



**Marta Teresa Pedrosa  
Domingues**

**Produção de Oclusivas e Vogais em Crianças  
Surdas com Implante Coclear**



**Marta Teresa Pedrosa  
Domingues**

**Produção de Oclusivas e Vogais em Crianças  
Surdas com Implante Coclear**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ciências da Fala e da Audição, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Luís Miguel Teixeira de Jesus, Professor Coordenador da Universidade de Aveiro

Aos meninos que gostam de bolas de sabão...

## **o júri**

presidente

Professor Doutor António Joaquim da Silva Teixeira  
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Fernando da Assunção Martins  
Professor Auxiliar da Universidade de Lisboa

Professor Doutor Luís Miguel Teixeira de Jesus (orientador)  
Professor Coordenador da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Ao Professor Luís Jesus pela orientação e ajuda disponibilizada durante a realização deste trabalho.

Ao Professor Pedro Sá Couto, pela prontidão, disponibilidade e ajuda essencial na análise dos resultados.

À Professora Isabel Monteiro pela sua disponibilidade e contribuição.

A todas as crianças e respectivos familiares que tornaram possível a realização deste trabalho.

Aos meus pais e irmãos pelo seu apoio incondicional em todos os momentos.

Aos amigos que me acompanharam ao longo desta caminhada e sempre estiveram disponíveis para mostrar o verdadeiro significado da palavra amizade.

**palavras-chave**

Produção de Fala; Implantes Cocleares; Análise Acústica; Oclusivas; Vogais.

**resumo**

Este estudo de produção de fala permite comparar as características do discurso de crianças surdas com implante coclear e crianças normo-ouvintes. Gravaram-se oito informantes, nativos do Português Europeu (PE), com idades compreendidas entre os 4 e os 11 anos (4 informantes surdos com implante coclear e 4 normo-ouvintes). Foram analisadas as seguintes características acústicas: voice onset time (VOT), duração da oclusiva e desvozeamento durante a oclusão, para as consoantes oclusivas. No caso das vogais as medidas acústicas foram: duração da vogal inicial, f1, f2, F0, Jitter e Shimmer. Com os dados obtidos para as vogais foi possível analisar a relação de f1-f2 e realizar uma análise da qualidade vocal, com base nos parâmetros F0, Jitter e Shimmer. Os resultados mostram diferenças significativas na duração das oclusivas entre os grupos de informantes. O VOT das oclusivas não vozeadas está em consonância com os estudos do PE. Encontraram-se valores superiores de duração vocálica, nos informantes surdos com implante coclear. No espaço das vogais verifica-se maior dispersão intra-vocálica no grupo dos surdos com implante coclear para as vogais /i/ e /u/. Relativamente à qualidade vocal foram encontradas diferenças mas sem significado estatístico.

**keywords**

Speech production; Cochlear Implants; Acoustic Analysis; Stops; Vowels.

**abstract**

This study compared the characteristics of speech production by deaf children with cochlear implants and with speech produced by normal hearing children. Eight European Portuguese (EP) speakers (4 deaf speakers with a cochlear implant and 4 normal-hearing) with ages ranging from 4 to 11 years (were recorded. The following acoustic measures were analysed: voice onset time (VOT), stop duration and devoicing. The following vowel acoustic measures were calculated: duration of the preceding vowel, f1, f2, F0, Jitter and Shimmer. With the data obtained for the vowels it was possible to analyze the relationship of f1-f2 and perform an analysis of vocal quality based on parameters F0, Jitter and Shimmer. The results show significant differences in stop duration between the two groups of speakers. The VOT of voiceless stops was consistent with previous studies of EP. Higher values of vowel duration were found in deaf speakers with cochlear implant. There was greater intra-vowel dispersion in the group of deaf children with cochlear implant for the vowels /i/ and /u/. Regarding voice quality, there were some non-significant differences between the two groups

# Índice

1	Introdução .....	3
1.1	Motivações .....	3
1.2	Objectivos do estudo.....	3
1.3	Estrutura da Dissertação.....	3
2	Revisão da Literatura .....	5
2.1	Produção de fala da criança .....	5
2.2	Perda Auditiva .....	5
2.3	Desvozeamento .....	7
2.4	Voice Onset Time (VOT) em diferentes grupos etários .....	7
2.5	Frequência das formantes e frequência fundamental na produção de vogais em diferentes grupos etários.....	9
2.6	Características acústicas da produção de fala em crianças com surdez .....	10
2.7	Estudos no Português Europeu .....	12
2.7.1	Aquisição das consoantes oclusivas.....	12
2.7.2	Características acústicas das oclusivas.....	12
2.7.3	Características acústicas das vogais .....	14
2.8	Relação entre medidas acústicas .....	18
3	Método.....	21
3.1	Corpus.....	21
3.2	Informantes .....	26
3.3	Gravação.....	27
3.4	Segmentação e anotação .....	27
3.5	Obtenção e análise dos dados.....	29
4	Resultados .....	31
4.1	Oclusivas.....	31
4.1.1	Desvozeamento .....	31
4.1.2	VOT e duração .....	32
4.1.2.1	Duração.....	33
4.1.2.2	VOT .....	35

4.2 Vogais .....	39
4.2.1 Duração .....	39
4.2.2 Frequência das formantes .....	40
4.2.3 Espaço das vogais .....	42
4.3 Qualidade vocal.....	44
5 Conclusões.....	49
5.1 Introdução .....	49
5.2 Conclusões.....	49
5.3 Trabalho Futuro.....	50
Bibliografia.....	51

# 1 Introdução

Neste Capítulo são apresentados os objectivos do estudo e a forma como o trabalho se encontra organizado.

## 1.1 Motivações

A perda auditiva é uma das causas para a ocorrência de atraso de desenvolvimento da linguagem (ADL) e alteração da expressão verbal. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), em todo o mundo, existem cerca de 278 milhões de pessoas com perda auditiva profunda nos dois ouvidos (WHO, 2010).

Sendo a deficiência auditiva (DA) uma das patologias onde o Terapeuta da Fala desempenha um papel importante na intervenção e reabilitação, é fundamental o conhecimento das características de fala da pessoa com défice auditivo. Os estudos, na área de produção de fala, para a população com DA são escassos no Português Europeu (PE). O estudo de Coimbra (2009) analisa as propriedades acústicas presentes nas vogais e nas fricativas. Existem alguns estudos, realizados com população falante de PE (Andrade, 1980; Barroco, Domingues, Pires, Lousada, e Jesus, 2007; Lousada, Jesus, e Hall, 2010; Martins, 1975; Viana, 1984) que fazem uma análise sobre aspectos acústicos das consoantes oclusivas.

É importante que o Terapeuta da Fala conheça as características da população com DA, nomeadamente em relação às características acústicas das oclusivas do PE, para dessa forma avaliar e planear a sua intervenção de acordo com o conhecimento científico, de forma a melhorar o padrão de fala da pessoa com DA.

## 1.2 Objectivos do estudo

Sabendo que a aquisição da linguagem ocorre, principalmente, nos primeiros anos de vida, este trabalho direcciona a sua atenção para as crianças. Dessa forma o presente trabalho tem como objectivo conhecer características da produção de fala de crianças com DA, falantes de PE. Para isso serão investigadas as características acústicas da produção de oclusivas e vogais (vogais em posição inicial). Serão analisadas características temporais, como o VOT, duração das oclusivas e das vogais. Também serão analisadas a frequência fundamental, o jitter, o shimmer e frequência das formantes. A análise realizada visa compreender melhor, o que acontece na produção de fala de crianças com DA e obter dados científicos para o PE.

## 1.3 Estrutura da Dissertação

Este trabalho está dividido em cinco Capítulos. No primeiro Capítulo, o tema proposto é introduzido de uma forma sucinta onde são expostos os motivos que levaram a aluna a investigar o presente tema e quais são os objectivos do mesmo. No segundo Capítulo, encontra-se a revisão da literatura, onde se descreve o tema proposto, caracterizando a população com DA e uma referência às diferentes propriedades dos sons da fala abordados no trabalho. Na parte final deste Capítulo são descritos os vários estudos, sobre a temática, existentes para o PE.

Após a revisão apresentada, será descrita, no Capítulo 3, a metodologia utilizada no trabalho, nomeadamente a elaboração do corpus, o processo de gravação, anotação e análise realizada para a obtenção dos dados, são descritos os procedimentos utilizados para a análise estatística descritiva e inferencial. No Capítulo 4, são apresentados os resultados obtidos para os diferentes parâmetros analisados e a discussão onde serão confrontados os resultados obtidos com os estudos previamente realizados. No último Capítulo apresentam-se as conclusões bem como as sugestões de possíveis investigações.

## 2 Revisão da Literatura

Este Capítulo destina-se a dar a conhecer as características de fala da população com DA. Inicialmente é feita uma abordagem geral ao desenvolvimento e às consequências da perda auditiva no desenvolvimento da linguagem. Posteriormente são abordados vários trabalhos científicos que analisam as características acústicas das consoantes oclusivas e vogais. Por fim são analisados os vários estudos existentes para a população falante de PE.

### 2.1 Produção de fala da criança

A aquisição de competências linguísticas da criança obedece a uma evolução que se enquadra dentro dos princípios genéricos do desenvolvimento humano. O desenvolvimento linguístico é o resultado da interacção entre a programação genética e a influência de um meio linguístico (Sim-Sim, 1998). Para que o desenvolvimento linguístico decorra de forma adequada é fundamental a participação de várias áreas do desenvolvimento, tais como a cognição, a socialização e a autonomia (Lima, 2003). O processo de maturação do sistema nervoso central e periférico, é de extrema importância, pois a fala, como modo de comunicação, envolve processos complexos de planeamento e coordenação (Reis, Gil, e Franco, 2003).

Ao longo do tempo as aquisições são várias e por volta dos 5-6 anos verifica-se que a criança já atingiu a maturidade articulatória, ou seja, tem capacidade para produzir correctamente todos os sons da língua materna (Sim-Sim, 1998). As mudanças associadas ao desenvolvimento contribuem para uma variação dos parâmetros espectrais e temporais no sinal de fala das crianças, resultando numa grande variedade acústica inter e intra-falante (Gerosa, Giuliani, e Brugnara, 2007). Desde há muito tempo que estas diferenças têm sido estudadas, com objectivo de analisar as características acústicas do discurso das crianças e adultos (Bortolin, Zmarich, Fior, e Bonifacio, 1995; Coimbra, 2009; Forrest e Rockman, 1988; Gerosa, Lee, Giuliani, e Narayananc, 2006; Monsen, 1974; Zlatin e Koenigsnecht, 1976).

### 2.2 Perda Auditiva

As crianças nascem programadas com capacidades biológicas e sociais para aprender a maioria das competências comunicacionais (Ling, 1989) e os primeiros anos de vida são considerados um período crítico para a aquisição e desenvolvimento da expressão verbal (Assunção, 2008; Paul, 2001). Para que a produção verbal seja adequada é necessário que todas as estruturas e sistemas participantes, neste processo, funcionem de forma adequada, desde a captação do estímulo auditivo, pelos órgãos periféricos, até à descodificação pelo sistema nervoso central (Prado, 2007).

Neste complexo processo ouvir é uma actividade central, pois o “input” auditivo desempenha um papel importante na aquisição e produção das unidades linguísticas. Crianças que sofrem de surdez profunda não recebem esta contribuição sensorial, sendo uma limitação ao desenvolvimento da fala. A criança vê-se impedida de perceber e produzir um padrão vocal adequado e tem uma dificuldade acrescida na monitorização da própria fala (Prado, 2007).

A perda auditiva tem consequências em aspectos específicos do desenvolvimento da linguagem. Segundo a American Speech Language Hearing

Association (ASHA), a perda auditiva afecta o desenvolvimento do vocabulário (que se desenvolve de forma mais lenta), a capacidade de compreensão das palavras abstractas e gramaticais (as frases são mais curtas e mais simples) e o discurso é caracterizado pela omissão de alguns sons, como por exemplo [t], [k], [f] e [s]<sup>1</sup> (ASHA, 2009). Também se verificam alterações ao nível da qualidade vocal: voz soprada, pela dificuldade de controlo da musculatura intrínseca da laringe; voz tensa, devido ao fechamento glótico excessivo (Cukier e Camargo, 2005; Prado, 2007). Outros estudos (Hudgins e Numbers, 1942; Monsen, 1974; Smith, 1975) foram direccionados para aspectos tão variados como a ressonância, nasalidade, duração das vogais e F0.

A utilização do implante coclear (IC) na surdez profunda permite a estimulação das células auditivas existentes e dessa forma recuperar o feedback auditivo em alguns parâmetros do discurso (Bouchard, Le Normand, e Cohen, 2007). Os resultados de alguns estudos (Serry e Blamey, 1999; Tye-Murray, Spencer, e Bedia, 1995) mostram, em crianças implantadas até aos 5 anos, melhorias no acesso às pistas acústicas, melhoria da inteligibilidade do discurso e melhoria na produção de consoantes e vogais. Relativamente a crianças que utilizam outras ajudas técnicas para a audição, foram observadas, por Seifert, Oswald et al. (2002), melhorias na percepção, produção de fala e leitura, em crianças que usam IC. Estudos (Dawson et al., 1995; Serry e Blamey, 1999) sobre o desenvolvimento das capacidades de produção verbal após a utilização de IC, apesar de utilizarem metodologias diversas, mostram um aumento do número de sons produzidos.

Sabendo que o desenvolvimento das competências linguísticas ocorre numa fase inicial do desenvolvimento é importante que, no caso de crianças com perda auditiva, o implante seja realizado o mais precocemente possível. Os implantes realizados mais cedo revelam vantagens no desenvolvimento do processamento auditivo (Manrique, Cervera-Paz, Huarte, e Molina, 2004; Tait, De Raeve, e Nikolopoulos, 2007) e crianças com défice auditivo pré-linguístico obtêm rapidamente um melhor controlo do discurso (Boltezar, Vatovec, Gros, e Zargi, 2005). Estudos (Serry e Blamey, 1999; Tye-Murray et al., 1995) sugerem que a implantação precoce tem vantagens notórias quando comparada com implantes realizados tardiamente. Os resultados do estudo de Boltezar, Vatovec et al. (2005) mostraram que o IC permite o controlo auditivo da produção de fala e melhora a qualidade vocal. As crianças com surdez que são implantadas antes dos 4 anos de idade melhoraram o controlo de F0 e a intensidade da fala mais rapidamente, comparativamente com as crianças implantadas depois dos 4 anos.

Há muito tempo (Hudgins e Numbers, 1942) que os investigadores se preocupam em estudar e comparar o discurso entre indivíduos normais e surdos. Hudgins e Numbers (1942) estudaram o discurso de 12 adolescentes com DA e classificaram-no quanto ao tipo de erros de omissão, erros de substituição e outros tipos de erros. A principal conclusão do estudo (Hudgins e Numbers, 1942) foi que a amostra com DA produz o dobro dos erros em consoantes do que produz em vogais. O principal erro que ocorre é a dificuldade de produzir de forma distinta consoantes vozeadas e não-vozeadas. Serry e Blamey (1999) estudaram, 9 crianças com surdez profunda com IC, durante os 4 primeiros anos de implante. Recolheram amostras de discurso espontâneo com regularidade e cada amostra foi analisada no sentido de identificar os fonemas adquiridos. Os dados recolhidos indicam que a aquisição fonémica segue a mesma ordem que as crianças normo-ouvintes, contudo o processo de aquisição decorre de forma mais lenta. Serry e Blamey (1999) verificaram que as consoantes oclusivas são adquiridas em média entre 15 a 21 meses após a realização

---

<sup>1</sup> Ao longo deste trabalho são utilizados símbolos fonéticos em SAMPA (Wells 1997).

do IC e que quanto mais visível é o ponto de articulação mais rápida é a aquisição do fonema.

A surdez também afecta a capacidade de produção das consoantes, especialmente as fricativas e líquidas (Markides, 1970). As consoantes posteriores são produzidas com menos precisão (Gold, 1980) e os erros de vozeamento são frequentes (Smith, 1975). As crianças com défice auditivo usam mais labiais por causa das pistas visuais associadas à produção deste tipo de consoantes (Smith, 1975; Stoel-Gammon, 1988). Tye-Murray et al. (1995) estudaram quais os erros de produção de crianças com défice auditivo e com 36 meses (em média) de uso do IC. Os resultados mostraram que consoantes oclusivas, nasais e todas as consoantes com movimentos articulatorios marcados, eram produzidas de forma mais correcta.

