

Deficiência de audição e contraste de vozeamento em oclusivas do português brasileiro: análise acústica e perceptiva*

Luisa Barzagli**

Kátia Barbosa***

Samar M. El Malt***

Resumo

A deficiência de audição impõe dificuldades sobre a percepção e produção de contrastes de fala, uma vez que pistas acústicas relevantes podem ficar distorcidas ou não disponíveis, resultando em alterações relacionadas ao modo de articulação, ponto de articulação e ao vozeamento. O objetivo deste trabalho foi expandir o conhecimento sobre a percepção e produção do contraste de vozeamento estudando dois sujeitos com deficiência de audição de grau moderadamente severo e configuração descendente. Os parâmetros acústicos considerados foram a duração da consoante e o Voice Onset Time (VOT). Foi utilizado um corpus de seis palavras, iniciadas por uma das 6 oclusivas, inseridas em frase veículo. Para a análise perceptiva das produções, foram realizadas duas tarefas de identificação das oclusivas, por 120 sujeitos sem queixas auditivas. Os resultados da análise perceptiva mostraram alto índice de acerto. Na análise acústica, encontramos, para S1, resultados compatíveis com a literatura, com diferenças significativas nas medidas de duração e VOT, entre os pares que contrastam pelo vozeamento. Para S2, os valores de duração também se mostraram diferentes, de acordo com o contraste de vozeamento, com valores de duração maiores para as não vozeadas se comparadas com os pares vozeados. Com relação ao VOT, encontramos valores positivos para as não vozeadas. Para os sons vozeados, foi observado que o pré-vozeamento apresentou descontinuidades, ou seja, a medida da barra de sonoridade não coincidiu com a duração da oclusão. Os dois sujeitos estudados implementam com eficiência o contraste de vozeamento e também o discriminam auditivamente.

Palavras-chave: *deficiência de audição; contraste de vozeamento; produção e percepção de fala.*

Abstract

Speech contrasts production and perception are affected by hearing impairment once important acoustic cues can be distorted or unavailable due to hearing loss, resulting in difficulties related to articulation manner and place, and also to voicing contrast. The aim of this article was to extend the knowledge about perception and production of voicing contrast, studying two subjects with descending configuration and moderately severe hearing loss. The acoustic analysis included voice onset time (VOT)

* Parte deste trabalho foi apresentada no XIV Congresso brasileiro da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, em outubro de 2006, Salvador. ** Professora Doutora do curso de Fonoaudiologia, pesquisadora do LIAAC, PUC-SP. *** Estudante de fonoaudiologia do 4º ano PUC-SP, Bolsista PIBIC-CNPq.

and duration of stop consonant. The corpus consisted of ten repetitions of two-syllable words initiated by one of the six stops of PB (/p/,/b/,/t/,/d/,/k/,/g/) inserted in a carrier phrase. One hundred and twenty subjects without auditory complaints acted as judges and evaluated the oral productions of both subjects performing identification tasks. Results showed high percentage of correct answers in both perception tasks. Acoustical analysis revealed that S1's results are in accordance to literature, showing significant differences between minimal pairs contrasting by voicing. S2 results for duration measures also differ in accordance to voicing contrasts, showing longer duration for unvoiced stops. VOT's values are positive for unvoiced stops but voiced stops showed discontinuities in voicing bar during closure duration or, in other words, the sonority bar measurement did not coincide with occlusion duration. Both subjects produce and perceive efficiently voicing contrasts, despite differences found in the acoustical analysis.

Keywords: hearing loss; voicing contrast; speech production and perception.

Resumen

La deficiencia de audición impone dificultades sobre la percepción y producción de contrastes del habla una vez que pistas acústicas relevantes pueden quedarse distorcidas o no disponibles, resultando en alteraciones relacionadas al modo de articulación, punto de articulación y al vozeamiento. El objetivo de este trabajo fue expandir el conocimiento sobre la percepción y producción del contraste de vozeamiento estudiando dos sujetos con deficiencia de audición de grado moderadamente-severo y configuración descendiente. Los parámetros acústicos considerados fueron la duración de la consonante y el Voice Onset Time (VOT). Fue utilizado un corpus de seis palabras, iniciadas por una de las 6 oclusivas, inseridas en frase vehículo. Para el análisis perceptivo de las producciones fueron realizadas tareas de identificación auditiva por 120 sujetos sin quejas auditivas. Los resultados del análisis perceptivo mostraron alto índice de acierto. En el análisis acústico encontramos para S1, resultados compatibles con la literatura, con diferencias significativas en las medidas de duración y VOT, entre los pares que contrastan por el vozeamiento. Para S2 los valores de duración también se mostraron distintos de acuerdo con el contraste de vozeamiento, con valores de duración más grandes para las no-vozeadas si comparadas con los pares vozeados. Con relación al VOT encontramos valores positivos para las no-vozeadas. Para los sonidos vozeados fue observado que el pré-vozeamiento presento discontinuidades, o sea, la medida de la barra de sonoridad no coincidió con la duración de la oclusión. Los dos sujetos estudiados implementan con eficiencia el contraste de vozeamiento y también discriminan auditivamente.

Palabras claves: deficiencia de audición; contraste de vozeamiento; producción y percepción de habla.

Introdução

As implicações das alterações auditivas sobre a percepção de fala e, conseqüentemente, sobre a sua produção são muitas, embora se observem variações individuais nessas habilidades, mesmo entre sujeitos com grau de deficiência auditiva semelhante. A deficiência de audição afeta a percepção dos sons de fala, uma vez que afeta os limiares de audibilidade e a habilidade de discriminar aspectos espectrais e temporais do sinal acústico, com prejuízo na identificação dos contrastes de

fala, de acordo com o grau e tipo de perda auditiva. A fala concretiza-se no sinal acústico que, sendo processado auditivamente, possibilita a compreensão do enunciado de um falante. O conhecimento das pistas acústicas relacionadas a cada contraste de fala e como estas são afetadas pelas patologias auditivas é objeto de vasta investigação científica (Miller e Nicely (1955); Pickett, Danaher (1975), Monsen (1976) McGarr, Löfqvist (1982), Boothroyd (1982), (1996), Tye-Murray (1987), (1991); Ochs et al (1989); Waldstein, Baum (1991), Revoile (1999) Tsui, Ciocca (2000)). Entretanto, ainda são

poucos os estudos que consideram parâmetros fonético-acústicos do português brasileiro (PB) para estudar a percepção e produção da fala de indivíduos com deficiência auditiva. Madureira, Barzagli e Mendes (2002), estudaram a produção e percepção das oclusivas do PB por um sujeito com perda de audição severa, de configuração plana e por um sujeito com audição normal, encontrando coerência entre os dados de produção e percepção. Entre os resultados apontados, destaca-se a não implementação do contraste de vozeamento pelo sujeito com deficiência de audição estudado, ocorrência muito freqüente entre falantes com perdas auditivas adquiridas antes do desenvolvimento da linguagem (Lane e Perkell, 2005). As consoantes oclusivas são particularmente importantes para a inteligibilidade do PB em decorrência de sua alta freqüência na língua (Albano, 1995).

