequências de concentração de ruído; TF = transição formântica; I = inicial; F = final

**Tabela 4.** Comparação dos parâmetros estudados para [s] e [ʃ] em relação ao ponto de articulação dos fones

Parâmetros acústicos	GA		GDFT	
	[s] OI	[s] OM	[s] OI	[s] OM
	<i>versus</i> [ʃ] OI	<i>versus</i> [ʃ] OM	<i>versus</i> [ʃ] OI	<i>versus</i> [ʃ] OM
D (s)	0,000*	0,678	0,203	0,910
FC (Hz)	0,000*	0,000*	0,004*	0,004*
B (Hz)	I	0,000*	0,000*	0,004*
	F	0,000*	0,000*	0,004*
	F1	0,045*	0,000*	0,570
TF (Hz)	F2	0,000*	0,000*	0,004*
	F3	0,404	0,644	0,129

\* Valores significativos (p<0,05) – Teste Wilcoxon Signed-Rank

**Legenda:** OI = onset inicial; OM = onset medial; D = duração, em segundos; FC = frequência de corte; B = banda de frequências de concentração de ruído; TF = transição formântica; I = inicial; F = final

Seguindo a mesma análise, observou-se diferença entre o GA e o GDFT quando comparado o parâmetro de final de banda de frequência de concentração de ruído fricativo, para os fones estudados em todas as posições. Percebeu-se que a diferença esteve presente apenas em valores de frequência de final de banda de concentração de ruído fricativo, o que poderia ser explicado pelo tamanho do trato vocal das crianças<sup>(18)</sup>, que favoreceu o reforço de frequências maiores.

Ainda, no que se refere à transição formântica, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos para [s]. Para o fone [ʃ], observou-se diferença para valores de F2, nas posições de OI e OM. O F1 e o F2 da vogal são os principais definidores desses sons. O F1 da vogal (também o mais intenso) varia de acordo com a altura da língua; quanto mais alta a posição da língua, menor a frequência de F1<sup>(19)</sup>. O F2 está relacionado a movimentos horizontais e ao avanço da língua na cavidade oral<sup>(19)</sup>. Quanto ao F3, este está relacionado à ressonância da cavidade posterior da cavidade oral, porém é uma medida difícil de ser observada, principalmente, na ausência de dados dinâmicos da produção da fala<sup>(20)</sup>.

A diferença observada para os valores de transição formântica em relação aos grupos estudados (assim como as diferenças encontradas apenas no GA e não em ambos os grupos) parece estar relacionada à neuromaturação das estruturas orofaciais, como a língua, que pode colocar-se em posições diferentes nos grupos para a produção dos sons estudados. A diferença pode se relacionar às alterações presentes nas estruturas orofaciais das crianças, que ainda estão em processo de desenvolvimento, o que faz alterar o posicionamento de língua, abertura de boca, entre outros<sup>(18,21,22)</sup>. Além disso, pode-se inferir que o tamanho do trato vocal das crianças, também nesse caso explicaria a diferença estatística observada, uma vez que as frequências que foram reforçadas têm relação direta com o tamanho do trato vocal<sup>(18)</sup>.

Os valores dos formantes das vogais encontrados neste estudo, para o GDFT, apresentaram-se diminuídos quando comparados aos encontrados para grupo semelhante de falantes da mesma língua<sup>(10)</sup>. Para os falantes do francês, os valores de frequência de corte de [ʃ] correspondem aos valores de F3 e F4 da vogal, e os de [s], ao quinto formante (F5) ou maior<sup>(20)</sup>. Quanto ao [s], ficou impossibilitada a comparação, pois não foram medidos valores de F5 ou superior.

As análises referentes aos fones [s] e [ʃ] e às diferentes posições na palavra em que foram estudados mostraram que estes apresentaram valores de duração distintos, significativos, nos dois grupos estudados, sendo mais longo em posição inicial. Esses achados remetem à ideia de que a posição inicial da palavra e a posição tônica são sempre mais salientes<sup>(11,23)</sup>.