### **2.3 Desvozeamento**

O desvozeamento pode ser analisado como um processo fonológico ou fonético. A utilização de processos fonológicos no decorrer da aquisição e desenvolvimento da linguagem é normal (Shipley e McAfee, 2009). Mendes et al (2009) identificaram vários processos fonológicos presentes na fala de crianças falantes de PE fazendo referência à idade de desaparecimento dos mesmos. O desvozeamento, *processo fonológico*, ocorre quando uma consoante vozeada é substituída por uma não vozeada. A idade a que este processo é produzido correctamente por 85% das crianças é a faixa etária dos 4 anos (Mendes et al., 2009).

Existem diversos estudos (Brunner, Fuchs, Perrier, e Kim, 2003; van Alphen e Smits, 2004) que analisaram o desvozeamento (*fenómeno fonético*) do ponto de vista acústico. O papel do pré-vozeamento foi amplamente estudado (van Alphen e Smits, 2004) e verificou-se que este é influenciado por vários factores: o ponto de articulação, género e ocorrência, ou não, em grupo consonântico. Brunner et al. (2003) sugeriram que a duração da oclusão, da vogal anterior, da vogal seguinte e o vozeamento durante a oclusão são propriedades relacionadas com a distinção de vozeamento para oclusivas velares.

Em PE existem alguns estudos que analisam a ocorrência do desvozeamento (Lousada et al., 2010; Veloso, 1995; Viana, 1984). Estes estudos também mostram que a influência de características temporais e espectrais são importantes para a distinção de vozeamento. Estudos realizados com falantes de PE (Barroco et al., 2007; Lousada et al., 2010) indicam que o desvozeamento aumenta à medida que o ponto de articulação se posterioriza.

### **2.4. Voice Onset Time (VOT) em diferentes grupos etários**

O Voice Onset Time (VOT) é um dos parâmetros mais estudados e facilmente quantificado no discurso. O VOT é definido como o intervalo de tempo entre o início da distensão da consoante oclusiva e o início da vibração das pregas vocais (Kent e Read, 2002; Lisker e Abramson, 1964; May-May, 1996). Tem provado ser uma ferramenta eficaz na caracterização das oclusivas não-vozeadas e vozeadas de várias línguas. Segundo Lisker e Abramson (1964) o VOT pode apresentar, para o Inglês, três valores distintos que correspondem, grosso modo, às oclusivas vozeadas, oclusivas não-vozeadas sem aspiração e oclusivas não-vozeadas com aspiração:

- Oclusivas vozeadas, caracterizadas por barra de sonoridade em que o vozeamento é anterior à distensão (VOT negativo de -125 a -75 ms);
- Oclusivas não-vozeadas sem aspiração, caracterizadas por intervalo curto, em que o vozeamento é simultâneo ou ocorre logo após o “burst” (VOT de 0 a +25 ms);
- Oclusivas não-vozeadas com aspiração, caracterizadas por intervalo longo, em que o intervalo entre o “burst” e o início da vogal é superior a 60ms (VOT positivo de +60 a +100 ms).

Zlatin e Koenigsknecht (1976) analisaram e compararam o VOT para três grupos de informantes. Um grupo de 20 adultos, um grupo de 10 crianças de dois anos e um grupo de 10 crianças de seis anos. Os informantes produziram palavras com consoantes oclusivas em posição inicial. Os resultados mostraram que o VOT varia com a idade e dentro de cada grupo há diferenças entre oclusivas vozeadas e não vozeadas.

No estudo de Bortolin, Zmarich et al (1995) sobre o vozeamento de oclusivas em posição inicial, produzidas por crianças normais e de pré-termo, concluiu-se que as crianças apresentam valores do VOT mais apropriados para as oclusivas não-vozeadas, do que para as vozeadas. Gerosa, Lee et al (2006) estudaram-se algumas características das consoantes, tais como a duração e a variabilidade intra-indivíduo. Deste trabalho conclui-se que o VOT de /p/ e /t/ diminui ao longo do tempo, até aos 15 anos. O mesmo se verificou para a duração das consoantes oclusivas.

Bonato (2007) estudou as características acústicas da produção de consoantes oclusivas vozeadas e não vozeadas no Português Brasileiro em 4 crianças na faixa dos três anos. As crianças produziram três repetições de seis palavras dissilábicas, inseridas numa frase de suporte. Nos resultados da fala infantil constatou-se um maior VOT nas velares do que na fala adulta. As oclusivas bilabiais não vozeadas seguidas da vogal /a/, na fala infantil mostraram valores de VOT mais próximos das velares do que os verificados em estudos na população adulta. Esta proximidade de valores pode ser resultante da dificuldade de coordenação dos diferentes articuladores (Bonatto, 2007).

De forma geral, os valores do VOT encontrados nos diversos trabalhos (Barroco et al., 2007; Cho e Ladefoged, 1999; Gerosa et al., 2006; Koenig, 2001; Lousada et al., 2010) mostram que as oclusivas não-vozeadas apresentam uma duração superior relativamente às oclusivas vozeadas, podendo estas últimas possuir valores negativos.

A literatura (Gerosa et al., 2006; Koenig, 2001; Zlatin e Koenigsknecht, 1976) indica que as características fisiológicas e aerodinâmicas contribuem para as variações dos valores de VOT. São vários os trabalhos que mostram a variação do VOT de acordo com a idade. À medida que a criança cresce há uma diminuição do VOT. É uma evidência de que o controlo motor para o discurso se torna mais eficiente à medida que as crianças crescem.

Esta característica temporal (VOT) das oclusivas reflecte o “timing” complexo da coordenação supralaríngea-laríngea (Bortolin et al., 1995). As diferenças encontradas entre oclusivas vozeadas e não vozeadas revelam a necessidade de controlo neuromuscular para a manutenção do vozeamento, especialmente nas oclusivas velares. Oclusivas com pontos de articulação distintos e valores de VOT semelhantes podem ser resultantes da dificuldade de coordenação dos diferentes articuladores (Bonatto, 2007).

## 2.5 Frequência das formantes e frequência fundamental na produção de vogais em diferentes grupos etários

A frequência das formantes contém informação que permite diferenciar cada uma das vogais (Hillenbrand e Gayvert, 1993; Peterson e Barney, 1952; Watson e Munson, 2007). A frequência da primeira formante (f1) dá informação acerca da altura do dorso da língua (f1 baixa é característica das vogais altas) A frequência da segunda formante (f2) está relacionada com o ponto de articulação (avanço ou recuo do dorso da língua). Vogais posteriores têm uma f2 baixa. Se relacionarmos os valores de f1-f2 obtemos o espaço das vogais, que mostra a relação existente entre os valores dos dois primeiros formantes (Kent e Read, 2002; Raphael, Borden, e Harris, 2007). Para a caracterização das vogais são necessárias mais informações que simplesmente o valor das formantes. Aspectos como a duração, frequência fundamental (F0), amplitude e largura de banda das formantes contribuem para a produção de diferentes vogais. (Kent e Read, 2002).

Ao longo do tempo foram vários os autores (Gerosa et al., 2006; Higgins, Netsell, e Schulte, 1998; Martins, 1973; Viegas, Viegas, Atherino, e Baeck, 2010; Watson e Munson, 2007) que estudaram as vogais produzidas por vários grupos etários. Estes estudos analisam várias características e a forma como variam de acordo com os indivíduos e com o contexto em que são produzidas. O estudo de Gerosa, Lee, et al (2006) analisaram a forma como varia a duração das vogais ao longo da idade (entre os 5, os 17 anos e a idade adulta) e observaram uma diminuição da duração à medida que aumenta a idade.

Comparando com os adultos, as crianças possuem um tracto vocal menor e pregas vocais mais curtas. Dessa forma, são esperados valores de frequência fundamental (F0) superiores nas crianças. Viegas et al. (2010) analisaram os valores de F0 de 7 vogais orais do PB em crianças, entre os 4 e 8 anos. Neste trabalho concluiu-se que a idade de seis anos deve ser apontada como determinante para as mudanças acústicas das vocalizações infantis. A Tabela 1 mostra os valores obtidos no estudo.

Estudos (Higgins et al., 1998; Peterson e Barney, 1952; Viegas et al., 2010) mostram que os valores de F0 também variam em função da altura da vogal. Observando-se valores superiores para vogais altas

Parâmetros	Sexo	4-5 anos		5-6 anos		6-7 anos		7-8 anos	
		ME	(±DP)	ME	(±DP)	ME	(±DP)	ME	(±DP)
Vogal [a]	masc	270	26,1	259	24,5	258	25,3	243	22,4
	fem	259	24,1	247	22,1	256	27,5	246	28,0
Vogal [ɛ]	masc	266	21,5	248	34,2	266	21,9	245	23,5
	fem	258	19,1	250	19,1	252	23,9	246	29,0
Vogal [e]	masc	275	24,5	258	25,3	271	20,9	252	25,1
	fem	267	15,1	252	18,3	260	24,1	247	27,3
Vogal [i]	masc	301	30,8	279	30,6	288	24,1	275	34,0
	fem	287	30,2	276	22,7	282	27,3	272	37,3
Vogal [ó]	masc	271	24,2	254	26,4	263	19,9	256	26,1
	fem	256	24,2	250	18,0	255	25,6	251	26,7
Vogal [o]	masc	281	26,3	261	22,7	267	22,4	257	23,8
	fem	259	40,5	260	21,0	260	23,2	253	30,4
Vogal [u]	masc	313	35,5	282	40,4	299	34,8	279	26,5
	fem	295	25,9	298	39,9	284	27,8	277	40,7

Tabela 1: Valores de F0, médias (ME) e desvio padrão (DP). De Viegas et al. (2010).

## 2.6 Características acústicas da produção de fala em crianças com surdez

A acuidade auditiva influencia a produção de fala e as suas características acústicas. Analisar o discurso de crianças com perda auditiva pode não ser fácil, pois existe grande variabilidade da função fonatória e articulatória (Kent e Read, 2002)

Ryalls e Larouche (1992) investigaram características acústicas da produção verbal em 10 crianças com perda auditiva moderada e severa e em 10 normo-ouvintes com idades coincidentes. As crianças produziram 18 sílabas com consoantes oclusivas vozeadas e não vozeadas. As medidas analisadas foram a duração total da sílaba, VOT, F0 e frequência das formantes (ambas as medidas obtidas no ponto médio da vogal). Os resultados mostraram que existem diferenças entre os surdos e os normo-ouvintes, nas várias medidas acústicas, mas estas não são estatisticamente significativas. Os valores médios para o VOT podem ser observados na Tabela 2. Ryalls e Larouche (1992) observaram valores médios de F0 de 268 Hz para normo-ouvintes e de 283 Hz para surdos. Relativamente às frequências das formantes (f1, f2 e f3) para as vogais /i, a, u/ também não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os surdos e normo-ouvintes.

Subject	Consonant					
	p	t	k	b	d	g
Normally hearing						
N01	40	54	70	-90	-93	-77
N02	58	105	100	-135	-128	-133
N03	37	56	77	-80	-91	-75
N04	26	42	56	-73	-77	-77
N05	26	83	63	-97	-92	-85
N06	21	39	45	-111	-96	-112 <sup>a</sup>
N07	39	67	65	-78	-79	-68
N08	32	48	60	-75	-95	-86
N09	16	36	50	-56	-49	-38
N10	29	74	66	-116	-113	-125
<i>M</i>	32	60	65	-91	-91	-88
<i>SD</i>	12	22	15	24	21	28
Hearing-impaired						
HI01	36	60	84	-45	-65	6
HI02	33	28	70	-117	-102	-116
HI03	26	25	45	-110	-135	-147
HI04	14	16	28 <sup>b</sup>	-73	-84	-189
HI05	30	42	71	-127	-165	-155
HI06	29	21	41	-74	-85	-2
HI07	16	34	54	-98	-126	-51
HI08	55	59	56	-77	-68	-74
HI09	25	23	43	-86	-93	-64
HI10	40	57	68	-85	-105	-121
<i>M</i>	30	37	56	-89	-103	-91
<i>SD</i>	12	17	17	24	31	65

Note. Each entry represents an average of 15 tokens, except <sup>a</sup>, which represents an average of 14 tokens, and <sup>b</sup>, which represents an average of 11 tokens.

Tabela 2: Resultados médios do VOT (ms). De Ryalls e Larouche (1992).

O objectivo do estudo de May-May (1996) foi descrever as características do discurso de crianças com surdez profunda. O estudo foi realizado com 12 crianças com surdez profunda e 12 normo-ouvintes. Ambos os grupos produziram consoantes oclusivas não-vozeadas, com e sem aspiração, em posição inicial. Os resultados não revelam diferenças significativas, nos valores de VOT, entre surdos e normo-ouvintes, contudo existem diferenças nos valores médios. Este resultado mostra que indivíduos com DA conseguem produzir oclusivas de forma semelhante aos normo-ouvintes.

Szyfter et al. (1996) mediram parâmetros acústicos da fala de 2 crianças com surdez congénita (duração do IC entre os 10 e 12 anos) e 3 adultos com surdez pós-linguística. Os dados foram recolhidos uma semana antes do implante e três meses depois da activação do IC. Os resultados mostraram uma diminuição da média de F0 após o IC.

Higgins et al. (2003) encontraram resultados contraditórios em 7 crianças com surdez pré-linguística. As crianças foram implantadas entre os 5 e 11 anos. Produziram F0 mais elevadas do que é normal, sendo este comportamento mais marcado após um ano utilização do IC. O valor médio da F0 no discurso espontâneo da pessoa com perda auditiva pode ser atribuído ao aumento de tensão nas pregas vocais e do tracto vocal, resultando num encerramento glótico excessivo (Cukier e Camargo, 2005; Prado, 2007).

Segundo Perkell e Guenther (2003) os falantes com maior acuidade auditiva apresentam menor dispersão de valores da frequência de f1 e f2, para uma dada vogal. Este aspecto traduz-se numa maior concentração de valores em determinada zona do espaço de vogais. De acordo com Perkell et al. (2007) a criança com implante deve apresentar uma distância inter-vocálica menor e uma maior dispersão intravocálica.

Seifert, Owsald et al. (2002) estudaram a F0 e a frequência dos formantes (f1, f2 e f3) em 20 crianças, com idade entre os 3 e 10 anos, todas com surdez pré-linguística em vários tempos de uso do IC. Os resultados foram comparados com crianças normo-ouvintes. Crianças implantadas antes dos 4 anos não mostraram diferenças significativas na F0 (valores absolutos entre 160 Hz e 279 Hz), em comparação com os seus pares (idade e género). Diferenças significativas foram encontradas nas crianças que realizaram o IC com mais de 4 anos. Algumas das crianças implantadas mais tarde usam F0 mais elevada que o normal, outras usam F0 muito baixa, comparando com as produções pré-implante. f1 é estável em todas as crianças e apresenta pequenas variações em comparação com o intervalo da normalidade. f2 e f3 mostraram algumas variações mas não foram sistemáticas.

Lane e Perkell (2005) estudaram a relação entre a perda auditiva e o controlo do vozeamento (VOT). Pessoas que nasceram surdas revelam dificuldade em controlar as diferenças de vozeamento existentes nos vários fonemas, em parte, porque os movimentos laríngeos subjacentes a este controlo não são visíveis. A coordenação dos movimentos respiratórios, fonatórios e articulatórios são aspectos críticos para o controlo destas diferenças. Lane e Perkell (2005) referem três processos que podem contribuir para a dificuldade de controlo de vozeamento em surdos pré-linguísticos: a ausência de uma representação fonémica adequada, a incapacidade de estabelecer um modelo neuronal das relações entre os movimentos articulatórios do discurso e as suas consequências acústicas e as possíveis influências da Terapia da Fala (Lane e Perkell, 2005).

O trabalho realizado por Coimbra (2009) dá a conhecer valores para alguns parâmetros acústicos da população surda falante de PE. Dos resultados obtidos verificou-se que o grupo dos surdos apresenta valores médios de duração vocálica superiores comparativamente com o grupo dos normo-ouvintes. As vogais apresentaram valores médios de duração distintos nos dois contextos de produção (inicial e final). As vogais /E/, /a/ e /6/ apresentam durações superiores na posição final, e na vogal /u/ a relação é inversa.