No PB, existem seis consoantes oclusivas, duas bilabiais (/p/; /b/), duas alveolares (/t/; /d/) e duas velares (/k/; /g/), sendo que, para cada ponto de articulação, uma é não-vozeada e a outra vozeada.

As consoantes oclusivas são produzidas através de articuladores em contato, que provocam uma obstrução total à passagem da corrente de ar, que é liberada com plosão. A obstrução total está relacionada acusticamente ao silêncio chamado intervalo de oclusão, tendo a ausência de som na não-vozeada e barra de vozeamento na vozeada.

Vários parâmetros acústicos estão relacionados ao contraste de vozeamento. Neste trabalho, foram considerados o tempo de início do vozeamento (*voice onset time* ou VOT) e a duração da consoante.

Nas oclusivas vozeadas, o vozeamento pode preceder a plosão (VOT negativo), ser concomitante ou praticamente concomitante com a plosão (VOT zero). Nas oclusivas não-vozeadas o vozeamento ocorre depois da plosão (VOT positivo). Seu valor varia em virtude do ponto de articulação, já que, quanto maior a distância da constrição em relação à fonte glotal, menor a pressão supraglotal e, portanto, são melhores as condições para o início da vibração das pregas vocais. Assim sendo, encontra-se uma graduação nos valores do VOT, que são menores para as bilabiais, seguidos dos alveolares e velares.

Behlau (1986) estudou o valor do VOT das oclusivas do PB, encontrando a mesma relação entre os valores descritos na literatura. Por meio da manipulação desse parâmetro, a autora con-

cluiu que essa é uma dimensão satisfatória para a discriminação da sonoridade das oclusivas do PB. Os valores de VOT para o português são bem menores que no inglês (Behlau, 1986; Madureira et al., 2002), pois não há aspiração na fala não alterada no PB.

No holandês, assim como no PB, o VOT também é considerado o parâmetro mais robusto em relação ao contraste de vozeamento (Smits, 2000) sendo geralmente caracterizado pela presença ou ausência do pré-vozeamento, ou seja, o VOT negativo. Entretanto, segundo Alphen e Smits, (2004) no caso do pré-vozeamento estar ausente, o que ocorreu em 25% das produções dos sujeitos estudados, outros parâmetros acústicos são usados para essa diferenciação.

Brunner (2005) investigou o mecanismo supralaríngeo envolvido no contraste de vozeamento entre oclusivas velares do alemão e nos três contrastes entre oclusivas velares do coreano (vozeada, não-vozeada e aspirada), ambas em posição intervocálica. A autora conclui que o contraste de vozeamento é criado por mais de um mecanismo, em ambos os idiomas. Para as oclusivas coreanas velares na posição intervocálica, a duração da oclusão da oclusiva é o parâmetro mais importante. Já para o alemão, o pré-vozeamento é o parâmetro mais relevante.

Barbosa (1996, 2006), estudando os sons do PB, encontrou valores maiores de duração para as oclusivas não-vozeadas em relação a seus pares vozeados, seguindo a tendência universal. No caso da oclusiva vozeada, ocorre o aumento da pressão supraglótica pelo vedamento do trato vocal, o que dificulta a manutenção da vibração das pregas vocais. Veloso (1995) estudou a duração da oclusão nas oclusivas vozeadas e não vozeadas do português europeu e também encontrou valores significativamente maiores para as durações das oclusivas não-vozeadas se comparadas com seus pares vozeados.

Os resultados das medidas de acústicas – VOT e duração das consoantes oclusivas do PB, encontrados por Madureira, Barzagli e Mendes (2002) para o sujeito com audição normal seguiram a tendência da literatura: 1. valores de VOT positivos para as não-vozeadas e negativos para as vozeadas, com diferenças significativas entre os pares vozeados e não vozeados e entre os três pontos de articulação (bilabial, alveolar e velar); e 2. valores de duração significativamente maiores

para as não-vozeadas do que para as vozeadas. Já para o sujeito com deficiência de audição severa os autores não observaram diferenças significativas nem nas medidas de VOT nem nas de duração entre os pares que contrastam pelo vozeamento (/p x b/; /t x d/ e /k x g/). A análise perceptiva das produções do sujeito com deficiência de audição severa também resultou na não diferenciação entre os pares vozeados e não-vozeados.

No Quadro 1, abaixo, apresentamos uma síntese das medidas de duração e a porcentagem de redução da vozeada em relação à não vozeada encontradas na produção das oclusivas no português europeu, PE (Velo, 1995), e no português brasileiro, PB (Barbosa, 1996, 2006), para sujeitos sem alteração de fala e para o sujeito com deficiência auditiva severa estudado por Madureira et al. (2002).

Quadro 1 – Valores médios de duração e desvio padrão (em ms) das consoantes oclusivas e porcentagem de redução das vozeadas em relação às não vozeadas (% red.) no português europeu, PE (Velo, 1995), e no português brasileiro, PB (Barbosa, 1996, 2006), produzidas por sujeitos sem alteração de fala e produzidas por um sujeito com deficiência de audição severa (Madureira et al., 2002)

	bilabiais			alveolares			velares		
	/p/	/b/	%red	/t/	/d/	%red	/k/	/g/	%red
PE (Velo, 1995)	132 (13)	80 (17)	40%	133 (23)	70 (15)	48%	123 (10)	75 (14)	40%
PB (Barbosa, 1996,	120 (20)	86 (17)	32%	113 (20)	71 (17)	38%	121 (21)	67 (16)	45%
PB – sujeito com deficiência de audição severa , Madureira et al, 2002	202 (26)	195 (11)	4%	215 (16)	211 (13)	2%	210 (26)	198 (25)	6%

A implementação do contraste de vozeamento exige uma precisa coordenação entre gestos glóticos e supraglóticos, de difícil realização sem o controle da audição sobre a produção, como ocorre no caso de sujeitos com alterações auditivas.