Para o parâmetro de frequência de corte, essa diferença apareceu apenas para o GA, quando analisado o fone [ʃ], o que poderia ser explicado pela neuromaturação das estruturas orofaciais e pelo crescimento craniofacial, importantes para a produção da fala, que ainda está em processo de desenvolvimento no GDFT. Isso pode alterar a produção das mesmas, tornando-a, por vezes, instáveis<sup>(18,22)</sup>.

No que se refere ao parâmetro de transição formântica, verificou-se diferença significativa para os valores de F1 e F3, no GA, na diferenciação da posição na palavra (OI e OM) do fone [s]. O resultado encontrado não era esperado, pois se imaginava que a fricativa influenciaria os formantes da vogal [a] da mesma maneira, independente da posição na palavra. Os valores de F1 em OI mostraram-se mais elevados do que os valores encontrados em OM. Para F3, os valores foram menores em OI do que em OM.

O parâmetro banda de frequências de maior concentração de ruído fricativo não mostrou diferença para quaisquer dos fones analisados. Portanto, o achado sugere que este parâmetro não diferenciou os fones [s] e [ʃ] quanto à posição ocupada pelos mesmos na palavra.

Quando analisada a relação entre os pontos de articulação alveolar e palato-alveolar dos fones estudados, verificou-se que houve diferença para os parâmetros de frequência de corte e banda de frequências, para ambos os grupos (GA e GDFT). A frequência de corte do ruído fricativo e banda de frequências de maior concentração do ruído fricativo revelaram-se, assim, bons parâmetros acústicos para diferenciar ponto de articulação de fricativas surdas (alveolar e palato-alveolar), ou seja, são parâmetros que fornecem pistas primárias para essa diferenciação.

Valores de frequência de corte foram também pesquisados em outras línguas, como o Português europeu e o inglês, e os achados da presente pesquisa apresentaram valores próximos aos encontrados nestes estudos, tanto para [s] como para [ʃ]<sup>(12,24)</sup>, diferenciando esses sons com base nesse parâmetro<sup>(11)</sup>.

Já o parâmetro de transição formântica mostrou, para valores de F1, diferença significativa quando os fones estavam em posição de OI e OM apenas para o GA; valores de F2 mostraram-se diferentes nas duas posições analisadas e para ambos os grupos. Os achados do presente estudo corroboraram dados de pesquisa do inglês norte-americano<sup>(12)</sup>, confirmando o parâmetro de transição formântica como diferenciador do ponto de articulação de [s] e [ʃ]. Em relação ao PB<sup>(10)</sup>, verificou-se apenas F2 como diferenciador do ponto de articulação dos fones citados. Para outras línguas, como o mandarim e o inglês<sup>(13,25)</sup>, a transição formântica não se mostrou um bom diferenciador das fricativas. Porém, por vezes, aparecem valores que podem, sim, contribuir na detecção do ponto de articulação dos fones fricativos<sup>(26)</sup>. Pode-se pensar, ainda, na relação da transição formântica com os pontos de articulação das fricativas; para tal, parece haver um aumento do valor de F2 à medida que a constrição na cavidade oral é mais posterior<sup>(27)</sup>. Os demais parâmetros não se mostraram favoráveis para diferenciar os fones estudados quanto ao ponto de articulação dos mesmos.

Em relação ao parâmetro de duração, os dados do presente estudo concordaram com outros achados da literatura da área, que afirmam que o mesmo seria mais adequado para diferenciar fricativas vozeadas e não vozeadas, e não tanto os pontos de articulação desta classe de sons<sup>(11)</sup>.

A literatura da área, ao estudar parâmetros acústicos responsáveis pela diferenciação do ponto de articulação das fricativas, apontou que a inclinação máxima espectral normalizada, a localização da rampa mais dominante, a locali-

zação do pico mais dominante, a dominância em relação aos filtros de alta e o centro de gravidade espectral são parâmetros acurados na diferenciação desse aspecto<sup>(26)</sup>.

Um controle do contexto e do efeito que a vogal causa nos sons estudados<sup>(25,28)</sup> é importante de ser feito, como com a utilização de pseudopalavras e/ou frases-veículo, realizados no presente estudo e em muitos outros da área<sup>(9-16)</sup>.