## 2.7 Estudos no Português Europeu

### 2.7.1 Aquisição das consoantes oclusivas

As características acústicas dos sons da fala diferem de língua para língua, dessa forma é importante averiguar as especificidades de cada uma. Para o PE existem poucos estudos sobre as características acústicas das consoantes oclusivas e das vogais. São referidos, nesta secção, alguns dos estudos que contribuíram para o conhecimento dessas características.

No trabalho realizado por Lima (2003), onde é estudada a idade de aquisição das consoantes oclusivas do PE, em contexto de consoante-vogal verificamos que as consoantes /p/, /t/ e /k/ são adquiridas aos 3 anos, /b/ e /d/ aos 3A6M e o /g/ é uma consoante de aquisição posterior.

Mendes et al. (2009) avaliaram o domínio linguístico de 1200 crianças, falantes de PE, com idades compreendidas entre os 3 anos e 0 meses e os 5 anos e 12 meses. Os resultados deste trabalho mostram que 75% das crianças produziram correctamente todas as consoantes oclusivas entre 3 anos e 0 meses e os 3 anos e 6 meses.

### 2.7.2 Características acústicas das oclusivas

Andrade (1980) realizou um trabalho onde um dos objectivos foi comparar o VOT de oclusivas homorgânicas do PE, em posição inicial, antes de vogais, em palavras produzidas por uma informante, falante do PE. As palavras consistiram em 6 pares mínimos com a estrutura CVCV que foram lidas isoladamente. Foi apenas analisado o VOT em posição pré-acentuada. Os valores médios de VOT no estudo acústico foram: 0 ms para o [p], 10 ms para o [t], 30 ms para o [k], -110 ms para o [b], -120 ms para o [d] e -110 ms para o [g].

Viana (1984), num estudo sobre os parâmetros acústicos relacionados com o contraste do vozeamento das consoantes do PE, gravou 6 informantes que produziram sílabas em frase fixa. Os valores médios de VOT foram: 18 ms para o [p], 21ms para o [t], 33 ms para o [k], -77 ms para o [b], -62 ms para o [d] e -31 ms para o [g]. Neste estudo verificou que o VOT também varia em função do tipo de situação discursiva, com valores médios mais elevados quando as oclusivas foram produzidas em sílabas em frase fixa relativamente às oclusivas produzidas em frases livres. Ainda neste estudo Viana (1984) obteve valores de VOT, em média, mais elevados quando a oclusiva precedia uma vogal [+alta] do que quando precedia uma vogal [-alta], verificando a influência das características da vogal seguinte nos valores de VOT.

O objectivo do trabalho realizado por Lousada (2006) era analisar as características acústicas associadas ao ponto de articulação e as características associadas à distinção de vozeamento das consoantes oclusivas do PE. Participaram seis informantes adultos, que produziram as consoantes oclusivas nas várias posições (inicial, medial e final) inseridas no contexto de frase. Verificou-se que, de forma geral, em posição inicial de palavra, e medial de palavra, as oclusivas não vozeadas apresentam valores de VOT positivos e as oclusivas vozeadas valores negativos ou positivos. Em posição medial de palavra o valor médio de VOT positivo, para os 6 informantes, foi: 19 ms para [p], 22 ms para [t], 35 ms para [k], 33 ms para [d] e 38 ms para [g]. Os valores de VOT negativos foram: -102 ms para [b] e -52 ms para [d] (ver Figura 1). Verificou-se que [k] tem, em média, um VOT maior do que [t], e [t] um VOT superior a [p].

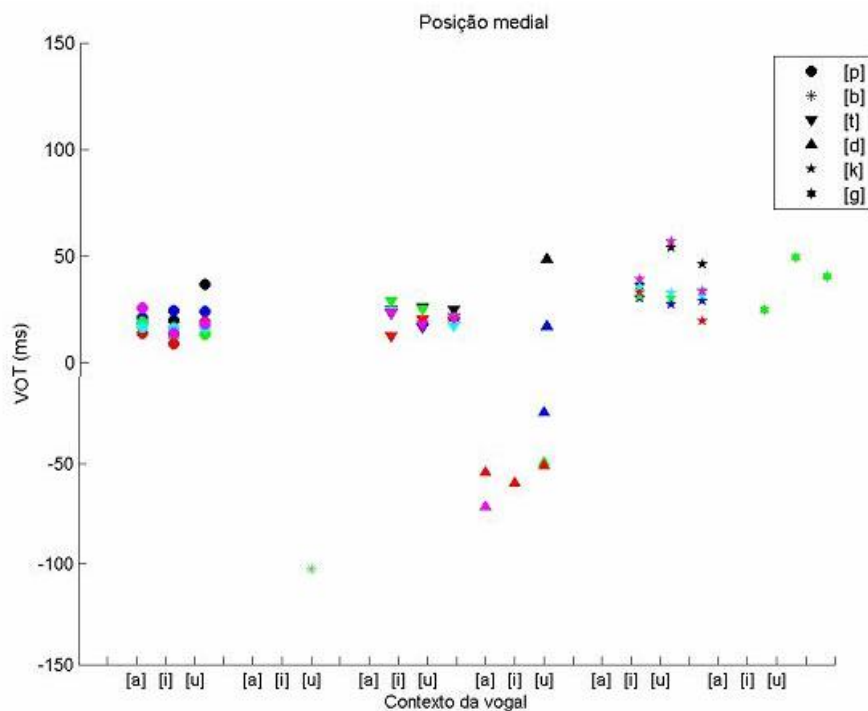


Figura 1: Valores de VOT das oclusivas [p, t, k, b, d, g] em posição medial de palavra. De Lousada (2006).

No estudo de Lousada, Jesus e Hall (2010) os resultados da análise temporal mostraram que as oclusivas vozeadas [b, d, g] foram realizadas, algumas vezes, com desvozeamento parcial ou total. Conclui-se que as propriedades acústicas, duração total, duração da oclusão, duração da vogal anterior, duração da vogal seguinte e duração do vozeamento durante a oclusão devem ter um papel importante na percepção destas oclusivas como vozeadas (Lousada, 2006; Lousada et al., 2010).

Barroco, Domingues et al. (2007) analisaram características das consoantes oclusivas do PE, produzidas por duas crianças (uma delas com perturbação fonológica) em 54 palavras reais, com as oclusivas, em posição inicial, medial e final. As palavras foram produzidas por repetição e inseridas numa frase suporte. Dos resultados obtidos verificou-se que na posição medial as oclusivas vozeadas [d, g] apresentavam valores de VOT negativos, para o [b] não foi possível calcular o VOT porque não se identificou o início da distensão. Para as oclusivas não vozeadas, em ambos os informantes, os valores de VOT situaram-se entre 0 e 50 ms. No estudo de Barroco et al. (2007), de uma forma geral, o VOT das oclusivas não vozeadas foi superior ao das oclusivas vozeadas, para todas as posições e em ambos os informantes. Os resultados indicaram a influência do ponto de articulação nos valores de VOT, tendo sido a oclusiva velar [k] aquela que apresentou maior valor.

Os vários estudos (Barroco et al., 2007; Lousada, 2006; Lousada et al., 2010) realizados para o PE mostram que o VOT, de forma geral, varia do mesmo modo que para a maioria das línguas (Bortolin et al., 1995; Kent e Read, 2002; Lane e Perkell, 2005).

Martins (1975) analisou a percentagem de ocorrências e as durações das consoantes oclusivas. Os valores encontrados foram: [p] =92 ms, [b] =63 ms, [t] =93 ms, [d] =62 ms, [k] =94 ms e [g] =57 ms. Neste trabalho verificou-se maior duração das consoantes não vozeadas.

Veloso (1995) realizou um estudo acústico com oclusivas do PE produzidas em posição inicial de palavra no contexto de uma frase por 3 informantes. As durações médias para as diferentes oclusivas foram: 132 ms para o [p], 133 ms para o [t], 123 ms para o [k], 80 ms para o [b], 70 ms para o [d] e 75 ms para o [g]. Os resultados permitiram concluir que as oclusivas não vozeadas, em média, apresentaram uma duração superior a 120 ms e as oclusivas vozeadas inferior a 80 ms, sendo esta diferença estatisticamente significativa, sugerindo a existência de uma relação entre a duração consonântica e o vozeamento.

Os estudos de Lousada et al. (2006; 2010) e Barroco et al. (2007) também apresentam valores para a duração das oclusivas. Em ambos os estudos as oclusivas não-vozeadas apresentam uma duração superior às oclusivas vozeadas.

### 2.7.3 Características acústicas das vogais

Martins (1973) realizou um estudo sobre as características acústicas das vogais, concluindo que a dispersão de valores era consequência de factores individuais, dos sujeitos e do contexto fonético. Na Tabela 3 podem observar-se os valores médios da frequência das formantes, na Figura 2 pode observar-se a relação entre f1 e f2 (Martins, 1973).

Vogal	f1(Hz)	f2 (Hz)
[i]	294	2343
[e]	403	2084
[E]	501	1893
[ɛ]	511	1602
[a]	626	1326
[O]	531	994
[o]	426	864
[u]	315	678

Tabela 3: Valores dos dois primeiros formantes obtidos no estudo de Martins (1973).

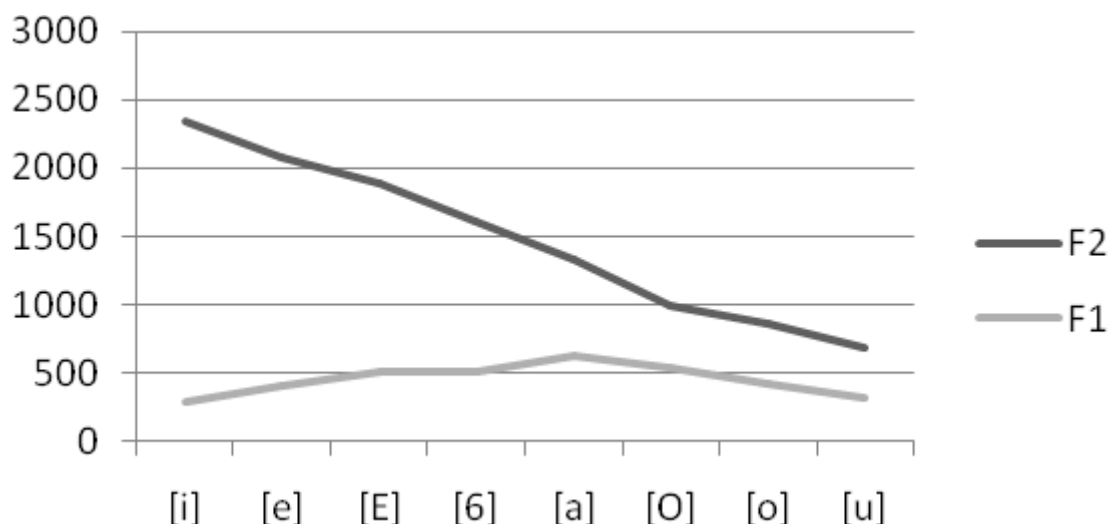


Figura 2: Relação entre f1 (Hz) e f2 (Hz). De Martins (1973).

Martins (1975) investigou também a duração das vogais e verificou que as vogais baixas e em posição tónica são aquelas que revelam tendência para maiores valores de duração.

Um estudo realizado recentemente (Escudero, Boersma, Rauber, e Bion, 2009) analisa as características acústicas das vogais do PE e do PB. Os parâmetros estudados foram: f1, f2, duração e F0. Dos resultados obtidos salientam-se as diferenças na duração das vogais, superior no PE, e as diferenças entre géneros, vogais mais longas no género feminino. Um fenómeno que é comum nas duas variantes do Português é o efeito da duração intrínseca da vogal que mostrou ser superior a outras línguas. Este artigo vem reafirmar que o valor de f1 depende da altura da vogal, como se pode observar na Figura 3. Escudero et al. (2009) verificaram que vogais baixas, como /a/, apresentam os valores mais elevados de f1. Vogais altas, como /i, u/ apresentam os valores mais baixos de f1. Verificaram, ainda, que os falantes de Português (PB e PE) apresentam valores de f1 superiores para as vogais recuadas comparativamente às anteriores. Ou seja, no par /i/-/u/ a vogal /u/ apresenta maior valor de f1.

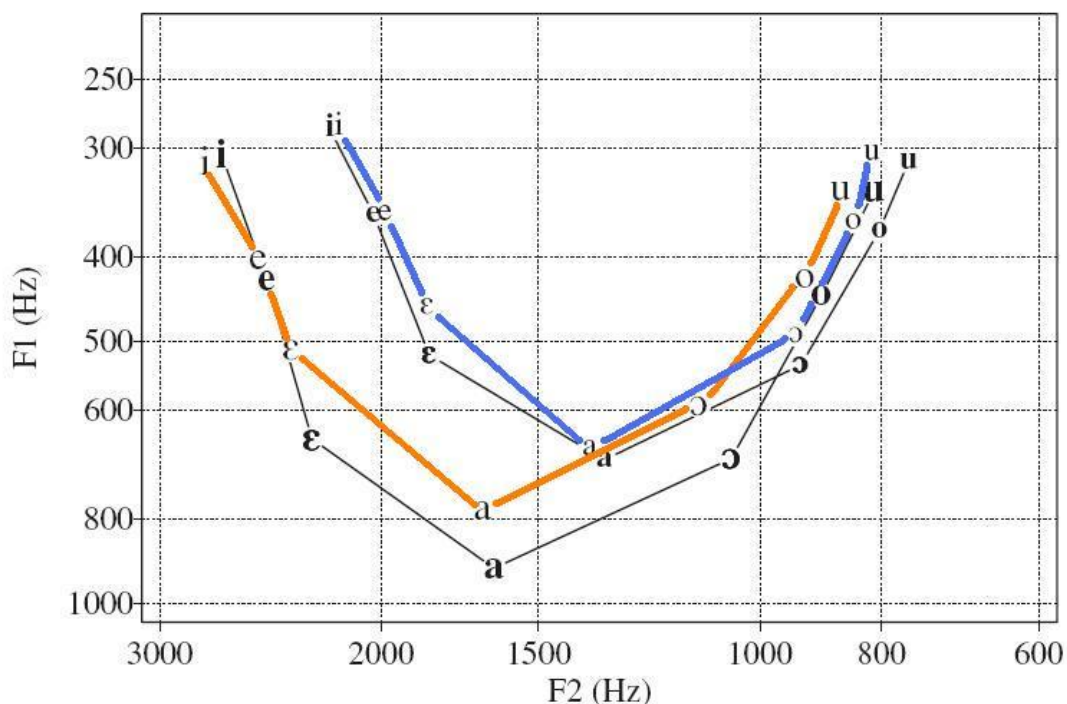


Figura 3: Espaço das vogais produzidas por falantes de PE e por falantes PB. Falantes de PE são identificados pelas linhas coloridas, linhas vermelhas identificam mulheres e linhas azuis homens. Linhas pretas e símbolos bold identificam falantes de PB. Adaptado de Escudero, Boersma et al. (2009). Símbolos fonéticos do International Phonetic Alphabet (IPA).

Relativamente às formantes (f1 e f2) e F0 observaram-se valores de superiores no género feminino. Para F0 também foram observados valores superiores nas vogais altas. A Tabela 4 mostra os valores médios de duração, F0, f1 e f2 obtidos para os falantes de PE. Relativamente às formantes f1 e f2 observam-se valores superiores no género feminino. Na Figura 4 pode observar-se a relação entre as formantes f1-f2. Foram observados três aspectos que influenciam os valores de F0: o género (valores superiores nas mulheres), a altura da vogal (vogais altas apresentam valores superiores) e avanço ou recuo da língua (vogais posteriores apresentam valores mais elevados comparativamente às anteriores) (Escudero et al., 2009).