Neste estudo pretendemos ampliar o conhecimento sobre percepção e produção do contraste de vozeamento nas consoantes oclusivas por sujeitos com alterações auditivas, estudando as produções de dois sujeitos com perdas auditivas de grau moderadamente severo e configuração descendente, replicando parte do estudo acima citado, especificamente no que se refere à implementação do contraste de vozeamento na produção das oclusivas do PB, considerando o parâmetro acústico de duração das consoantes.

Metodologia

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em pesquisa (CEP) da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), sob o número 034/2005. Todos os participantes da pesquisa le-

ram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

A metodologia desenvolvida para analisar a implementação do contraste de vozeamento pelos dois sujeitos com deficiência de audição constou de análise perceptiva e acústica das produções dos sujeitos. A percepção auditiva para esse contraste por cada um dos sujeitos com deficiência auditiva também foi avaliada.

Foram selecionados dois sujeitos, um do gênero feminino e outro masculino, ambos com perda auditiva, nascidos e residentes na cidade de São Paulo, que freqüentaram atendimento fonoaudiológico e usaram amplificação desde a época do diagnóstico: 1) **Sujeito 1** (S1) – com dezessete anos de idade na época da gravação, apresenta deficiência auditiva neurosensorial bilateral de grau moderadamente severo (Silman e Silverman, 1995), de configuração descendente, não progressiva. Inicialmente, S1 utilizou amplificação bilateralmente. A partir da adolescência, escolheu usar a amplificação apenas na orelha direita, na qual apresenta limiares audiométricos melhores.

A etiologia da perda auditiva é desconhecida. Na época da gravação, freqüentava a segunda série do ensino médio em uma escola regular; 2) **Sujeito 2 (S2)** – com 14 anos de idade na época da gravação, apresentava deficiência auditiva neurossensorial de grau moderadamente severo, de configuração descendente, progressiva e freqüentava a 8ª série do ensino fundamental em escola regular. Atualmente, com perda de audição profunda, está em avaliação para realização da cirurgia de Implante Coclear com o objetivo de melhorar sua possibilidade de perceber sons de fala (Bevilacqua, 2003).

Com a finalidade de comparar os dados deste estudo com os resultados apresentados por Madureira, Barzaghi e Mendes (2002) o *corpus* utilizado foi o mesmo. Este consiste de seis palavras do PB, dissílabas, paroxítonas, seguindo o padrão CVCV, em que a consoante inicial corresponde a uma das seis oclusivas (/p/,/b/,/t/,/d/,/k/,/g/) seguidas da terminação /ata/, formando pares mínimos. As palavras *pata*, *tata*, *cata*, *bata*, *data* e *gata* foram inseridas na frase veículo: *Diga ____baixinho*.

A gravação foi realizada no estúdio de gravações da Faculdade de Comunicação e Filosofia da PUC-SP. Os dois sujeitos com deficiência auditiva leram as frases impressas em cartões apresentados um a um, em ordem aleatória, através do vidro da cabine acústica. Desta forma, foram gravadas 10 repetições de cada frase-veículo contendo cada uma das seis palavras que compuseram o *corpus*. Assim sendo, cada sujeito produziu 60 repetições.

Análise perceptiva das produções dos sujeitos com deficiência de audição

Foram realizadas duas tarefas de percepção auditiva com vistas à análise perceptiva das produções dos sujeitos com deficiência de audição: reconhecimento das consoantes oclusivas e identificação do contraste de vozeamento.

Participaram dos testes de percepção auditiva 120 sujeitos-juizes sem queixas auditivas ou de linguagem (60 para cada sujeito com deficiência de audição), na faixa etária de 18 a 50 anos, que não estavam familiarizados com a fala de deficientes auditivos.

Tarefa de reconhecimento em open set (conjunto aberto) das produções dos sujeitos com deficiência auditiva pelos sujeitos-juizes

Das dez repetições de frases-veículo contendo a consoante-alvo produzidas pelos dois sujeitos, foi escolhida a quinta para ser apresentada aos sujeitos-juizes, considerando que esta seria a menos afetada por fatores como hiperarticulação (nas primeiras listas) ou cansaço (nas listas finais).

A tarefa consistiu na apresentação das seis sentenças para cada participante, gravadas em arquivos de áudio, ordenados aleatoriamente em 10 listas. Foi realizado em uma sala silenciosa utilizando-se fones de ouvido acoplados ao computador.

Os participantes, antes do início da tarefa, foram orientados que cada sentença só seria apresentada uma vez. Ao término de cada uma deveriam escrever na folha de resposta o segmento escutado, mesmo que não soasse como uma palavra conhecida.

Tarefa de Identificação do contraste de vozeamento em closed set (conjunto fechado) das produções dos sujeitos com deficiência auditiva pelos sujeitos-juizes

A identificação do contraste de vozeamento em *closed set* foi realizada após a tarefa de reconhecimento das oclusivas, mantendo as mesmas condições de aplicação. Utilizamos para essa tarefa o procedimento de avaliação da percepção auditiva das oclusivas do português brasileiro proposto por Barzaghi e Madureira (2005), que consta de um programa de computador, o qual permite a apresentação simultânea de arquivos de áudio e vídeo. A tarefa é “*cliquear*” com o *mouse* sobre a figura correspondente à palavra apresentada. Os arquivos de áudio com as palavras *pata*, *bata*, *tata*, *data*, *cata* e *gata*, inseridas na frase-veículo foram gravados por um sujeito com audição normal. Neste estudo, os arquivos de áudio originais do teste foram substituídos por arquivos gravados por cada um dos sujeitos com deficiência de audição.

Identificação do contraste de vozeamento pelos próprios sujeitos com deficiência de audição

Para a realização do teste de identificação do contraste de vozeamento pelos próprios sujeitos com deficiência de audição, foi utilizada a versão original do procedimento de avaliação da percepção auditiva das oclusivas do português brasileiro acima citado.