## CONCLUSÃO

Para a maioria dos parâmetros acústicos estudados as produções de GA e GDFT mostraram-se semelhantes. O parâmetro de frequência final de banda de concentração de ruído fricativo mostrou-se primário, ou mais robusto, na diferenciação do fone [s] entre os grupos estudados, e o parâmetro de transição formântica de F2 em OI e OM pode ser considerado um parâmetro mais robusto para a diferenciação dos grupos no que se refere ao fone [ʃ]. Porém, para alguns parâmetros, pôde-se observar diferenças significativas entre os grupos, entre as posições na palavra e entre os pontos de articulação dos fones estudados. No que se refere à posição na palavra, o parâmetro de duração mostrou ser primário na diferenciação e quanto à diferenciação do ponto de articulação de [s] e [ʃ], frequência de corte e banda de frequências de maior concentração de ruído fricativo mostraram-se parâmetros robustos.

Para a prática fonoaudiológica, entender a partir de qual idade o desenvolvimento neuromotor infantil se aproxima do padrão adulto, pode auxiliar nas tomadas de decisões e escolhas de tratamento.

Utilizando-se a análise acústica na prática clínica fonoaudiológica, pode-se fazer uso destes parâmetros acústicos para mapeamento das produções dos sujeitos com desvio fonológico, bem como acompanhamento da evolução do tratamento desses sujeitos.

## ABSTRACT

**Purpose:** To compare the productions of [s] and [ʃ] of adults and children with typical phonological development considering the following acoustic parameters: duration of fricative noise, frequency band of higher concentration of noise, cutoff frequency of friction noise, and values of formant transition of the following vowel. **Methods:** Participants were 26 subjects, divided into two groups: Adults group (AG) – composed of 17 young adults (mean age: 23.61±3.44 years) without phonological disorders; and Typically developing children group (TDCG) – composed of nine children (mean age: 7.12±0.74 years) within typical phonological development. Subjects underwent speech-language pathology and audiology screening, and then data collection for acoustic analysis. For acoustic analysis, pseudowords in carrier phrases were used. We analyzed 624 productions from the subjects, and the results were statistically analyzed. **Results:** The parameters frequency band of higher concentration of noise and formant transition of the following vowel presented differences between groups. In the comparison between word positions, the parameters duration and cutoff frequency of fricative noise, and formant transition of the following vowel presented differences. The parameters frequency band of higher concentration of noise, cutoff frequency of friction noise, and formant transition of the following vowel showed statistical differences in the comparison between the points of articulation of [s] and [ʃ]. **Conclusion:** For most of the studied acoustic parameters, children's and adults' productions were similar. However, for some parameters, differences were observed between groups, word positions, and points of articulation of the phonemes [s] and [ʃ].