Vogais		Feminino		Masculino	
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
<b>[i]</b>	Duração (ms)	92	1,154	84	1,142
	F0 (Hz)	216	1,084	126	1,177
	f1 (Hz)	313	1,243	284	1,085
	f2 (Hz)	2760	1,033	2161	1,048
<b>[e]</b>	Duração (ms)	106	1,151	97	1,147
	F0 (Hz)	211	1,082	122	1,165
	f1 (Hz)	402	1,125	355	1,090
	f2 (Hz)	2508	1,040	1987	1,058
<b>[E]</b>	Duração (ms)	115	1,137	106	1,162
	F0 (Hz)	204	1,075	117	1,156
	f1 (Hz)	511	1,154	455	1,131
	f2 (Hz)	2360	1,031	1836	1,068
<b>[a]</b>	Duração (ms)	122	1,144	108	1,183
	F0 (Hz)	201	1,086	115	1,151
	f1 (Hz)	781	1,186	661	1,075
	f2 (Hz)	1662	1,078	1365	1,060
<b>[O]</b>	Duração (ms)	118	1,141	104	1,149
	F0 (Hz)	204	1,076	117	1,151
	f1 (Hz)	592	1,270	491	1,111
	f2 (Hz)	1118	1,091	934	1,078
<b>[o]</b>	Duração (ms)	110	1,158	99	1,144
	F0 (Hz)	211	1,084	123	1,171
	f1 (Hz)	422	1,150	363	1,107
	f2 (Hz)	921	1,184	843	1,090
<b>[u]</b>	Duração (ms)	94	1,208	83	1,151
	F0 (Hz)	222	1,092	127	1,187
	f1 (Hz)	335	1,230	303	1,085
	f2 (Hz)	862	1,144	814	1,127

Tabela 4: Valores médios de duração, F0, f1 e f2 para os falantes de PE no estudo de Escudero, Boersma et al. (2009).

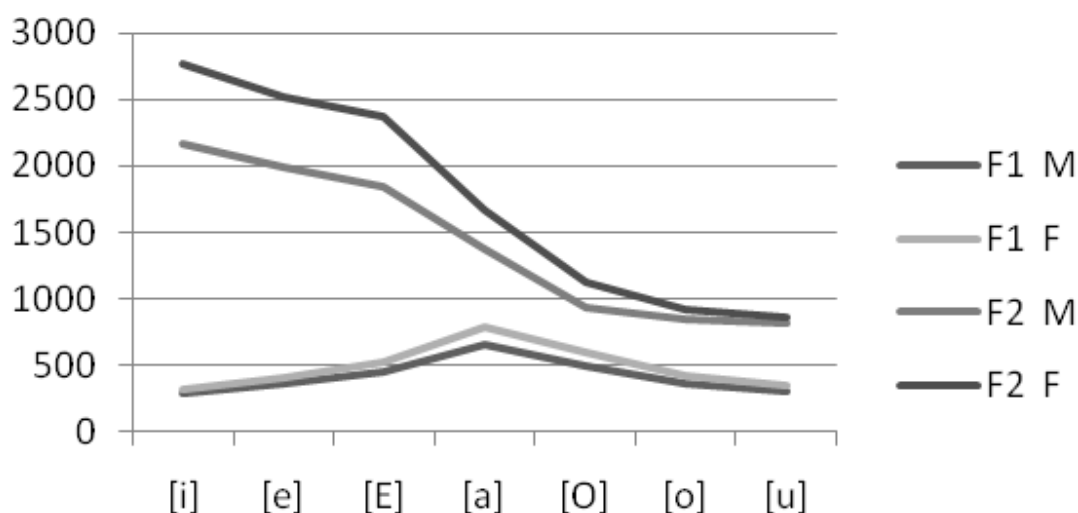


Figura 4: Relação de f1 (HZ) e f2 (Hz). De Escudero et al. (2009).

## 2.8 Relação entre medidas acústicas

Existem alguns estudos (Higgins et al., 1998; Peterson e Lehiste, 1960; Quentin e Mark, 1977) que relacionam propriedades acústicas das vogais com propriedades das consoantes oclusivas. Peterson e Lehiste (1960) referem que a duração da vogal anterior é maior quando esta precede consoantes vozeadas. Segundo Quentin e Mark (1977) o VOT caracteriza uma oclusiva particular que varia de forma inversa com o grau de constrição do tracto vocal e, portanto com a frequência de f1, exigida pelo fonema seguinte à oclusiva. Quanto menor a frequência de f1 no início do vozeamento mais longo deve ser o VOT para a pista de não vozeada. Estes dois parâmetros em conjunto resolvem alguns dos problemas causados pela variação contextual.

Higgins, Netsell et al. (1998) estudaram a influência da altura das vogais, através de medidas articulatórias e fonatórias, na interacção dos componentes laríngeos e supra-laríngeos. Os autores sugerem um modelo simples que relaciona medidas acústicas com alterações físicas do tracto vocal e actividade neuronal reflexiva e aprendida. Higgins et al. (1998) sugerem que vogais altas podem provocar um aumento de tensão no tracto vocal e isto pode contribuir para o aumento da pressão intra-oral durante a produção de /p/ antes de vogais altas. A combinação da influência mecânica da posição das cartilagens e a aprendizagem dos ajustamentos neuronais por parte do falante podem resultar no aumento de F0 e VOT para vogais altas relativamente às vogais baixas. O VOT também pode ser influenciado, indirectamente, pela redução da área glotal durante a pré-fonação em resposta a forças mecânicas.

Segundo Lane e Perkel (2005), o VOT é uma medida complexa que relaciona vários aspectos acústicos. A duração da vogal anterior (Gold, 1980), a acentuação da vogal seguinte (Weismer, 1979) o valor da frequência de início da primeira formante e a amplitude do burst (Zlatin, 1974) são pistas que se relacionam com a ocorrência do vozeamento nas oclusivas vozeadas.

Lousada et al. (2010) verificaram que a duração da vogal seguinte é maior quando a vogal é precedida por oclusivas vozeadas do que quando é precedida por não vozeadas, quando as oclusivas ocorrem em posição inicial e medial de palavra. A duração da vogal anterior é superior em contexto de oclusivas vozeadas em posição medial e final de palavra. Lousada et al. (2010) verificaram que os valores de VOT

são, em média, superiores quando as oclusivas são produzidas no contexto de vogais altas comparativamente com as vogais baixas. Este aspecto sugere uma influência da vogal seguinte nos valores de VOT.



## 3 Método

Este Capítulo descreve a metodologia utilizada ao longo do estudo. Descreve o corpus criado para analisar as consoantes oclusivas e as vogais orais do Português Europeu produzidas por crianças com implante coclear (IC), descreve a amostra e refere o método utilizado para segmentar e anotar o corpus.

### 3.1 Corpus

Foi criado um corpus que contém 52 palavras dissilábicas (ver Tabela 5) com oclusivas e fricativas, em posição medial. A maioria dos fonemas alvo está em posição pós-tónica, excepto nas palavras *bebé*, *sofá*, *café* e *caju* que estão em posição tónica.

Nesta Dissertação apenas se analisaram as palavras com consoantes oclusivas uma vez que no âmbito da Dissertação de Coimbra (2009) foram analisadas todas as palavras com fricativas.

Os fonemas em estudo estão em posição inter-vocálica e as vogais que os delimitam são variadas, existindo vogais que representam a diversidade das vogais orais do PE. Algumas palavras do corpus terminam na vogal /u/ o que poderá levar à redução ou elisão do fonema.

Tabela 5a: Corpus de oclusivas.

Oclusivas	Palavra	SAMPA
<b>[p]</b>	chupa	["Sup6]
	lupa	["lup6]
	sopa	["sop6]
<b>[b]</b>	lobo	["lobu]
	bebé	[bE"bE]
	rabo	["Rabu]
<b>[t]</b>	mota	["mOt6]
	bota	["bOt6]
	fita	["fit6]
	seta	["sEt6]
<b>[d]</b>	roda	["ROd6]
	dado	["dadu]
	dedo	["dedu]
<b>[k]</b>	boca	["bok6]
	saco	["saku]
	facá	["fak6]
	bico	["biku]
	pica	["pik6]
	seco	["seku]
	tico	["tiku]
<b>[g]</b>	joga	["ZOg6]
	liga	["lig6]
	lego	["lEgu]
	pega	["pEg6]
	chega	["Seg6]

Tabela 5b: Corpus de fricativas.

<b>Fricativas</b>	<b>Palavra</b>	<b>SAMPA</b>
<b>[f]</b>	sofá	[su"fa]
	café	[k6"fE]
	bufa	["buf6]
<b>[v]</b>	chuva	["Suv6]
	luva	["luv6]
	nova	["nOv6]
	leva	["IEv6]
	lava	["lav6]
<b>[s]</b>	coça	["kOs6]
	missa	["mis6]
	laço	["lasu]
	gesso	["Zesu]
	passa	["pas6]
	massa	["mas6]
<b>[z]</b>	mesa	["mez6]
	rosa	["ROz6]
	peso	["pezu]
	reza	["REz6]
	pizza	["piz6]
<b>[S]</b>	ficha	["fiS6]
	puxa	["puS6]
	lixo	["liSu]
	bicha	["biS6]
	bicho	["biSu]
<b>[Z]</b>	loja	["IOZ6]
	suja	["suZ6]
	caju	[ka"Zu]

As palavras do corpus foram produzidas tendo por base uma apresentação onde foram utilizadas imagens reais (fotos), retiradas da Internet através da aplicação *Google Image Search*. Foi utilizada esta forma de recolha de imagens por ser um instrumento de fácil acesso e dessa forma o procedimento poder ser facilmente reproduzido. De acordo com as características apresentadas o corpus obedece aos critérios de simplicidade e acessibilidade da sua elaboração.

As palavras do corpus foram produzidas através da nomeação de imagens (primeira tarefa realizada pelos informantes). Caso esta não ocorresse era estabelecido um diálogo de forma a provocar a nomeação, através de pistas semânticas e gestuais idiossincráticas, ou a repetição da palavra alvo. Além desta tarefa, foram criados momentos de fala encadeada (discurso espontâneo). Estas actividades visavam a análise dos padrões de fala em contextos menos formais. Para isso realizaram-se actividades de “role-play”, jogos semânticos, onde através das características semânticas se adivinha qual é a palavra alvo, e descrição de uma imagem complexa, contendo as palavras do corpus (ver Figura 6). Para análise e discussão dos resultados apresentados neste trabalho apenas se usaram as produções realizadas na primeira tarefa (nomeação de imagens fotográficas).



Figura 5: Ilustração utilizada na tarefa de descrição de imagens. Ilustração por André da Loba

### 3.2 Informantes

A população em estudo é constituída por oito informantes com idades compreendidas entre os 4 e os 11 anos, de ambos os sexos (ver Tabela 6). Com estes informantes criaram-se dois grupos, crianças normo-ouvintes (CO) e crianças surdas com implante coclear (CIC).

Crianças Normo-ouvintes (CO)			Crianças Surdas com Implante Coclear (CIC)		
I.	Género	Idade	I.	Género	Idade
JB	F	4;10	TG	F	5;1
MS	F	6;9	ML	F	6;3
RV	M	9;9	MP	M	9;3
JT	M	10;5	JC	M	11;2

Tabela 6: Dados demográficos dos grupos de informantes em estudo. CO crianças normo-ouvintes; CIC crianças surdas com implante coclear (I. Informante).

As CIC foram recrutadas dos Agrupamentos Escolares Antas e de Matosinhos, com o devido consentimento dos responsáveis escolares e dos encarregados de educação. As crianças foram seleccionadas pelo tipo de surdez e modo de comunicação. As CIC foram seleccionadas para o estudo tendo em conta a idade cronológica, ausência de dificuldade auditiva e desenvolvimento da linguagem (ver Tabela 7). Todas as CO foram avaliadas por um Terapeuta da Fala de forma a averiguar a ausência de dificuldades ao nível do desenvolvimento da linguagem.

I.	G.	Etiologia	PTA	I.S.	I.D.	I.C.I.C	I.C.	T.U.I.C	M.C.
TG	F	Congénita	85 dB	Pré-lingual	0;9	1;10	5;1	3;3	Oral
ML	F	Congénita	90 dB	Pré-lingual	0;9	2;1	6;3	4;2	Oral
MP	M	Meningite Bacteriana 16 M	95 dB	Pré-lingual	1;4	2;2	9;3	7;1	Oral
JC	M	Congénita	95 dB	Pré-lingual	0;8	2;3	11;2	8;9	Oral

Tabela 7: Dados demográficos das quatro crianças implantadas em estudo (I. Informante; G. Género; PTA limiares auditivos no melhor ouvido antes da colocação do IC; I.S. Idade de surgimento da surdez; I.D. Idade de Diagnóstico; I.C.I.C Idade de colocação do implante coclear; I.C. Idade Cronológica; T.U.I.C. Tempo de uso do implante coclear; M.C. Modo de comunicação).

### 3.3 Gravação

As gravações decorreram na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, entre Abril e Junho 2008. Foram realizadas numa cabine ABS-AUD.45.1, produzida por Absorsor, Portugal, com redução sonora de 45 dB. Os informantes encontravam-se colocados em frente a um microfone Behringer ECM8000, omnidireccional, localizado a 30 cm de distância da boca, encontrando-se ligado à placa de som interna dum electroglotografo EG2-PCX produzido pela Glottal Enterprises, USA (com eléctrodos de 28 mmm – tamanho pediátrico). O sinal acústico foi gravado em simultâneo com o sinal de electroglotografia (EGG) num computador, a 16 bits e com uma frequência de amostragem de 44.1 kHz.

### 3.4 Segmentação e anotação

Dada a extensão do corpus, como já foi referido anteriormente, para esta Dissertação apenas se analisaram as oclusivas e as vogais produzidas na tarefa de nomeação.

Para a segmentação das palavras utilizou-se o programa *Adobe Audition 3.0*. Posteriormente foi utilizado o *Speech Filing System (SFS) 4.7/Windows* para a anotação. Para a anotação registaram-se (ver Figura 6) (Lousada et al., 2010): o início da vogal anterior (IV1); início da oclusiva (IO); “burst” da oclusiva (ALIGN); fim da oclusiva (FO) e fim da vogal posterior (END). As diferentes fases foram anotadas de acordo com os seguintes critérios (Lousada et al., 2010):

- Início da vogal anterior (IV1): instante de tempo em que a intensidade da segunda formante se torna característica de uma vogal (Brunner et al., 2003);
- Início da oclusiva (IO): quando a segunda formante deixava de ser visível no espectrograma (Brunner et al., 2003);
- “Burst” da oclusiva (ALIGN): foi definido como sendo o início do “burst” e é definido no espectrograma por uma barra vertical. No caso de não existir o “burst” foi anotado o ponto médio da oclusiva.
- Fim da oclusiva (FO): onde a amplitude da segunda formante começa no espectrograma.
- Final da vogal posterior (END): quando a segunda formante deixa de ser visível no espectrograma.