Análise Acústica das produções dos sujeitos com deficiência de audição

A análise acústica do *corpus* gravado e digitalizado foi realizada por meio programa Praat (versão 4.3.19, Paul Boersma e David Weenick). As seguintes medidas foram realizadas: (1) duração absoluta e relativa (porcentagem que ocupa no enunciado) das consoantes oclusivas (DCA e DCR) (2) tempo de ataque de vozeamento ou *voice onset time* (VOT); e (3) manutenção da barra de sonoridade (MBS), ou seja, a duração absoluta da barra de vozeamento. As medidas de manutenção da barra de sonoridade após a vogal precedente foram realizadas em função das diferenças encontradas na produção de S2, que apresenta vozeamento parcial nas suas produções de oclusivas vozeadas.

Procedimentos para a realização das medidas acústicas

Para realização das medidas acústicas, os dados de fala foram segmentados, marcando o início e final de cada evento acústico (final da vogal anterior e início da vogal subsequente e plosão) a partir da forma da onda, com observação simultânea do espectrograma de banda larga.

VOT – foi considerado como o intervalo que está compreendido entre ponto inicial da soltura articulatória até o início do vozeamento (Lisker e Abramson, 1964).

Duração da consoante – O início da oclusão foi considerado quando a vogal precedente acabava e marcado na forma da onda no ponto do vale do último ciclo regular, confrontando-se com o ponto no espectrograma em que se deixava de visualizar o segundo formante da vogal precedente à oclusiva. O final da consoante coincide com o início da vogal posterior, marcada na forma da onda, no vale

imediatamente anterior ao primeiro ciclo regular da vogal subsequente, ao final do ruído transiente. A duração relativa, isto é, a que porcentagem do enunciado (duração total da frase) corresponde cada segmento, foi calculada para fazer a comparação entre os sujeitos. Isto é necessário para evitar a influência da taxa de elocução, que pode variar de sujeito para sujeito.

MBS – A interrupção na barra de vozeamento, nos casos em que ocorreu, foi marcada na forma da onda, no ponto a partir do qual não era mais possível visualizar sinais de atividade laríngea no intervalo da obstrução. A medida da manutenção da barra de sonoridade (MBS) foi considerada a partir do final da vogal anterior até a sua interrupção.

Os resultados das medidas acústicas foram submetidos à análise estatística por meio dos testes não-paramétricos para duas ou várias amostras independentes (Mann-Whitney e Kruskal-Wallis respectivamente) e para duas ou várias amostras dependentes (Wilcoxon e Friedman respectivamente).

Resultados

Avaliação perceptiva

Os resultados das tarefas de percepção do contraste de vozeamento produzido pelos dois sujeitos com perdas de audição moderadamente severa, nas quais 120 sujeitos sem queixas auditivas atuaram como juízes, mostraram um alto índice de acerto. Os resultados da tarefa de reconhecimento (Tabela 1) são os seguintes: para S1, observamos 356 acertos em 360 apresentações (98,8%) e, para S2, 357 acertos em 360 apresentações (99,1%).

Na tarefa de identificação do contraste de vozeamento (*closed set*), encontramos em média 98,5% de acerto para as produções de S1 e, para S2, 98,5%. Esses resultados sugerem que as produções dos dois sujeitos apresentam pistas acústicas suficientes para a percepção do contraste de vozeamento, com resultados coincidentes nos dois instrumentos de avaliação utilizados neste estudo. Além disso, os resultados encontrados no procedimento de avaliação da percepção auditiva das oclusivas do português brasileiro realizado por esses mesmos sujeitos sugerem que ambos também apresentam boa percepção auditiva para

Tabela 1 – Reconhecimento das oclusivas em *open set* – 120 sujeitos-juízes ouvindo as produções S1 (60) e S2 (60). Os erros de vozeamento (E. Voz.) estão destacados em negrito

S1	PATA	BATA	TATA	DATA	CATA	GATA	TOTAL	E. de Voz.
PATA	59	1					60	
BATA	1	59					60	
TATA			60				60	
DATA				60		1	61	
CATA					58		58	
GATA					2	59	61	
TOTAL	60	60	60	60	60	60	360	4
S2	PATA	BATA	TATA	DATA	CATA	GATA	TOTAL	E. de Voz.
PATA	60		1				61	
BATA		60					60	
TATA			59		2	1	62	
DATA				57		2	59	
CATA					56		56	
GATA				3	2	57	62	
TOTAL							360	3

este contraste: S1 apresentou 92% e S2 88% de acerto acima do nível de chance.

Os resultados da identificação em *closed set* das produções dos sujeitos com deficiência de au-

dição pelos sujeitos-juízes, e de sua habilidade de identificação (também em *closed set*) do contraste de vozeamento estão sumarizados na tabela.

Tabela 2 – Porcentagem de acerto na tarefa de identificação auditiva em *closed set* das oclusivas produzidas pelos dois sujeitos com DA (sujeitos-juízes) e porcentagem de acerto dos sujeitos com DA no procedimento de avaliação da percepção auditiva das oclusivas do português brasileiro

	% de acerto Identificação <i>closed set</i> : sujeitos-juízes escutando a fala dos sujeitos com DA	% de acerto Identificação <i>closed set</i> : sujeitos com DA escutando fala sem alteração
S1	98,5	92
S2	98,9	88

Análise acústica

Medidas de duração da consoante

Os dados da análise acústica mostraram que os dois sujeitos implementam diferenças na duração das consoantes oclusivas de acordo com o contraste vozeado, não-vozeado.