**Keywords:** Speech acoustics; Adult; Child; Speech; Phonetics; Verbal behavior

## REFERÊNCIAS

1. Savio C. Aquisição das fricativas /s/ e /z/ do português brasileiro. *Letras de Hoje*. 2001;36(3):721-27.
2. Oliveira CC. Perfil da aquisição das fricativas /f/, /v/, /ʃ/ e /z/ do português brasileiro: um estudo quantitativo. *Letras de Hoje*. 2003;38(2):97-110.
3. Lamprecht RR. Sobre os desvios fonológicos. In: Lamprecht RR, organizador. *Aquisição fonológica do português: perfil de desenvolvimento e subsídios para terapia*. Porto Alegre: Artmed; 2004. p. 193-212.
4. Mezzomo CL. A análise acústica como subsídio para a descrição da aquisição do constituinte coda. *Letras de Hoje*. 2003;38(2):75-82.
5. 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.
6. Brasil BC, Melo RM, Mota HB, Dias RF, Mezzomo CL, Giacchini V. O uso da estratégia de alongamento compensatório em diferentes gravidades do desvio fonológico. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2010;15(2):231-7.
7. Yavas M, Hernandorena CL, Lamprecht RR. Avaliação fonológica da criança: reeducação e terapia. Porto Alegre: Artmed; 2001.
8. Bernhardt B. Developmental implications of nonlinear phonological theory. *Clin Linguist Phon*. 1992;6(4):259-81.
9. Nissen SL, Fox RA. Acoustic and spectral characteristics of young children's fricative productions: a developmental perspective. *J Acoust Soc Am*. 2005;118(4):2570-8.
10. Berti LC. Aquisição incompleta do contraste entre /s/ e /ʃ/ em crianças falantes do português brasileiro [tese]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2006.
11. Haupt C. As fricativas [s], [z], [ʃ] e [ʒ] do português brasileiro. *Letras & Letras*. 2008;24(1):59-71.
12. Jongman A, Wayland R, Wong S. Acoustic characteristics of English fricatives. *J Acoust Soc Am*. 2000;108(3 Pt 1):1252-63.
13. Wagner A, Ernestus M, Cutler A. Formant transitions in fricative identification: the role of native fricative inventory. *J Acoust Soc Am*. 2006;120(4):2267-77.
14. Samczuk I, Gama-Rossi A. Descrição fonético-acústica das fricativas no português brasileiro: critérios para coleta de dados e primeiras medidas acústicas. *Intercâmbio*. 2004;13(1):1-9.
15. Berti LC. Um estudo comparativo de medidas acústicas em crianças com e sem problemas na produção de /s/ e /ʃ/. *Estudos Linguísticos*. 2005;34:1337-42.
16. Berti LC. Contrastes e contrastes encobertos na produção da fala de crianças. *Pró-Fono*. 2010;22(4):531-6.
17. Nittrouer S. Learning to perceive speech: How fricative perception changes, and how it stays the same. *J Acoust Soc Am*. 2002;112(2):711-9.
18. McGowan RS, Nittrouer S. Differences in fricative production between children and adults: evidence from an acoustic analysis of /ʃ/ and /s/. *J Acoust Soc Am*. 1988;83(1):229-36.
19. Kent RD, Read C. *The acoustic analysis of speech*. San Diego: Singular Publishing Group; 1992.
20. Toda M. Deux stratégies articulatoires pour la réalisation du contraste acoustique des sibilantes /s/ et /ʃ/ en français. In: 26<sup>e</sup> Journées d'Etude de la Parole; 2006 juin 12-16; Dinard. p. 65-68.
21. Gama-Rossi A. Relações entre percepção e produção na aquisição da duração da vogal no português brasileiro. *Letras de Hoje*. 2001;36(3):177-86.
22. Panhoca I. Análise espectrográfica do desvozeamento de consoantes bstruintes em crianças de idade escolar. In: Marchesan IQ, Bolaffi C, Gomes IC, Zorzi JL, organizadores. *Tópicos em fonoaudiologia*. São Paulo: Lovise; 1995. p. 51-74.
23. Mezzomo CL, Baesso JS, Athayde ML, Dias RF, Giacchini V. O papel do contexto fonológico no desenvolvimento da fala: Implicações para a terapia dos desvios fonológicos evolutivos. *Letras de Hoje*. 2008;43(3):15-21.
24. Johnson K. *Acoustic and auditory phonetics*. Cambridge: Blackwell Publishers; 1997. Fricatives; p. 110-25.
25. Chang CB, Haynes EF, Yao Y, Rhodes R. A tale of five fricatives: Consonantal contrast in heritage speakers of mandarin. *U Penn Working Papers in Linguistics*. 2008;15(1):1-10.
26. Ali AM, Van der Spiegel JV, Mueller P. Acoustic-phonetic features for the automatic classification of fricatives. *J Acoust Soc Am*. 2001;109(5 Pt 1):2217-35.
27. Wilde L. Inferring articulatory movements from acoustic properties at fricative-vowel boundary. In: 126<sup>th</sup> Meeting of the Acoustical Society of America; 1993; Denver.
28. Shadle CH, Tiede M, Masaki S, Shimada Y, Fujimoto I. An MRI study of effects of vowel context on fricatives. *Proc Inst Acoust*. 1996;18(9):187-94.