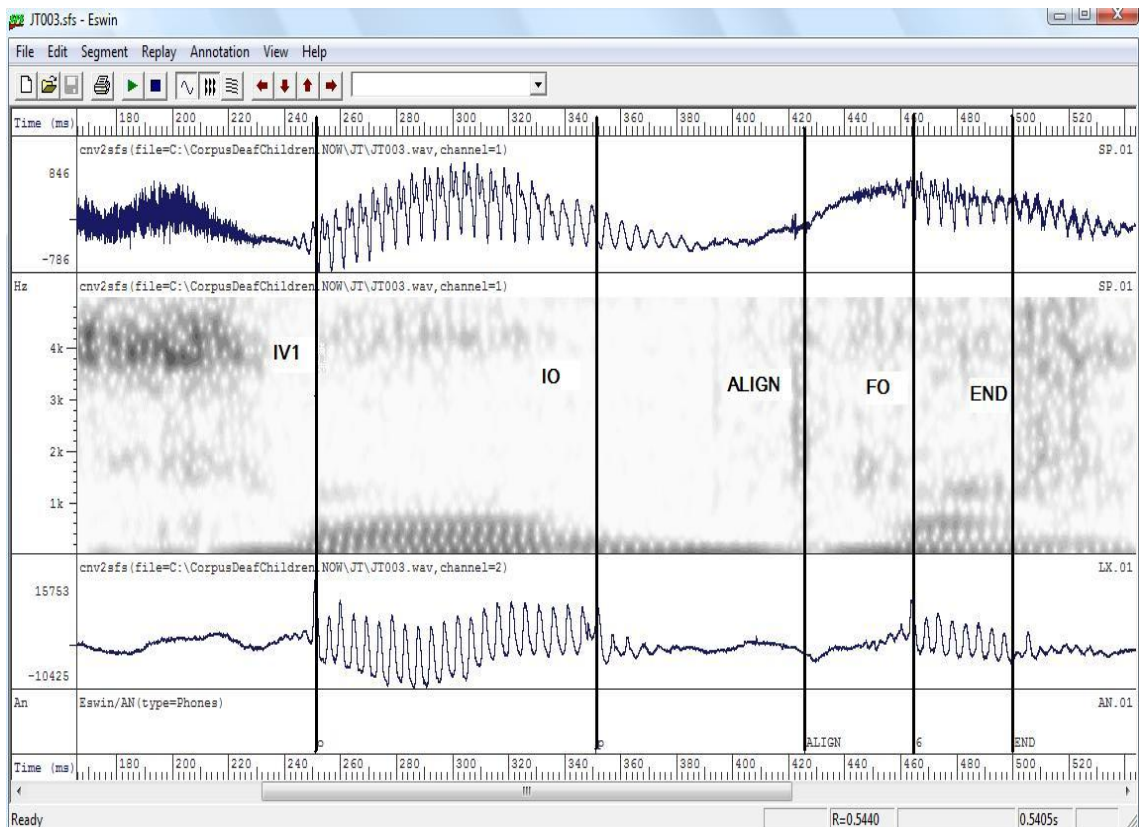


Figura 6: Exemplo de anotação da palavra ["sop6] produzida pelo informante JT.

Nos ficheiros de anotação foram registados códigos para as oclusivas e para o tipo de vozeamento. Para a classificação das oclusivas utilizaram-se os seguintes códigos: 9 - [p]; 10 - [b]; 11 - [t]; 12 - [d]; 13 - [k]; 14 - [g]; Para oclusivas onde não foi possível identificar o “burst”, através do espectrograma, utilizou-se a oclusiva associada diacrítico “}” em SAMPA (e.g. [g\_]) e o código 16; Oclusivas onde o parâmetro IO não tinha um início visível utilizou-se o seguinte procedimento: valor de ALIGN menos 10 ms, e o código 17.

Para o classificar o tipo de vozeamento utilizaram-se os seguintes critérios (Lousada et al., 2010):

- Quando o sinal acústico ou o sinal de electroglotografia não apresentavam uma estrutura periódica, considerou-se não vozeada (0).
- Quando a duração do pré-vozeamento (verifica-se uma estrutura periódica no sinal acústico ou no sinal de electroglotografia) foi  $< \frac{1}{3}$  do intervalo de oclusão, considerou-se desvozeada (1).
- Quando a duração do pré-vozeamento estava entre  $\frac{1}{3}$  e  $\frac{1}{2}$  do intervalo de oclusão, considerou-se parcialmente desvozeada (2).
- Quando a duração do pré-vozeamento foi  $> \frac{1}{2}$  do intervalo de oclusão, considerou-se vozeada (3).

### 3.5 Obtenção e análise dos dados

Para a obtenção dos dados foram utilizados os ficheiros *SFS* e os ficheiros de anotação. Utilizaram-se scripts específicos desenvolvidos para os programas *Matlab R2007b* e do *SFS* para obter informações acerca dos parâmetros, para as vogais e oclusivas, em estudo. Aos ficheiros do *SFS* foi adicionada informação sobre os traçados da F0 e formantes utilizando os seguintes programas e respectivas parametrizações:

```
fxrapt -isp FileName.sfs
txanal -isp FileName.sfs
txstat -isp FileName.sfs
formanal -isp FileName.sfs
fmtrack -ifm FileName.sfs
```

Para obter os valores da F0, formantes, jitter e shimmer foram criados scripts com a linguagem *Speech Measurement Language (SML)* através dos quais foram calculados os parâmetros no ponto médio da vogal. As linhas de código utilizadas foram:

```
F1pontomedio=f1 (pontomedio)
F2pontomedio=f2 (pontomedio)
F0=fx (pontomedio)
select(16.01)
jitter=tr (pontomedio)
select(16.02)
shimmer=tr (pontomedio)
```

Depois de obtidos, os dados foram exportados para o *Excel 2007* e para o programa *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 18.0* para análise estatística. Para a análise do desvozeamento foram calculadas as percentagens de produção para cada tipo de vozeamento. Para os parâmetros acústicos foram obtidos valores médios de cada informante. No sentido de analisar as diferenças entre os grupos de informantes realizou-se análise estatística inferencial. O teste utilizado foi a ANOVA mista de dois factores. Para as oclusivas apenas se aplicou a ANOVA à variável dependente: duração, o factor de amostras independentes foi a capacidade auditiva dos informantes e o factor de amostras repetidas foram as oclusivas. Para as vogais aplicou-se a ANOVA às variáveis: duração, formantes, F0, jitter e shimmer. Para estes parâmetros o factor de amostras independentes foi a capacidade auditiva e o factor de amostras repetidas foram as vogais.

Para a aplicação da ANOVA devem ser verificadas as seguintes condições: normalidade dos resíduos, critério da homogeneidade (Teste de Levene) e o critério da esfericidade (Teste de Mauchly). Quando o critério da esfericidade não se verifica utiliza-se um dos factores de correcção propostos (épsilon) que seja maior que 0.75 (Howell, 2007).

Para o parâmetro VOT não foi possível aplicar o teste porque existem alguns informantes onde não foi possível determinar o valor de VOT para todas as oclusivas. Esta impossibilidade reduziu o tamanho da amostra disponível para a aplicação do teste. O VOT apenas se analisou de forma descritiva.



## 4 Resultados

Neste Capítulo proceder-se-á à análise e discussão dos resultados obtidos a partir da actividade de nomeação de imagens. São apresentados os resultados obtidos para as oclusivas e vogais em função da capacidade auditiva.

### 4.1 Oclusivas

#### 4.1.1 Desvozeamento

Os informantes encontram-se dentro de um intervalo de idades, aproximadamente entre os 4 e os 11 anos, onde seria de esperar uma produção correcta de todas as oclusivas vozeadas (Mendes et al., 2009). Pela análise das produções verificamos que isso não acontece. Das produções realizadas pelos informantes identificaram-se aquelas onde as oclusivas vozeadas foram substituídas por outros fonemas.

Na Tabela 8 estão registadas as produções onde se verificaram alterações. Para o informante TG verificou-se a ocorrência do processo fonológico de desvozeamento. JC substituiu, numa das suas produções, a oclusiva vozeada velar por uma dental, realizando o processo fonológico de anteriorização (Mendes et al., 2009). Nenhuma destas produções foi contabilizada para a análise acústica do tipo de vozeamento. Os resultados, relativos ao processo fonológico desvozeamento, estão de acordo com Smith (1975) que refere a ocorrência deste processo de forma frequente na população com DA. Neste trabalho o único informante onde se verificou o processo de desvozeamento foi num indivíduo surdo.

Informante	SAMPA	Produção realizada
JC	["lig6]	/"lid6/
TG	["lobu]	/"lopu/
TG	["Rabu]	/"Rapu/

Tabela 8. Produções onde ocorreu substituição da oclusiva vozeada.

O fenómeno fonético desvozeamento também foi analisado. Para as produções dos informantes foram anotadas informações acerca do tipo de vozeamento realizado para cada oclusiva, de acordo com o que foi descrito no Capítulo 3.4. Os valores obtidos, em percentagem, podem ser observados na Figura 7.

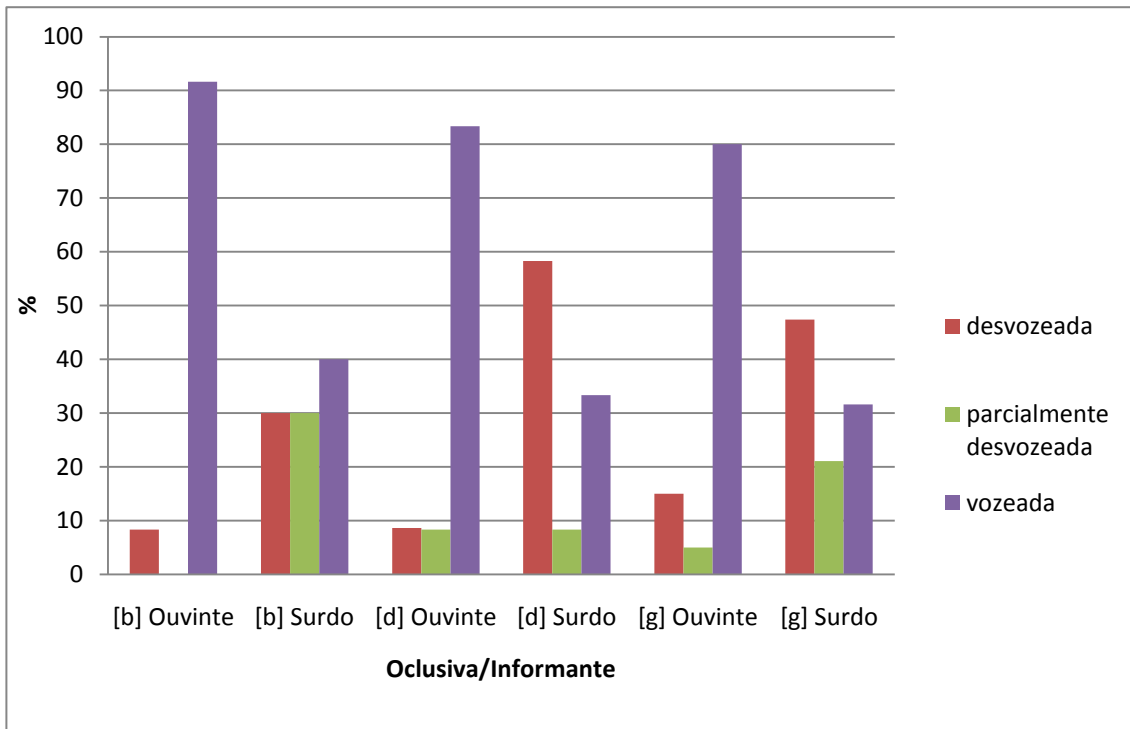


Figura 7: Tipo de vozeamento de [b d g] para todos os informantes.

Pela análise da Figura 7 verificamos que é no grupo dos ouvintes onde as oclusivas vozeadas são produzidas, mais vezes, com o tipo de vozeamento correcto (valores maiores ou iguais a 80%). Para o grupo dos surdos as oclusivas bilabiais são aquelas onde ocorrem menos erros (40% das oclusivas produzidas correctamente).

Observa-se uma relação entre o tipo de vozeamento e o ponto de articulação. A percentagem de desvozeamento aumenta à medida que o ponto de articulação se posterioriza, facto observado no grupo dos ouvintes. Estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos no estudo de Lousada, Jesus et al (2010) realizados para a população adulta falante de PE. No grupo dos surdos a oclusiva [d] é aquela que apresenta maior percentagem de desvozeamento (58%).

#### 4.1.2 VOT e duração

A Tabela 9 sumariza os diferentes valores médios obtidos, a partir das produções individuais, para cada um dos informantes. Esses dados reportam-se à duração da oclusiva e ao VOT. Os resultados foram organizados de acordo com a capacidade auditiva dos informantes. Na Tabela 9 os espaços preenchidos com X correspondem a valores que não foram possíveis de determinar por ausência do “burst” (não é visível no espectrograma) da oclusiva.

		Capacidade Auditiva							
		Ouvinte				Surdo			
Oclusiva	Informante	JB	MS	RV	JT	TG	ML	MP	JC
[p]	Duração (ms)	135	136	123	96	308	307	161	181
	VOT (ms)	24	19	25	44	41	17	21	19
[t]	Duração (ms)	142	175	146	121	276	225	147	178
	VOT (ms)	27	17	39	50	22	13	51	15
[k]	Duração (ms)	135	135	174	124	245	255	129	183
	VOT (ms)	36	35	49	42	X	39	30	34
[b]	Duração (ms)	77	94	67	46	109	175	121	128
	VOT (ms)	-68	-30	X	X	59	-10	-17	14
[d]	Duração (ms)	70	105	44	70	212	130	90	111
	VOT (ms)	-60	-43	X	X	42	-36	-34	18
[g]	Duração (ms)	60	97	33	25	208	138	46	240
	VOT (ms)	18	-35	-10	X	X	-12	-20	26

Tabela 9: Tabela com valores médios de Duração e VOT das oclusivas.

#### 4.1.2.1 Duração

Um dos objectivos deste estudo é a análise da produção de oclusivas na população surda com IC e comparação com a população normo-ouvinte. Pela análise da Tabela 10 verificamos que os valores de duração das oclusivas são superiores no grupo dos informantes surdos (média=179+/-18 ms) comparativamente aos ouvintes (média=101+/-18 ms). De forma a analisar o significado estatístico dos dados utilizou-se uma ANOVA mista de dois factores. Importa referir que apenas para a oclusiva /p/ não se verificou a homogeneidade das variâncias (Teste de Levene:  $p=0,000$ ). Dessa forma os resultados devem ser analisados com algum cuidado. Os restantes requisitos foram cumpridos. Os resultados obtidos na ANOVA estão discriminados na Tabela 10.

Pela análise dos resultados é possível verificar que existe um efeito significativo do factor capacidade auditiva ( $p=0,023$ ) e do factor oclusiva ( $p=0,000$ ). Contudo na interacção dos dois factores não se verificou um efeito estatisticamente significativo.

Duração (ms)		Capacidade Auditiva		
Oclusiva		Ouvinte N=4	Surdo N=4	Total
[p]	Média	122	239	180
	DP	18,6	79,1	82
[t]	Média	146	206	176
	DP	22	56,4	51
[k]	Média	142	203	172
	DP	22	58,6	52,4
[b]	Média	71	133	102
	DP	20,1	28,8	40,4
[d]	Média	72	136	104
	DP	25	53,1	51,3
[g]	Média	54	158	106
	DP	32,4	85,9	82
Total	Média	101	179	
	DP	18	18	
Factor: Oclusiva (F (5,30) = 11,09; p=0,000; $R_p^2=0,64$ ) Factor: Capacidade Auditiva (F (1,6) = 9,92; p=0,023; $R_p^2=0,60$ ) Interação dos factores (F (5,30) =1,14; p =0,361; $R_p^2=0,16$ )				

Tabela 10: ANOVA mista para o parâmetro duração da oclusiva (ms); DP – Desvio Padrão.

Para os valores de duração das oclusivas observa-se que as oclusivas não vozeadas têm durações superiores às oclusivas vozeadas. Este facto é observado nos dois grupos de informantes, ouvintes e surdos. Os resultados encontrados relativos à duração das oclusivas vão ao encontro do que está referido nos estudos realizados com população falante de PE. O estudo de Veloso (1995) refere que as oclusivas não vozeadas têm uma duração superior a 120 ms, facto concordante com os resultados obtidos neste trabalho. Os valores de duração de oclusivas não vozeadas variam entre 122 ms e 239 ms. Relativamente às oclusivas vozeadas Veloso (1995) refere que estas apresentam uma duração inferior a 80 ms, aspecto que se verifica nos resultados obtidos nos indivíduos normo-ouvintes. Nos trabalhos de Martins (1975), Barroco, Domingues et al (2007) e Lousada, Jesus et al (2010) também se verifica uma duração superior das oclusivas não vozeadas relativamente às vozeadas.

O intervalo de idades dos informantes (entre os 4 anos e os 11 anos) é diferente do trabalho de Gerosa, Lee et al, (2006) que avaliaram a média de duração das oclusivas, entre os 5 anos e os 11 anos, e obtiveram valores entre os 100 ms e os 150 ms. Neste estudo para o grupo dos normo-ouvintes obteve-se uma duração entre os 54 ms e os 146 ms. No grupo dos surdos as durações variam entre 133 ms e os 239 ms. Nos estudos de PE, verificou-se para a duração da oclusiva resultados entre 50 e 150 ms no estudo de Barroco et al. (2007) e de 134 ms (valor médio) para oclusivas não vozeadas e de 78 ms (valor médio) para vozeadas no estudo de Lousada et al. (2010). Os resultados deste estudo mostram que as crianças normo-ouvintes revelam valores semelhantes aos aferidos até à data.