Nos valores de duração das oclusivas vozeadas e seus pares não-vozeados, produzidos pelos sujei-

tos com deficiência de audição, foram encontradas diferenças significativas. A medida de duração das oclusivas não-vozeadas são maiores se comparadas com pares vozeados (teste de Mann-Whitney – bilabiais $p < 0,001$, alveolares $p < 0,001$ e velares $p < 0,001$). Os valores médios de duração absoluta e desvio padrão (em milisegundos – ms) estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios de duração absoluta e desvio padrão, em milissegundos, das oclusivas produzidas por S1 e S2 e porcentagem de redução das vozeadas em relação às não vozeadas (% red)

	bilabiais			alveolares			velares		
	/p/	/b/	%red	/t/	/d/	%red	/k/	/g/	%red
S1	159 (27)	109 (15)	32	151 (12)	114 (13)	25	144 (17)	79 (10)	46
S2	140 (18)	87 (6)	38	140 (12)	88 (6)	38	145 (14)	88 (7)	40

As medidas de duração relativa, isto é, a que porcentagem do enunciado corresponde cada segmento, estão apresentados a seguir. Os valores obtidos foram respectivamente para S1 e S2: /p/ : 0,13 e 0,15; /b/ : 0,09 e 0,09; /t/ : 0,13 e 0,14; /d/ : 0,09 e 0,09; /k/ : 0,12 e 0,15; /g/ : 0,06 e 0,09. A comparação da duração relativa das consoantes entre os sujeitos com deficiência de audição mostrou que não ocorreram diferenças significativas na produção das bilabiais e alveolares (Mann-Whitney). Entretanto, observamos que as velares produzidas por S2 apresentam valores de duração maiores que as velares produzidas por S1 ($p < 0,001$). Na Figura 1, o gráfico apresenta a distribuição dos valores de duração relativa encontrados nas produções dos dois sujeitos.

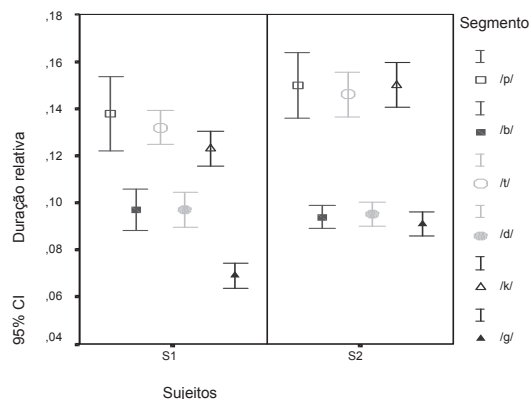


Figura 1 – Gráfico representativo das medidas de duração relativa das oclusivas produzidas por S1 e S2

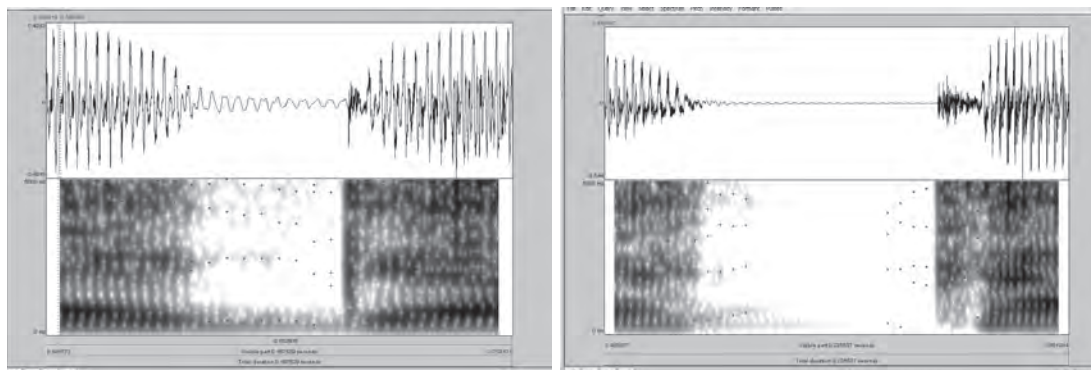
Os resultados da medida de VOT para o S1 (Tabela 4) mostraram que as oclusivas vozeadas apresentam valores negativos, sendo que às bilabiais correspondem os valores mais altos (em módulo) e às velares os mais baixos. As oclusivas não-vozeadas, para esse mesmo sujeito, apresentaram valores positivos de VOT, sendo que para a velar [k] encontramos valores mais altos que para a dental/alveolar [t] e essa última apresentou valores mais altos que a bilabial [p], com diferenças significativas entre todas as medidas (teste de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$, e a *posteriori*, teste de Mann-Whitney, $p < 0,001$). A comparação dos valores de VOT entre os pares que contrastam pelo vozeamento – [p] x [b], [t] x [d] e [k] x [g] (Mann-Whitney) revelou diferenças significativas para bilabiais, alveolares e velares ($p < 0,001$).

Os resultados encontrados para S1 estão de acordo com a tendência da maior parte das línguas estudadas no mundo (Lisker e Abramson, 1964),

Entretanto, na realização das medidas de VOT de S2 encontramos diferenças em parte das produções das oclusivas vozeadas que não apresentaram a barra de vozeamento como no caso do S1. Para exemplificar, apresentamos, na página seguinte, a forma da onda e o espectrograma de banda larga das produções das oclusivas velares dos dois sujeitos. Na Figura 2 pode-se observar a produção de [ga] e [ka] por S1. Na Figura 3 estão as produções [ga] e [ka] de S2.

Tabela 4 – Valores de VOT e desvio padrão (em milissegundos) encontrados na produção das oclusivas de S1

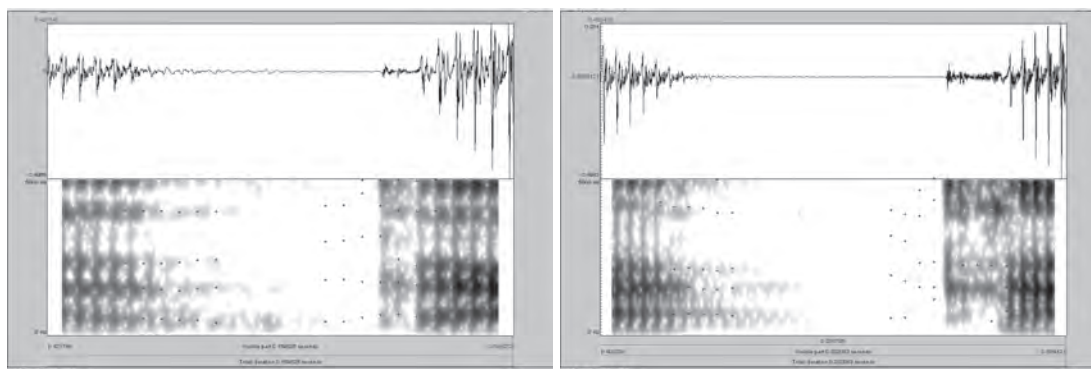
	PATA	BATA	TATA	DATA	CATA	GATA
Média(d.p)	11 (1)	-102 (15)	15 (2)	-101(14)	23 (3)	-63(9)