#### 4.1.2.2 VOT

Nas Tabelas 11 e 12 estão descritos os valores médios de VOT, desvio padrão e número de produções a que corresponde cada valor, para cada informante. Da análise da Tabela 11 verificamos que a mesma se encontra incompleta por não ser possível determinar todos os valores. Todos os informantes apresentam valores positivos para oclusivas não vozeadas (Ver Tabela 11 e Figura 8). No grupo dos ouvintes os valores médios obtidos foram: 28+/-4,6 ms para o [p], 33+/-6,8 ms para o [t] e 41+/-13,3 ms para o [k]. No grupo dos surdos, 25+/-7,8 ms para o [p], 25+/-16,2 ms para o [t] e 34+/-11,8 ms para o [k]. Os resultados obtidos neste trabalho são concordantes com os valores obtidos nos vários estudos realizados para os falantes de PE (Andrade, 1980; Barroco et al., 2007; Lousada, 2006; Lousada et al., 2010; Viana, 1984).

		Ouvintes					Surdos				
Oclusiva		JB	MS	RV	JT	Total	TG	ML	MP	JC	Total
[p]	Média (ms)	24	19	25	44	28	41	17	21	19	25
	DP (ms)	2,5	2,5	4,9	8,5	4,6	12,6	12,7	3,7	2,1	7,8
	N	3	2	3	3		4	3	3	3	
[t]	Média (ms)	27	17	39	50	33	22	13	50	15	25
	DP (ms)	5,3	3,3	3,4	15,2	6,8	9,4	6,3	47,1	1,8	16,2
	N	4	4	4	4		4	4	4	4	
[k]	Média (ms)	36	35	49	42	41	X	39	30	34	34
	DP (ms)	6	10,1	21,6	15,6	13,3	X	10,6	10,1	14,8	11,8
	N	6	4	7	7		X	7	6	7	

Tabela 11: Valores de VOT (ms) para oclusivas não vozeadas; DP – Desvio Padrão, N – número de produções.

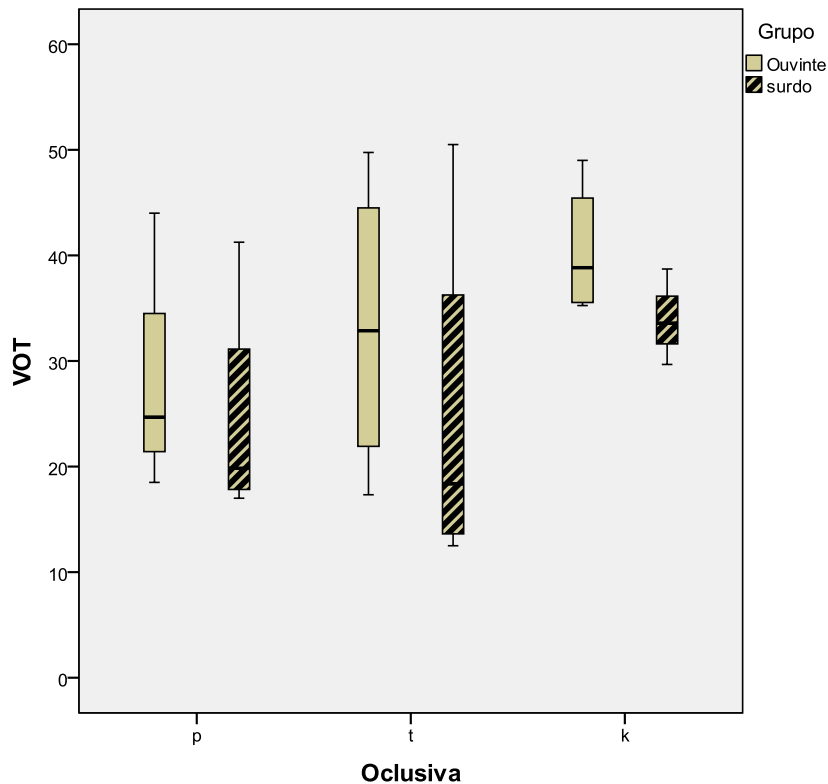


Figura 8:Box-plot do VOT (ms) das oclusivas não vozeadas.

Para as oclusivas vozeadas (ver Tabela 12) os valores médios de VOT no grupo dos ouvintes foram todos negativos:  $-49 \pm 25,3$  ms para o [b],  $-52 \pm 45,1$  ms para o [d] e  $-9 \pm 26,3$  ms para o [g]. Estes resultados estão de acordo com os resultados dos estudos realizados para o PE (Andrade, 1980; Barroco et al., 2007; Lousada et al., 2010; Viana, 1984). No grupo dos surdos apenas se encontram valores negativos para as oclusivas [d] ( $-3 \pm 17,5$  ms) e [g] ( $-2 \pm 42,9$  ms), para o [b] o valor obtido foi de  $12 \pm 12,9$ ms. Contrariamente ao que foi observado neste estudo, o trabalho de Ryalls e Larouche (1992) apresenta valores de VOT negativos para todas as oclusivas vozeadas produzidas por informantes surdos. A análise estatística inferencial realizada pelos autores não revelou diferenças entre a população surda e normo-ouvinte.

A existência de valores de VOT positivos para oclusivas vozeadas também já foi referida por alguns autores (Barroco et al., 2007; Lousada et al., 2010) que estudaram este parâmetro no PE.

		Ouvintes					Surdos				
Oclusiva		JB	MS	RV	JT	Total	TG	ML	MP	JC	Total
<b>[b]</b>	Média (ms)	-68	-30	X	X	-49	59	-10	-17	14	12
	DP (ms)	0	50,5	X	X	25,3	0	0	41,5	9,9	12,9
	N	1	2	X	X		1	1	3	2	
<b>[d]</b>	Média (ms)	-60	-43	X	X	-52	42	-36	-34	18	-3
	DP (ms)	0	90,1	X	X	45,1	20,4	41,5	6,4	1,8	17,5
	N	1	3	X	X		3	2	2	4	
<b>[g]</b>	Média (ms)	18	-35	-10	X	-9	X	-12	-20	26	-2
	DP (ms)	0	78,8	0	X	26,3	X	63,1	57,3	8,3	42,9
	N	1	4	1	X		X	3	2	4	

Tabela 12: Valores de VOT (ms) para oclusivas vozeadas; DP – Desvio Padrão, N – número de produções.

Ao analisar as Tabelas 11 e 12 verificamos que o VOT das oclusivas não vozeadas (média [p t k] =31 ms) é superior ao VOT das vozeadas (média [b d g] =-17 ms). Este resultado é uma confirmação dos resultados obtidos em diversos trabalhos realizados em diferentes línguas (Barroco et al., 2007; Gósy, 2001; Kent e Read, 2002; Lisker e Abramson, 1964; Ögüt, Kiliç, Engin, e Midilli, 2006; Raphael et al., 2007; Viana, 1984).

Como já foi referido no Capítulo 3.5 não foi possível aplicar a ANOVA mista de dois factores dada a dimensão reduzida da amostra e devido à ausência de valores para alguns dos informantes.

Neste trabalho verifica-se uma grande dispersão das oclusivas vozeadas (ver Tabela 12), aspecto comprovado pelos valores elevados de desvio padrão. A Figura 9 mostra as diferenças entre os grupos de informantes. As principais diferenças estão relacionadas com os valores de VOT para as oclusivas /b/ e /g/ e o respectivo tamanho do box-plot.

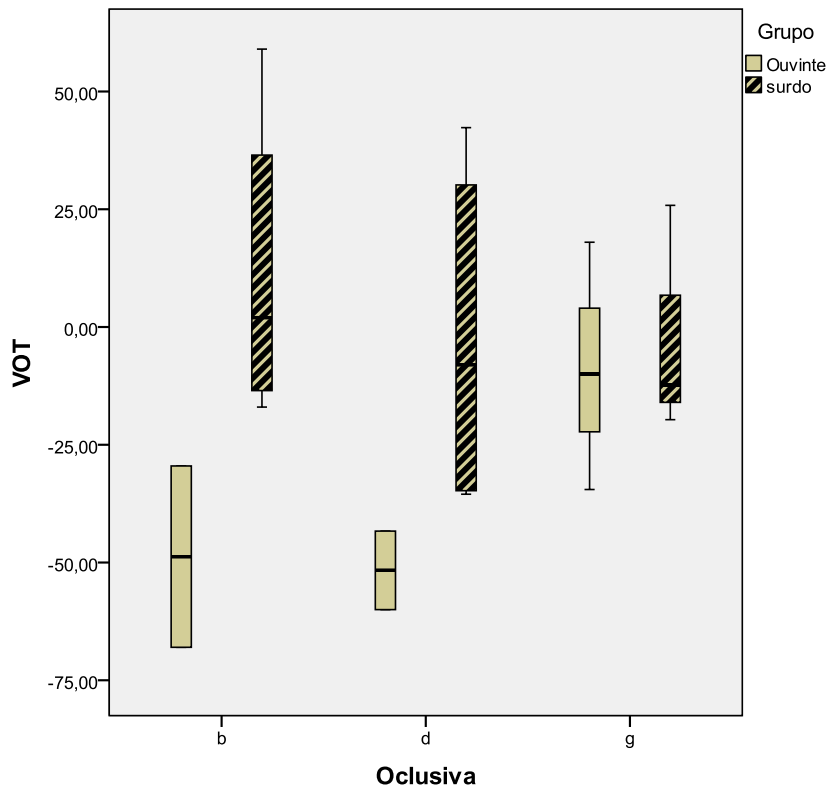


Figura 9: Box-plot do VOT (ms) das oclusivas vozeadas.

Bonnato (2007) refere que a existência de grande variância pode estar associada ao facto das crianças fazerem diferentes ajustes para produzir determinada oclusiva. O controlo neuromuscular (Bortolin et al., 1995) e a coordenação laríngea (Abramson, 1977; Bortolin et al., 1995) são factores que influenciam os valores de VOT. Estes factores têm tendência a melhorar à medida que aumenta a idade (Gerosa et al., 2006). Neste trabalho não foi possível analisar este aspecto (VOT vs idade cronológica) devido à amostra reduzida e à impossibilidade de obter valores de VOT para todas as oclusivas e em todos os informantes.

A literatura (Andrade, 1980; Barroco et al., 2007; Cho e Ladefoged, 1999; Viana, 1984) sugere que à medida que o ponto de articulação se posterioriza o VOT das oclusivas vozeadas também aumenta. Os resultados obtidos para os ouvintes foram: VOT de [k] (média=41 ms) é maior do que VOT de [t] (média=33 ms) e este é maior que o VOT de [p] (média=28 ms). Para os informantes surdos os valores encontrados seguem a mesma tendência: VOT [k] (média=34 ms), VOT [t] (média=25 ms) e VOT [p] (média=25 ms). Apesar do resultado de [p] e [t] ser igual em valor absoluto, resultam de arredondamentos efectuados e o valor de [p] é inferior ao valor de [t]. Estes resultados evidenciam que as variações de pressão dentro da cavidade oral influenciam os valores de VOT (Cho e Ladefoged, 1999), contudo este não é o único factor a influenciar a duração do VOT. As características da vogal seguinte (à oclusiva) são factores que influenciam os valores de VOT (Lane e Perkell, 2005; Lousada et al., 2010).

A análise do VOT é mais complexa do que a simples medida da sua duração (Higgins et al., 1998; Lane e Perkell, 2005). Neste estudo apenas foi analisado o VOT, aspecto insuficiente para caracterizar a população surda relativamente a esta medida acústica.

## 4.2 Vogais

### 4.2.1 Duração

Neste trabalho foram produzidas vogais em contexto inicial e final à consoante oclusiva. As vogais produzidas em posição final foram apenas três /6/, /u/ e /E/. Pela análise do espectrograma verificou-se que em várias produções as vogais não se obtiveram formantes bem definidos, o que dificultou a aquisição de valores de formantes, por esta razão estas vogais não foram analisadas neste trabalho.

Ao analisar a Tabela 13 é possível verificar que o grupo dos surdos apresenta valores de duração para a vogal inicial (média=160+/-9,2 ms) superiores aos ouvintes (média=132+/-9,2 ms), facto que também é verificado no estudo de Coimbra (2009). Analisando as durações de cada vogal observamos que as vogais que apresentam maior duração são: no grupo dos ouvintes a vogal /o/ (média=142+/-44,4 ms) e no grupo dos surdos a vogal /O/ (média=204+/-11,6 ms). Comparando os valores com outros estudos para o PE (Escudero et al., 2009; Martins, 1975) verificamos que os valores obtidos são superiores às durações obtidas para a população adulta.

Utilizou-se a ANOVA para averiguar a existência, ou não, de diferenças estatisticamente significativas entre os factores e a respectiva interacção entre eles. Na Tabela 13 estão descritos os resultados (média e desvio padrão) da ANOVA. Verifica-se apenas a existência de diferenças significativas para o factor vogal ( $p=0,011$ ), entre o grupo não se encontraram diferenças ( $p=0,076$ ), embora esteja próximo do valor de alfa. Da interacção entre os dois factores também não se verifica qualquer nível de significância estatística ( $p=0,849$ ).

Duração (ms)		Capacidade Auditiva		
Vogal		Ouvinte N=4	Surdo N=4	Total
[i]	Média	103	120	111
	DP	24,1	19	22,1
[e]	Média	154	166	160
	DP	37,7	32,9	33,4
[E]	Média	138	165	152
	DP	30,6	39,8	35,9
[a]	Média	136	146	141
	DP	30,9	12,1	22,3
[O]	Média	138	204	171
	DP	29,9	11,6	41
[o]	Média	142	161	151
	DP	44,4	24	34,6
[u]	Média	112	156	134
	DP	32,8	64,3	52,6
Total	Média	132	160	
	DP	9,2	9,2	
Factor: Vogal (F (6,36) =3,27; $p=0,011$ ; $R_p^2=0,35$ )				
Factor: Capacidade Auditiva (F (1,6) =4,58; $p=0,076$ ; $R_p^2=0,43$ )				
Interacção dos factores (F (6,36) =0,89; $p=0,510$ ; $R_p^2=0,13$ )				

Tabela 13: ANOVA mista de dois factores para o parâmetro duração; DP – Desvio Padrão.

## 4.2.2 Frequência das formantes

Pela análise da Tabela 14 verifica-se que os ouvintes apresentam valores de f1 (média=542+/-34,2 Hz) inferiores aos surdos (média=580+/-34,2 Hz). A vogal /O/ é a única onde o valor de f1 é superior no grupo dos ouvintes. Os resultados revelam valores de f1 para a vogal baixa /a/ mais altos que as vogais altas /i/ e /u/, aspecto verificado nos dois grupos de informantes. Estes resultados são semelhantes aos de Martins (1973) e Escudero et al. (2009).

Foi calculada uma ANOVA mista de dois factores, a fim de averiguar as diferenças entre os factores e a respectiva interacção entre eles. Importa referir que para a vogal /E/ não se verificou a homogeneidade das variâncias (Teste de Levene: p =0,001). Os resultados da ANOVA (ver Tabela 14) mostram que apenas existem diferenças significativas para o factor vogal (p=0,000). Este resultado reflecte a influência da altura da língua nos valores de f1 (Escudero et al., 2009).

f1 (Hz)		Capacidade Auditiva		
Vogal		Ouvinte N=4	Surdo N=4	Total
[i]	Média	382	458	420
	DP	72,5	157,9	120,7
[e]	Média	470	528	499
	DP	75,9	132	104,4
[E]	Média	608	653	630
	DP	59,7	160,5	114,7
[a]	Média	767	823	795
	DP	228,7	97,8	165,6
[O]	Média	669	583	626
	DP	81,1	186,7	140,9
[o]	Média	486	585	536
	DP	144,6	62,6	115,9
[u]	Média	412	434	423
	DP	127,7	99,5	106,6
Total	Média	542	580	
	DP	34,2	34,2	
Factor: Vogal (F (6,36) =9,98; p=0,000; $R_p^2$ =0,62)				
Factor: Capacidade Auditiva (F (1,6) =0,63; p=0,457; $R_p^2$ =0,09)				
Interacção dos factores (F (6,36) =0,50; p=0,803; $R_p^2$ =0,07)				

Tabela 14: ANOVA mista de dois factores para f1; DP – Desvio Padrão.