Diga gata baixinho repetição 6, S1

Diga cata baixinho 6, S1

Figura 2 – Forma da onda e espectrogramas de banda larga das produções das velares vozeadas e não vozeadas pelo Sujeito 1 – S1



Diga gata baixinho, repetição 10 – S2

Diga cata baixinho, repetição 7- S2

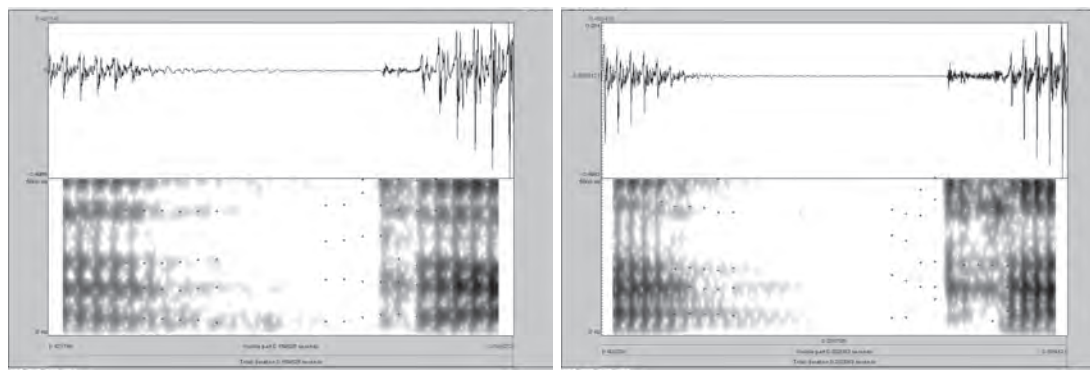
Figura 3 – Forma da onda e espectrogramas de banda larga das produções das velares vozeadas e não vozeadas pelo Sujeito 2 – S2

Pode-se observar claramente na produção da oclusiva velar vozeada [g] de S1 a barra de sonoridade durante a oclusão. Já para S2, há pouca diferenciação entre as produções das velares /g/ e /k/ quanto à manutenção da atividade das pregas vocais durante a oclusão. Esse fato determinou que tratássemos essa medida de forma diferenciada em relação ao realizado para S1: não realizamos as medidas de VOT no caso das oclusivas /b/, /d/ e /g/, mas sim medimos a manutenção da barra de sonoridade (MBS) após a vogal precedente em relação à duração da oclusão (Tabela 5). Para as produções da oclusiva bilabial sonora a interrupção da barra de sonoridade foi menos freqüente (ocorreu em 4 da 10 repetições, as de número 2, 3, 9 e 10), não

tendo sido observadas diferenças significativas na comparação entre as medidas de oclusão e de manutenção da barra de sonoridade na produção de /bata/ pelo S2.

Entretanto, no caso das alveolares e velares, encontramos valores de manutenção da barra de sonoridade significativamente menores do que a duração da oclusão, (Wilcoxon, $p < 0,02$).

Para as consoantes /p/, /t/ e /k/, foram realizadas as medidas de VOT (Tabela 6). Encontramos VOT positivo, com valores médios de 9, 9 e 26 milissegundos respectivamente. Não encontramos diferenças significativas entre as bilabiais e alveolares, mas sim entre estas e as velares (Mann-Whitney, $p < 0,001$).



Diga bata baixinho - repetição 4 S2

Diga pata baixinho - repetição 5 S2

Figura 4 – Forma da onda e espectrogramas de banda larga das produções das bilabiais vozeadas e não vozeadas pelo sujeito S1
Tabela 5 – Valores, média e desvio padrão (dp) da medida de duração da oclusão (DO) e da manutenção da barra de sonoridade (MBS), em milissegundos, para as oclusivas /b/, /d/ e /g/ produzidas por S2

Repetição	DO_Bata	MBS_Bata	DO_Data	MBS_Data	DO_Gata	MBS_Gata
1	79	79	75	75	80	39
2	86	64	74	35	74	38
3	93	78	92	92	79	41
4	68	68	76	40	79	37
5	82	82	80	55	67	39
6	76	76	85	44	70	28
7	81	81	79	35	90	47
8	79	79	84	38	75	46
9	84	57	71	34	74	56
10	79	67	79	61	79	54
Média	81	73	80	51	77	43
dp	6	8	6	20	6	8

Tabela 6 – Valores médios de VOT e desvio padrão (em milissegundos) encontrados na produção das oclusivas /p/, /t/ e /k/ por S2

	PATA	TATA	CATA
VOT	9 (1)	9 (2)	26 (3)

Nos gráficos da Figura 5 podemos observar a distribuição dos valores de VOT das produções de S1 (a), os valores de VOT positivos para as produções de /p/, /t/ e /k/ de S2 (b) e os valores de MBS e duração da oclusão das produções de /b/, /d/ e /g/ de S2 (c).

Na figura (c), fica evidente que é na produção das velares que S2 apresenta a menor porcentagem de vozeamento durante a oclusão (com menor desvio padrão) em relação às produções das alveolares, que também apresentam o desvozeamento.

Discussão

Os resultados da análise perceptiva do contraste de vozeamento produzido pelos dois sujeitos com perda de audição moderadamente severa de configuração descendente, mostraram um alto índice de acerto, sugerindo que os dois sujeitos estudados implementam com eficiência tal contraste em sua produção. Além disso, os resultados encontrados no teste de identificação de contrastes de vozeamento,