Analisando a Tabela 15 verificamos que a média de valores de f2 é semelhante. Contudo é no grupo dos ouvintes onde se observam valores superiores de f2 (média=1855+/-64,2 Hz). O grupo dos surdos apresenta valores inferiores (média=1836+/-64,2 Hz). Na aplicação da ANOVA para o parâmetro f2 não foi possível assumir a esfericidade (Teste de Mauchly), dessa forma escolheu-se o épsilon mais próximo de 1 (Howell, 2007). Realizando uma análise exploratória dos resultados é possível verificar que apenas existe efeito significativo do factor vogal (p=0,000).

f2 (Hz)		Capacidade Auditiva		
Vogal		Ouvinte N=4	Surdo N=4	Total
[i]	Média	2532	2187	2359
	DP	323,7	160	299,9
[e]	Média	2295	1983	2139
	DP	362,3	191,2	315,8
[E]	Média	2253	2235	2244
	DP	213,1	333,9	259,4
[a]	Média	1756	1842	1799
	DP	128,7	108,3	119,3
[O]	Média	1496	1722	1609
	DP	158,4	185,7	200,2
[o]	Média	1372	1506	1440
	DP	378,9	152,9	277,2
[u]	Média	1216	1374	1295
	DP	363,5	298,3	319,3
Total	Média	1855	1836	
	DP	64,2	64,2	
Factor: Vogal (F (6,36) =24,81; p=0,000; $R_p^2=0,80$ ) Factor: Capacidade Auditiva (F (1,6) =0,04; p=0,843; $R_p^2=0,007$ ) Interação dos factores (F (6,36) =1,86; p =0,115; $R_p^2=0,23$ )				

Tabela 15: ANOVA mista de dois factores para f2; DP – Desvio Padrão.

As frequências das formantes que caracterizam as diferentes vogais são o resultado de diferentes formas do tracto vocal (Ladefoged, 2006). f1 é o resultado da influência da altura da língua e f2 depende do deslocamento antero-posterior da língua e arredondamento dos lábios. A relação entre as duas primeiras formantes (f1 e f2) foi descrita em alguns estudos do PE (Escudero et al., 2009; Martins, 1973) que relacionam estes dois parâmetros acústicos.

Neste trabalho a relação f1-f2 é apresentada na Figura 10. Pela análise geral podemos observar um aumento de f1 de /i/ a /a/ e uma diminuição à medida que se progride para /u/. Esta tendência também se verificou nos estudos realizados em PE. A variação de f2 revela, para os ouvintes, uma diminuição nos valores ao longo desta sequência de vogais. Contudo nos informantes surdos a vogal /E/ apresenta valores superiores à vogal /e/.

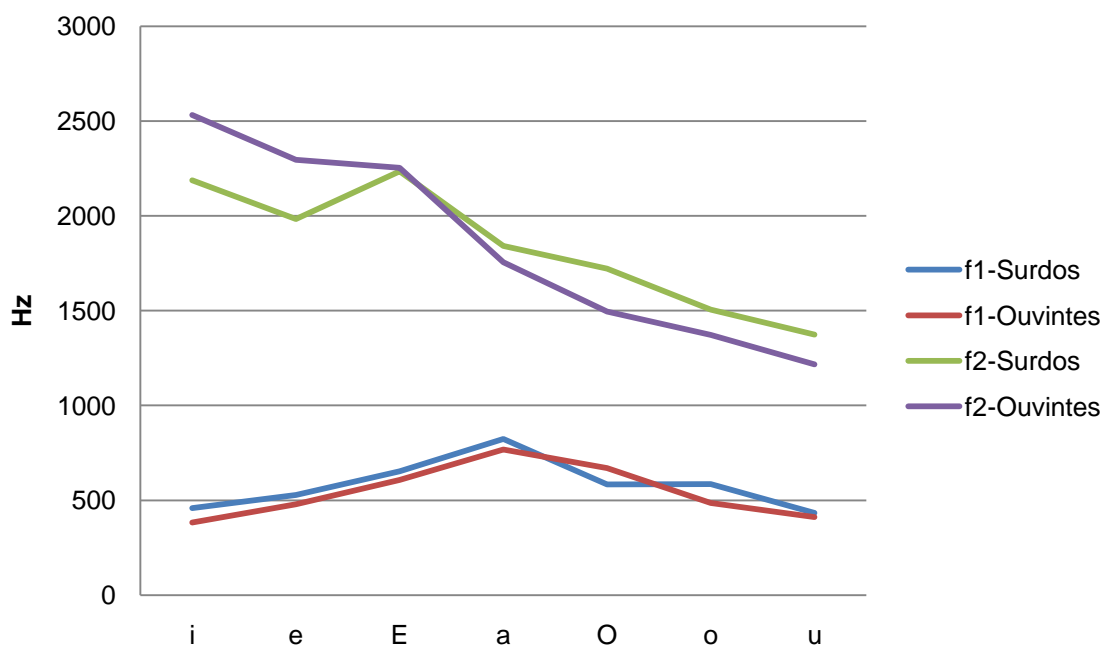


Figura 10: Relação f1-f2 dos informantes normo-ouvintes e surdos.

Comparando os resultados obtidos com os resultados dos estudos em PE (Escudero et al., 2009; Martins, 1973) verificamos que os resultados seguem a mesma tendência.

#### 4.2.3 Espaço das vogais

Segundo Perkell et al. (2007) a criança com IC apresenta uma distância inter-vocálica menor e uma maior dispersão intravocálica.

Para analisar o espaço das vogais de cada grupo de informantes foi utilizado o programa *Matlab R2007b*, onde se gerou o espaço das vogais com base nos valores médios de produção das vogais /i/, /a/, /O/ e /u/. Utilizaram-se estas vogais pois são representativas das diferentes posições da língua. Vogais anteriores e recuadas que representam o avanço e recuo da língua. Vogais altas, médias e baixas que representam a altura do dorso. O espaço das vogais foi construído com base na escala de Bark, onde intervalos iguais de “pitch” (correlato perceptivo de F0) representam iguais distâncias ao longo da escala (Ladefoged, 2006).

Ao analisar o espaço das vogais gerado por cada grupo de informantes pode verificar-se (Figura 11 e Tabela 16) maior dispersão intra-vocálica no grupo dos surdos para as vogais /i/ e /u/ comparativamente ao grupo dos ouvintes (ver Figura 12 e Tabela 16). Relativamente à distância inter-vocálica verifica-se menor distância no grupo dos surdos. Ambos os resultados são concordantes com os resultados de Perkell et al (2007). Coimbra (2009) analisou o espaço das vogais em informantes ouvintes e surdos mas os resultados apresentados nem sempre seguiram as tendências referidas anteriormente.

Vogal	Capacidade Auditiva	F1 (Hz)	F2 (Hz)
/i/	Ouvinte	379	2553
	Surdo	458	2187
/a/	Ouvinte	767	1756
	Surdo	842	1836
/o/	Ouvinte	671	1482
	Surdo	583	1722
/u/	Ouvinte	501	1635
	Surdo	501	1421

Tabela 16: Valores médios das formantes para as vogais usadas na construção do espaço das vogais.

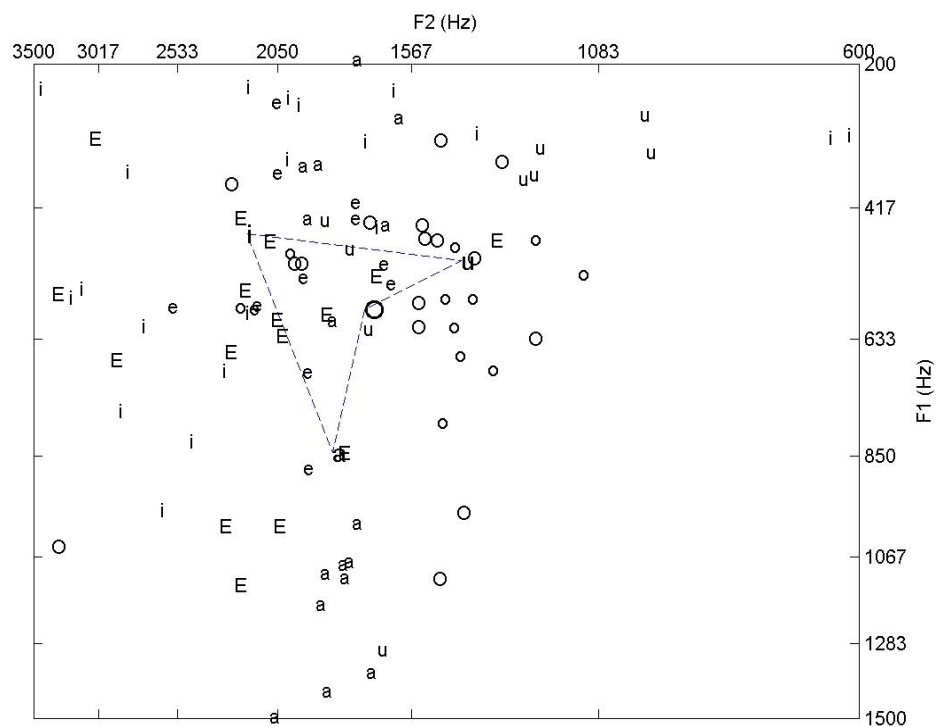


Figura 11: Espaço das vogais para informantes surdos.

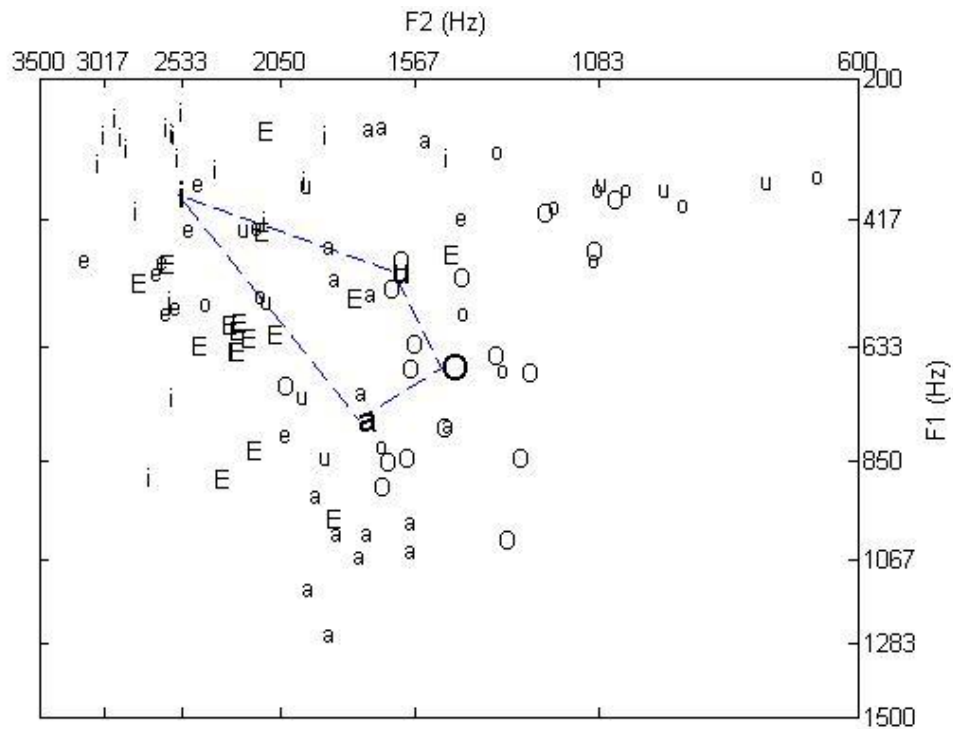


Figura 12: Espaço das vogais para informantes ouvintes.

### 4.3 Qualidade vocal

O valor de F0 refere-se a uma medida física da frequência de vibração das pregas vocais. O Jitter (variações no período fundamental) e o Shimmer (variações da amplitude) são medidas de perturbação do sinal de voz (Kent e Read, 2002). Nesta secção serão analisadas as diferenças relativas aos parâmetros de F0, Jitter e Shimmer entre os grupos de informantes.

Como foi possível verificar pela revisão da literatura as crianças com IC apresentam uma tendência para produzir segmentos de fala mais longos, com valores superiores de F0.

Pela análise da Tabela 17 verificamos que o grupo dos surdos apresenta valores de F0 superiores (média=264+/-13,6 Hz) comparativamente aos ouvintes (média=234+/-13,6 Hz), contudo esta diferença não é estatisticamente significativa (p=0,179). A realização do teste ANOVA mostra que apenas existem diferenças significativas para o factor vogal (p=0,002).

F0 (Hz)		Capacidade Auditiva		
Vogal		Ouvinte N=4	Surdo N=4	Total
[i]	Média	259	299	279
	DP	35,4	49,1	45,1
[e]	Média	228	259	244
	DP	51,9	31,1	42,9
[E]	Média	245	271	258
	DP	33	39,7	35,9
[a]	Média	197	228	212
	DP	44	24,9	37,1
[O]	Média	259	258	259
	DP	41,7	31,1	34,2
[o]	Média	265	275	270
	DP	50,5	41	42,9
[u]	Média	187	257	222
	DP	36,6	53	56,4
Total	Média	234	264	
	DP	13,6	13,6	

Factor: Vogal (F (6,36) =4,39; p=0,002;  $R_p^2=0,42$ )  
Factor: Capacidade Auditiva (F (1,6) =2,31; p=0,179;  $R_p^2=0,27$ )  
Interação dos factores (F (6,36) =0,965; p =0,462;  $R_p^2=0,13$ )

Tabela 17: ANOVA mista de dois factores para o parâmetro F0; DP – Desvio Padrão.

Na realização da ANOVA para o parâmetro Jitter não se verificou, para a vogal /E/, uma distribuição normal dos resíduos. Pela análise da Tabela 18 verificamos que é nesta vogal que existe maior diferença entre os valores médios de Jitter. Analisando o total médio dos grupos é nos surdos que o valor de Jitter é superior (média =3,44%).

Jitter (%)		Capacidade Auditiva		
Vogal		Ouvinte N=4	Surdo N=4	Total
[i]	Média	3,93	4,2	4,06
	DP	1,89	4,22	3,03
[e]	Média	5,34	3,41	4,37
	DP	3,81	3,46	3,52
[E]	Média	1,05	8,65	4,85
	DP	1,09	16,64	11,64
[a]	Média	1,23	0,43	0,83
	DP	1,12	0,86	1,02
[O]	Média	1,05	0,85	0,95
	DP	0,48	0,73	0,58
[o]	Média	4,51	1,21	2,86
	DP	7,35	0,73	5,14
[u]	Média	4,08	5,32	4,7
	DP	5,39	3,42	4,23
Total	Média	3,03	3,44	
	DP	0,99	0,99	
<p>Factor: Vogal (F (6,36) = 0,77; p=0,595; <math>R_p^2</math> =0,11)</p> <p>Factor: Capacidade Auditiva (F (1,6) = 0,08; p= 0,779; <math>R_p^2</math> = 0,01)</p> <p>Interacção dos factores (F (6,36) = 0,79; p=0,58; <math>R_p^2</math> = 0,12)</p>				

Tabela 18: ANOVA mista de dois factores para o parâmetro Jitter; DP – Desvio Padrão.

Para o parâmetro Shimmer (ver Tabela 19) não se verificaram diferenças significativas nos factores nem na sua interacção. Neste parâmetro foi no grupo dos ouvintes onde se verificaram os valores superiores (média =5,22%).

Shimmer (%)		Capacidade Auditiva		
Vogal		Ouvinte N=4	Surdo N=4	Total
[i]	Média	4,09	4,41	4,25
	DP	2,4	2,13	2,11
[e]	Média	13,57	5,04	9,3
	DP	13,66	3,46	10,29
[E]	Média	1,68	2,45	2,06
	DP	0,48	2,23	1,55
[a]	Média	6,57	0,91	3,74
	DP	5,63	1,83	4,91
[O]	Média	2	3,54	2,77
	DP	1,64	2,49	2,11
[o]	Média	6,39	4,3	5,34
	DP	5,73	3,6	4,57
[u]	Média	2,29	6,13	4,2
	DP	1,54	2,42	2,78
Total	Média	5,22	3,82	
	DP	1,19	1,19	
<p>Factor: Vogal (F (6,36) =2,30; p=0,055; <math>R_p^2=0,27</math>)</p> <p>Factor: Capacidade Auditiva (F (1,6) =0,691; p=0,438; <math>R_p^2=0,10</math>)</p> <p>Interacção dos factores (F (6,36) =1,94; p =0,99; <math>R_p^2=0,24</math>)</p>				

Tabela 19: ANOVA mista de dois factores para o parâmetro Shimmer; DP – Desvio Padrão.