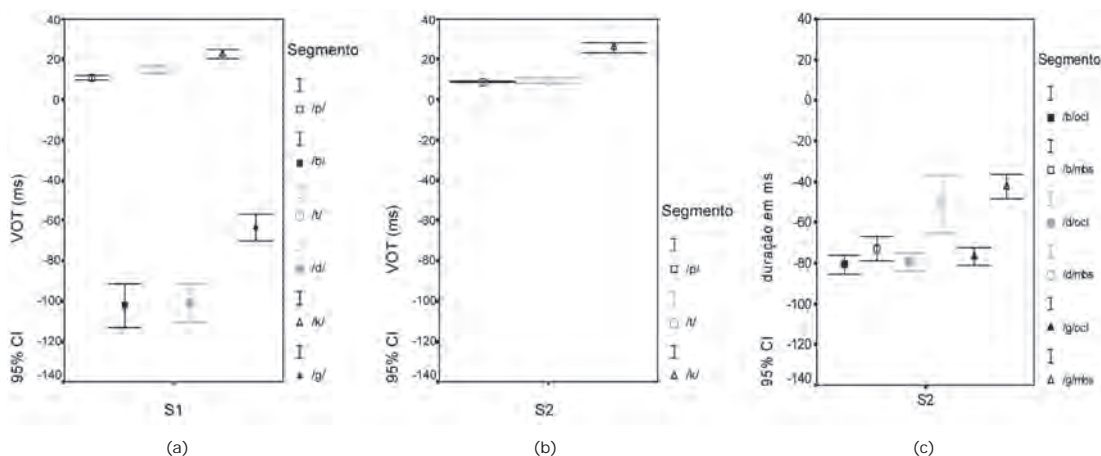


Figura 5 – Gráficos representativos dos valores de VOT encontrados para S1 (a), VOT positivo para S2 (b) MBS e duração da oclusão e para S2 (c)

realizado por estes mesmos sujeitos, indicam que estes também apresentam boa percepção auditiva para esse contraste, apesar da perda de audição. Cabe observar que os dois sujeitos apresentam bons resíduos auditivos em baixas frequências. A progressão da perda de audição de S2 parece não ter afetado a percepção auditiva para o contraste de vozeamento, até o momento da realização deste estudo.

Os resultados das medidas acústicas de duração da consoante estão coerentes com os resultados das tarefas de percepção, com diferenciação entre os pares mínimos que contrastam pelo vozeamento, para os dois sujeitos estudados.

A mesma coerência é verificada para os resultados das medidas acústicas de VOT das produções de S1. Nesse caso, as medidas de VOT revelam diferenciação entre os pares mínimos que contrastam pelo vozeamento. Já para S2, embora os resultados da análise perceptiva revelem a implementação eficiente do contraste de vozeamento, encontramos dados na análise acústica diferentes daqueles esperados, ou seja, o pré-vozeamento parcial nas oclusivas vozeadas alveolares e velares, sendo que nestas últimas observou-se menor duração da barra de sonoridade após a vogal anterior à oclusiva. Cabe observar que os dados de duração relativa revelaram que a duração das consoantes velares produzidas por S2 é relativamente maior do que a duração das mesmas consoantes produzidas por

S1. Esse fato poderia explicar a maior dificuldade na manutenção do vozeamento neste ponto de articulação. As consoantes oclusivas vozeadas apresentam valores de duração inferiores às não vozeadas em função da dificuldade na manutenção da vibração das pregas vocais durante a oclusão, devido ao aumento da pressão supraglótica.

Os resultados das tarefas de percepção auditiva revelaram que a identificação das oclusivas /b/, /d/ e /g/ produzidas por S2 não foi afetada pela interrupção da barra de sonoridade durante oclusão, sugerindo que esta se deu também a partir de outros parâmetros acústicos e não apenas do pré-vozeamento. Esses dados estão de acordo com o estudo de Alphen e Smits (2004), para o holandês, que apresentam dados de vozeamento parcial ou ausência de vozeamento em parte das produções dos sujeitos estudados. Nos dados considerados neste estudo, o parâmetro de duração da consoante pode ter sido uma pista importante para a diferenciação dos pares vozeados e não-vozeados (como para o coreano, no estudo de Brunner, 2005). Entretanto, é importante ressaltar que outros parâmetros acústicos, não considerados neste trabalho, como a frequência de f_0 e F_1 no início da vogal subsequente (Shimizu, 1996; Kluender 1991), transição de F_1 (Benki, 2001) e intensidade do ruído transiente (Halle et al., 1991) também podem ter contribuído para a percepção do contraste de vozeamento nas produções de S2.

Conclusão

Os resultados deste estudo apontam que os dois sujeitos estudados (diferentemente do sujeito com deficiência auditiva severa de configuração plana, estudado por Madureira, Barzagli e Mendes, 2002) implementam com eficiência o contraste de vozeamento em sua produção e também apresentam boa percepção auditiva para este contraste, apesar da perda auditiva.

Para S1, os dados da análise acústica estão coerentes com os resultados das tarefas de percepção, com diferenciação entre os pares mínimos que contrastam pelo vozeamento nos dois parâmetros acústicos estudados – duração e VOT. Essa concordância entre os dados de produção e percepção foi também encontrada no estudo de Madureira, Barzagli e Mendes (2002) cujos dados apontaram para diferenças significativas nas medidas de VOT e duração entre os pares que contrastam pelo vozeamento nas produções do sujeito com audição normal com produções que suscitaram boa percepção auditiva do contraste de vozeamento por sujeitos-juizes. Analogamente, para o sujeito com deficiência auditiva severa de configuração plana daquele estudo não foram encontradas diferenças significativas nos dados da análise acústica de suas produções, as quais foram, na grande maioria das vezes, percebidas como não vozeadas.

A mesma coerência não foi verificada com relação aos dados de produção e percepção de S2 do presente estudo. Embora os resultados da análise perceptiva revelem a implementação eficiente do contraste de vozeamento, encontramos dados na análise acústica diferentes daqueles esperados para a produção do contraste de vozeamento do PB, no que se refere à presença da barra de sonoridade nas produções das oclusivas vozeadas. Foi levantada a hipótese de que outras pistas acústicas, além da própria duração, conforme os resultados encontrados neste estudo, podem estar contribuindo para a percepção do contraste de vozeamento nas oclusivas produzidas por S2.

Esses achados apontam para a importância da continuidade de estudos que, por meio da realização de medidas acústicas, investiguem que parâmetros da fala dos sujeitos estão contribuindo para a implementação do contraste de vozeamento e como este é afetado por alterações auditivas. Estudos desta natureza poderão trazer subsídios para orientar o processo terapêutico de pessoas com deficiência de audição e, dessa forma, contribuir com a clínica fonoaudiológica.

Referências

- Albano EC et al. Segment frequency and word structure in Brazilian Portuguese. In: XIII International Congress of Phonetic Sciences; 1995; Stockholm. Proceedings. Stockholm: ICPhS; 1995. p.346-9.
- Alphen P, Smits R. Acoustical and Perceptual Analysis of the Voicing Distinction in Dutch Initial Plosives the Role of Pre-Voicing. *Journal of Phonetics*.32 (4),p. 455-491,2004.
- Barbosa PA. At least two macrorhythmic units are necessary for modeling brazilian portuguese duration: emphasis on automatic segmental duration generation. *Cad Est Ling* 1996; 31: 33-53.
- Barbosa PA. Incursões em torno do ritmo da fala; 2006. Campinas: Pontes. p. 489.
- Barzagli L, Madureira, S. Percepção de fala e deficiência de audição: elaboração de um procedimento de avaliação da percepção auditiva das plosivas do português brasileiro. *Distúrbios da Comunicação*, São Paulo, 17 (1): 87-99, 2005.
- Behlau MS. Análise do tempo de início da sonorização na discriminação de sons plosivos do português [tese]. São Paulo: Escola Paulista de Medicina, UNIFESP; 1986.
- Benki JR. Place of articulation and first formant transition pattern both affect perception of voicing in English. *J Phonetics* 2001; 29(1):1-22.
- Frederique NB ; Bevilacqua MC. Otimização da percepção da fala em deficientes auditivos usuários do sistema de implante coclear multicanal. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, São Paulo – SP, v. 69, n. 2, p. 227-233, 2003.
- Boothroyd A. Hearing impairments in young children. Englewoods Cliffs (NJ): Prentice Hall; 1982.
- Boothroyd A, Hanin L, Eran O. Speech perception and production in children with hearing impairment. In: Bess FH, Gravel JS, Tarpe AM, editors. *Amplification for children with auditory deficits*. Nashville (TN): Bill Wilkerson Center ; 1996.
- Brunner J. Supralaryngeal mechanisms of the voicing contrast in velars [tese].Berlim; 2005 Disponível em: <http://www.zas.gwz-berlin.de/papers/zaspil/articles/zp39.pdf>
- Halle M, Hughes GW, Radley JPA. Acoustic properties of stop consonants. San Diego (CA): Singular; 1991. p.216-25. [Readings in clinical spectography of speech, 1991].
- Kluender KR. Effects of first formant onset properties on voicing judgments results from processes not specific to humans. *J Acoustic Soc Am* 1991; 90(1): 83-96.
- Lane H, Perkell SJ. Control of Voice-Onset Time in the Absence of Hearing. *Journal of Speech, Language, and hearing Research*. Vol.48 1334-1343;2005.
- Lisker L, Abramsom A. A cross language study of voicing in initial stops: acoustical measurements. *Word J Linguistic Circle NY* 1964; (20)3: 384-422.
- Madureira S, Barzagli L, Mendes B. Voicing contrasts and the deaf: production and perception issues. In: Windsor F, Kelly ML, Hewlet N, editors. *Themes in clinical phonetics and linguistics*. London: Ed. Lawrence Erlbaum; 2002.
- McGarr N, Löfqvist A. Laryngeal kinematics in voiceless obstruents produced by hearing-impaired speakers. *J Speech Hear Res* 1988; 31: 234-39.
- McGarr N, Löfqvist A. Obstruent production by hearing-impaired speakers: interarticulator timing and acoustics. *J Acoustic Soc Am* 1982; 72(1): 34-42.
- Miller GA, Nicely PE. An analyses of perceptual confusion among some english consonants. *J Acoustic Soc Am* 1955; 27: 338-46

- Monsen RB. The production of English stop consonants in the speech of deaf children. *J Phonetics* 1976; 4: 29-41.
- Ochs MT, Humes LE, Ohde R, Grantham DW. Frequency discrimination ability and stop-consonant identification in normally hearing and hearing-impaired subjects. *J Speech Hear Res* 1989; 32: 133-42.
- Pickett JM, Danaher EM. On discrimination of formant transitions by persons with severe sensorineural hearing loss. In: Fant G, Tatham MAA., editors. *Auditory analysis and perception of speech*. London: Academic Press; 1975.
- Revoile SG. Hearing loss and the audibility of phoneme cues. In: Pickett, editor. *The acoustics of speech communication*. Boston (US): Allyn and Bacon; 1999.
- Shimizu K. *A cross-language study of voicing contrasts of stops consonants in Asian Languages*. Tokyo: Seibido; 1996.
- Silman S, Silverman CA. *Auditory diagnosis: principles and applications*. San Diego (CA): Singular; 1995.
- Smits R. Temporal distribution of information for human consonant recognition in VCV utterances. *Journal of Phonetics* 2000; 28: 111-135.
- Tsui IY, Ciocca V. Perception of aspiration and place of articulation of Cantonese initial stops by normal and sensorineural hearing-impaired listeners. *Int J Lang Commun Disord* 2000; 35(4): 507-25.
- Turner CW, Brus S. Providing low-and mid-frequency speech information to listeners with sensorineural hearing loss. *J Acoustic Soc Am* 2001; 109(6): 2999-3006.
- Tye-Murray N. Effects of vowel context on the articulatory closure postures of deaf speakers. *J Speech Hear Res* 1987; 30: 99-104.
- Tye-Murray N. The establishment of open articulatory postures by deaf and hearing talkers. *J Speech Hear Res* 1991; 34: 453-9.
- Tyler RS, Moore BC. Consonant recognition by some of the better cochlear implant patients. *J Acoust Soc Am* 1992; 92(6): 3068-77.
- Van Tansell DG, Hagen LT, Koblas LL, Penner SG. Perception of short-term spectral cues for stop consonant place by normal and hearing-impaired subjects. *J Acoust Soc Am* 1982; 72(6): 1771-80.
- Veloso J. The role of consonantal duration and tenseness in the perception of voicing distinctions of Portuguese stops. In: XIII International Congress of Phonetic Sciences; 1995; Stockholm. Proceedings. Stockholm: ICPhS; 1995. p.266-69.
- Waldstein RS, Baum SR. Anticipatory coarticulation in the speech of profoundly hearing-impaired and normally hearing children. *J Speech Hear Res* 1991; 34:1276-85.

Recebido em setembro/07;
aprovado em dezembro/07.

Endereço para correspondência

Luisa Barzaghi
Rua Monte Alegre, 984
Perdizes, São Paulo, SP, Brasil
CEP 05014-901

E-mail: luisa@pucsp.br