# 5 Conclusões

## 5.1 Introdução

Este trabalho teve como objectivo geral a análise da produção de fala em crianças surdas com implante coclear. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica onde se procurou conhecer mais sobre os vários aspectos acústicos da produção de fala. Para se compararem os dados revistos na literatura com os dados do trabalho foi criado um corpus, recorrendo a imagens, de forma a poder analisar as consoantes oclusivas e as vogais do PE. A amostra deste estudo foi constituída por dois grupos tendo como factor de distinção a capacidade auditiva: surdos com implante coclear e normo-ouvintes. Procurou fazer-se uma comparação entre os dois grupos e com a literatura. Com a realização deste trabalho contribuiu-se para o conhecimento científico das características de produção de fala das crianças falantes de PE.

## 5.2 Conclusões

No que diz respeito à investigação da produção de fala o primeiro aspecto a ser analisado foi a ocorrência do desvozeamento, como fenómeno acústico, associado à produção de oclusivas vozeadas. Verificou-se que o desvozeamento aumenta com a posteriorização do ponto de articulação.

Na análise das características acústicas das consoantes oclusivas obtiveram-se valores de duração e de VOT. Na duração verificaram-se diferenças significativas entre as durações das oclusivas produzidas pelos dois grupos de informantes. Em média, as durações foram superiores para oclusivas não vozeadas, resultado em consonância com os vários estudos realizados no PE. Os resultados obtidos para o VOT estão em consonância com os valores conhecidos para o PE (e.g., valores positivos para oclusivas não vozeadas). Entre os grupos de informantes observaram-se diferenças consideráveis nas variâncias dos grupos. Na relação do VOT com o ponto de articulação, para oclusivas não vozeadas, verificou-se uma tendência de aumento à medida que o ponto de articulação se posterioriza.

Para a análise das vogais analisaram-se os parâmetros de duração, f1, f2, F0, Jitter e Shimmer. De acordo com os resultados obtidos verificaram-se diferenças nos valores médios entre ouvintes e surdos mas não se verificaram diferenças significativas entre os grupos. No estudo sobre a relação entre f1/f2 e sobre o espaço das vogais foi verificado uma tendência semelhante às que foram referidas nos estudos de PE. O espaço das vogais dos indivíduos surdos apresentou maior dispersão intra-vocálica para as vogais /i/ e /u/ e menor distância inter-vocálica. Relativamente à qualidade vocal foi observado na população surda um aumento do valor médio de F0 em todas as vogais, resultado esperado de acordo com a literatura. Apesar das diferenças nos valores médios entre os grupos não foram encontradas diferenças estatísticas entre os mesmos.

A realização deste estudo permitiu descrever características acústicas da produção de fala em crianças surdas com implante coclear. Com base nos resultados obtidos pode concluir-se que as crianças surdas com implante coclear revelam algumas características de produção de oclusivas distintas dos seus pares normo-ouvintes. Para as vogais os indivíduos surdos parecem seguir um padrão de fala semelhante aos seus pares ouvintes.

### **5.3 Trabalho Futuro**

A análise da produção de fala em crianças surdas com implantes cocleares é uma área pouco estudada para a população portuguesa. A análise quantitativa e qualitativa é importante pois permite a criação de um conhecimento científico acerca das características desta população. Este trabalho apenas incidiu em aspectos quantitativos e a amostra utilizada foi reduzida. No futuro será importante aumentar o tamanho da amostra de forma a poder generalizar os resultados obtidos para a população portuguesa, bem como a realização de estudos perceptivos das produções de fala.

# Bibliografia

- Abramson, A. S. (1977). Laryngeal timing in consonant distinctions. *Phonetica*, 34, 295-303.
- Andrade, A. (1980). Estudos experimentais aerodinâmicos, acústicos e palatográficos do vozeamento nas consoantes. Centro de Linguística da Universidade de Lisboa.
- ASHA. (2009). American Speech Language Hearing Association: Effects of Hearing Loss on Development. Rockville: American Speech-Language-Hearing Association (ASHA).
- Assunção, V. (2008). A aquisição das consoantes oclusivas, no português europeu em crianças dos 24 aos 36 meses. Relatório de Projecto da Pós-graduação em Educação Especial. Porto: Escola Superior de Educação de Paula Frassinetti.
- Barroco, M. A. L., Domingues, M. T. P., Pires, M. F., Lousada, M., e Jesus, L. M. T. (2007). Análise Temporal das Oclusivas do Português Europeu: Um estudo de caso de normalidade e perturbação fonológica *Revista CEFAC*, 9(2), 154-163.
- Boltezar, I. H., Vatovec, J., Gros, A., e Zargi, M. (2005). The influence of cochlear implantation on some voice parameters. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 69, 1635 -1640.
- Bonato, M. T. R. L. (2007). A Produção de Plosivas por Crianças de Três Anos Falantes do Português Brasileiro. *Revista CEFAC*, 9(2), 199-206.
- Bortolin, U., Zmarich, C., Fior, R., e Bonifacio, S. (1995). Word-initial voicing in the productions of stops in normal and preterm Italian infants. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 31, 191-206.
- Bouchard, M. E. G., Le Normand, M. T., e Cohen, H. (2007). Production of consonants by prelinguistically deaf children with cochlear implants. *Clinical Linguistics e Phonetics*, 21(11), 875-884.
- Brunner, J., Fuchs, S., Perrier, P., e Kim, H. (2003). Mechanisms of contrasting Korean velar stops: A catalogue of acoustic and articulatory parameters. *Zas-papers in Linguistics*, 32, 15-30.
- Cho, T., e Ladefoged, P. (1999). Variation and universals in VOT: evidence from 18 languages. *Journal of Phonetics*, 27, 207-229.
- Coimbra, B. M. M. (2009). *Produção de Fala em Crianças Surdas com Implante Coclear*. Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Cukier, S., e Camargo, Z. (2005). Abordagem da Qualidade Vocal em Um Falante com Deficiência Auditiva: Aspectos Acústicos Relevantes do Sinal de Fala. *Revista CEFAC*, 7(1), 93-101.
- Dawson, P. W., Blamey, P. J., Dettman, S. J., Rowland, L. C., Barker, E. J., Tobey, E. A., et al. (1995). A clinical report on speech production of cochlear implant users. *Ear and Hearing*, 16(6), 551-561.
- Escudero, P., Boersma, P., Rauber, A. S., e Bion, R. A. H. (2009). A cross-dialect acoustic description of vowels: Brazilian and European Portuguese. *Journal Acoustical Society of America*, 126, 1379-1393.
- Forrest, K., e Rockman, B. K. (1988). Acoustic and perceptual analysis of word-initial stop consonants in phonologically disordered children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 31, 449-459.

- Gerosa, M., Giuliani, D., e Brugnara, F. (2007). Acoustic variability and automatic recognition of children's speech *Speech Communication*, 49 847-860.
- Gerosa, M., Lee, S., Giuliani, D., e Narayananc, S. (2006). *Analyzing Children's Speech: An Acoustic Study of Consonants and Consonants-Vowel Transition*. Paper presented at the Acoustics, Speech and Signal Processing, 2006.
- Gold, T. (1980). Speech production in hearing impaired children. *Journal of Communication Disorders*, 13, 397-418.
- Gósy, M. (2001). The VOT of the hungarian voiceless plosives in words and in spontaneous speech. *Internacional Journal of Speech Technology*, 4, 75-85.
- Higgins, M., Netsell, R., e Schulte, L. (1998). Vowel-Related Differences in Laryngeal Articulatory and Phonatory Function. *J Speech Lang Hear Res*, 41(4), 712-724.
- Higgins, M. B., McCleary, E. A., Carney, A. E., e Schulte, L. (2003). Longitudinal changes in children's speech and voice physiology after cochlear implantation. *Ear Hear*, 24.
- Hillenbrand, J., e Gayvert, R. T. (1993). Vowel Classification Based on Fundamental Frequency and Formant Frequencies. *J Speech Hear Res*, 36(4), 694-700.
- Howell, D. (2007). *Statistical Methods for Psychology* (4th ed.). Belmont: Wadsworth Publishing Company.
- Hudgins, C. V., e Numbers, F. C. (1942). An investigation of the intelligibility of the speech of deaf and normal subjects.
- Jesus, L. M. T., e Shadle, C. H. (2002). A parametric study of the spectral characteristics of European Portuguese fricatives. *Journal of Phonetics*, 30 (3), 437-464.
- Kent, R., e Read, C. (2002). *The acoustic analysis of speech* (2 ed.). Wisconsin Singular Thomson Learning.
- Koenig, L. (2001). Distributional Characteristics of VOT in Children's Voiceless Aspirated Stops and Interpretation of Developmental Trends. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44, 1058-1068.
- Ladefoged, P. (2006). *A Course In Phonetics* (5 ed.). Boston: Wadsworth, Cengage Learning.
- Lane, H., e Perkell, J. S. (2005). Control of Voice-Onset Time in the Absence oh Hearing: A Review. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 48, 1334-1343.
- Lima, R. (2003). *Desenvolvimento Fonológico Infantil no Norte de Portugal*. Salamanca.
- Ling, D. (1989). *Foundations of Spoken Language for Hearing-impaired Children*. Washington: Alexander Graham Bell Association for the Deaf and Hard of Hearing.
- Lisker, L., e Abramson, A. (1964). A cross-language study of voicing in initial stops: acoustical measurements. *Word*, 20, 384-422.
- Lousada, M. (2006). *Estudo da Produção de Oclusivas do Português Europeu*. Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Lousada, M., Jesus, L. M. T., e Hall, A. (2010). Temporal acoustic correlates of the voicing contrast in European Portuguese stops. *Journal of the International Phonetic Association*, 40(3), 261-275.
- Manrique, M., Cervera-Paz, F. J., Huarte, A., e Molina, M. (2004). Advantages of cochlear implantation in prelingual deaf children before 2 years of age when compared with later implantation. *Laryngoscope*, 114(8), 1462-1469.

- Markides, A. (1970). The speech of deaf and partially hearing children with special reference to factors affecting intelligibility. *British journal of disorders of communication*, 5, 126-140.
- Martins, M. R. D. (1973). Análise Acústica das Vogais Orais Tónicas em Português. *Boletim de Filologia*, 3, 303-314.
- Martins, M. R. D. (1975). Vogais e Consoantes do Português: estatística de ocorrências, duração e intensidade *Boletim de Filologia*, 1, 1-11.
- May-May, T. S. (1996). Acoustic analysis of word-initial stop consonants in profoundly hearing impaired speakers. University of Hong Kong, Hong Kong.
- Mendes, A., Afonso, E., Lousada, M., e Andrade, F. (2009). *Teste Fonético-Fonológico - ALPE*: Designeed, Lda.
- Monsen, R. B. (1974). Durational Aspects of Vowel Production in the Speech of Deaf Children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 17, 386-398.
- Ögüt, F., Kiliç, M., Engin, E., e Midilli, R. (2006). Voice onset time for turkish stop consonants. *Speech Communication*, 48, 1094-1099.
- Paul, P. V. (2001). *Language and Deafness* (3 ed.). Canada: Singular.
- Perkell, J. S., e Guenther, F. (2003). A Neural Model of Speech Production and its Applications to Studies of the Role of Auditory Feedback in Speech. . *Speech Motor Control in Normal and Disordered Speech*, 29-49.
- Perkell, S., Lane, H., Ménard, L., Polak, M., Denny, M., e Burton, E. (2007). Interactions of speaking condition and auditory feedback on vowel production in postlingually deaf adults with cochlear implants. *Journal Acoustical Society of America*, 121(6), 3790-3801.
- Peterson, G., e Lehiste, I. (1960). Duration of syllable Nuclei in English. *Journal of the Acoustical Society of America* 32(6), 693-703.
- Peterson, G., e Barney, H. (1952). Control methods used in a study of the vowels. *J. Acoust. Soc. Am.*, 24, 175-184.
- Prado, A. C. (2007). Principais Características da produção vocal do deficiente auditivo. *Revista CEFAC*, 9, 404-410.
- Quentin, S., e Mark, H. (1977). On the dissociation of spectral and temporal cues to the voicing distinction in initial stop consonants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 62(2), 435-448.
- Raphael, L., Borden, G., e Harris, K. (2007). *Speech Science Primer: Physiology, Acoustics, and Perception of Speech* (5 ed.). Philadelphia: Lippincott, Williams e Wilkins.
- Reis, M. J. R., Gil, T. M. S., e Franco, M. d. G. (2003). *Comunicação, Linguagem e Fala, Perturbações específicas em contexto escolar -Fundamentos-*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Ryalls, J., e Larouche, A. (1992). Acoustic integrity of speech production in children with moderate and severe hearing. *Journal of Speech and Hearing Research*, 35, 88-95.
- Serry, T. A., e Blamey, P. J. (1999). A 4-year Investigation Into Phonetic Inventory Development in Young Cochlear Implant Users. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 42, 141-154.
- Shipley, K., e McAfee, J. (2009). *Assessment In Speech-Language Pathology: A resource manual (4th Edition)* (4 ed.). New York: Delmar Cengage Learning.

- Sim-Sim, I. (1998). *Desenvolvimento da Linguagem*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Smith, C. R. (1975). Residual hearing and speech production in deaf children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 18, 795-811.
- Stoel-Gammon, C. (1988). Prelinguistic vocalizations of hearing-impaired and normally hearing subjects: a comparison of consonantal inventories. *Journal of Speech and Hearing Research*, 53, 302-315.
- Szyfter, W., Pruszewicz, A., Woznica, B., Swidzinski, P., Szymiec, E., e Karlik, M. (1996). The acoustic analysis of voice in patients with multi-channel cochlear implant. *Rev. Laryngol. Otol. Rhinol.*, 117(3), 225-227.
- Tait, M., De Raeve, L., e Nikolopoulos, T. P. (2007). Deaf children with cochlear implants before the age of 1 year: Comparison of preverbal communication with normally hearing children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 71, 1605-1611.
- Tye-Murray, N., Spencer, L., e Bedia, E. G. (1995). Relationship between speech production and speech perception skills in young cochlear implant users. *J. Acoust. Soc. Am.*, 98, 2454-2460.
- van Alphen, P., e Smits, R. (2004). Acoustical and perceptual analysis of the voicing distinction in Dutch initial plosives: the role of pre-voicing. *Journal of Phonetics*, 32(4), 455-491.
- Veloso, J. (1995). Aspectos da percepção das "oclusivas fricativadas" do Português: Contributo para a compreensão do processamento de contrastes alofónicos. Paper presented at the Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica
- Viana, M. (1984). Étude de deux aspects du consonantisme du Portugais: fricatisation et devoisement. Universidade de Estrasburgo.
- Viegas, F., Viegas, D., Atherino, C. C. T., e Baeck, H. E. (2010). Frequência fundamental das 7 vogais orais do português em vozes de crianças. *Revista CEFAC*, 12(4), 563-570.
- Watson, P. J., e Munson, B. (2007). *A Comparison of Vowel Acoustics Between Older and Younger Adults*. Paper presented at the International Congress of Phonetic Sciences.
- Weismer, G. (1979). Sensitivity of voice onset time (VOT) measures to certain segmental features in speech production. *Journal of Phonetics*, 7, 197-204.
- WHO. (2010). World Health Organization - Deafness and hearing impairment. Geneva: World Health Organization.
- Zlatin, M. A. (1974). Voicing contrast: Perceptual and productive voice onset time characteristics of adults. *Journal Acoustical Society of America*, 56, 981-994.
- Zlatin, M. A., e Koenigsnecht, R. A. (1976). Development of the voicing contrast: a comparison of voice onset time in stop perception and production. *Journal of Speech and Hearing Research*, 19, 93-111.