

Estudo do pré-vozeamento, frequência do *burst* e *locus* de F2 das oclusivas orais do português europeu

Marisa Lousada*, Paula Martins* e Luis M. T. Jesus**

*Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro e Secção Autónoma de Ciências da Saúde, Universidade de Aveiro

**Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro e Instituto de Engenharia Electrónica e Telemática de Aveiro (IEETA), Universidade de Aveiro

1. Introdução

As características das consoantes oclusivas orais do Português Europeu têm sido pouco estudadas. Estas consoantes diferem umas das outras nas suas propriedades acústicas, sendo o seu estudo um importante desafio. Pretendeu-se com a elaboração deste trabalho, descrever algumas características das oclusivas orais, não vozeadas /p, t, k/ e vozeadas /b, d, g/ através da análise acústica de palavras, produzidas por falantes do Português Europeu, contribuindo desta forma para o estudo destes sons e servindo de base para uma investigação mais aprofundada dos mesmos. As características analisadas neste estudo foram: 1) a existência de pré-vozeamento e respectiva duração; 2) a gama de frequências do *burst* e 3) o *locus* de F2.

2. Pré-vozeamento

Existem alguns parâmetros acústicos que parecem influenciar o vozeamento nas oclusivas. Alphen e Smits (2004) referem que é importante saber que parâmetros se correlacionam com a distinção do vozeamento e quais os mais marcantes na categorização/identificação pelo ouvinte, das diferentes oclusivas.

A distinção fonológica entre [+ vozeado] e [- vozeado] nas oclusivas tem sido um dos parâmetros mais estudados, em diferentes línguas. A maior parte das línguas contrasta estas duas classes fonémicas, mas a realização fonética desta distinção fonológica varia nas diferentes línguas. O momento em que as cordas vocais iniciam a vibração relativamente ao momento da *release*, designado por voice onset time (VOT) por Lisker e Abramson (1964) é importante nestas diferentes realizações acústicas (Alphen e Smits, 2004). Em algumas línguas existem três categorias de vozeamento nas oclusivas, respectivamente: vozeadas, não vozeadas não aspiradas e não vozeadas aspiradas. No Português, as oclusivas podem ser distinguidas a nível fonológico apenas entre [+ vozeadas] e [- vozeadas] (Mateus e Andrade, 2000).

Os estudos de Alphen e Smits (2004) para a Língua Neerlandesa serviram de motivação para esta investigação. Estes autores realizaram algumas experiências com o intuito de observar a variação na produção do pré-vozeamento nas oclusivas em posição inicial de palavra e saber até que ponto a presença ou ausência do pré-vozeamento e a sua duração é influenciada por alguns factores, respectivamente, a influência do género do falante, do ponto de articulação da oclusiva (bilabial vs. dental), do contexto da oclusiva (seguida de vogal vs. seguida de consoante), do tipo de item (palavra vs. não palavra) e de um factor lexical (alteração da oclusiva vozeada para o seu par não vozeado, resultando numa palavra ou numa não palavra). Relativamente ao género do falante e ao ponto de articulação, os autores tinham predições claras: uma vez que existem diferenças do tracto vocal entre homens/mulheres e sendo o volume do tracto vocal mais pequeno na mulher esperavam obter uma proporção mais pequena de palavras com pré-vozeamento nas mulheres comparativamente aos homens, o que estaria de acordo com alguns estudos já efectuados para a Língua Inglesa. O efeito do ponto de articulação na ocorrência do pré-vozeamento poderia ser explicado pelas diferenças em tamanho da superfície da parede do tracto vocal que participam na expansão passiva. Seria então de esperar uma maior frequência de pré-vozeamento (com maior duração) nas consoantes oclusivas bilabiais do que nas dentais. Alphen e Smits (2004) verificaram que 75% dos seus informantes produziram todas as oclusivas vozeadas com pré-vozeamento. Relativamente ao género do falante, e tal como esperavam, os falantes do género masculino produziram pré-vozeamento com mais frequência do que as mulheres. As oclusivas bilabiais foram produzidas mais frequentemente com pré-vozeamento do que as dentais. No entanto, a duração do pré-vozeamento apesar de variar em função do género e do ponto de articulação, não foi estatisticamente significativa. Verificaram também que o pré-vozeamento é produzido com mais frequência e com maior duração quando a oclusiva é seguida de vogal do que quando a oclusiva é seguida de consoante, o que poderá ser explicado pela diferença de volume da cavidade oral. Os factores lexicais parecem não ter tido qualquer efeito na produção de pré-vozeamento.

3. *Release burst*

Acusticamente a *release* é representada como um período curto de ruído (*burst*), associado a uma frequência central específica. A *release* da oclusiva é um dos fenómenos acústicos mais curtos do discurso. De acordo com Kent e Read (2002) a duração da *release* é de cerca de 10 ms para as oclusivas vozeadas e um pouco mais longo (sempre inferior a 30 ms) para as não vozeadas. Desta forma, uma análise da *release* só pode ser efectuada se a técnica utilizada possuir uma resolução temporal adequada (deverá ser possível analisar intervalos de 10 ms). Martins e Lousada (2005) mediram a duração da *release* para as oclusivas não vozeadas tendo obtido valores médios de 23 ms, 23 ms e 28 ms para [p], [t] e [k], respectivamente. Verificaram que a duração da *release* é superior nas velares relativamente às labiais e dentais. Estes dados

foram obtidos através da análise conjunta do espectrograma e sinal de electroglotografia, sendo estatisticamente significativos ($p < 0.05$).

O espectro de um sinal de ruído transitório varia consoante o ponto de articulação. A variação no espectro é atribuída ao facto do ruído transitório ser influenciado pelas características dos ressoadores definidos por cada configuração articulatória particular (Halle, Hughes e Radley, 1957). Assim, as oclusivas bilabiais têm predominantemente um *burst* associado às baixas frequências (500-1500Hz), as oclusivas dentais uma predominância nas altas-frequências (acima de 4000Hz) e as oclusivas velares são caracterizadas por um *burst* nas frequências médias (1500-4000Hz).

4. Locus de F2

A disparidade de padrões nas formantes de transição levaram os investigadores a procurar alguns princípios uniformizadores que pudessem relacionar as diferentes transições com cada ponto de articulação. Daqui resultou a teoria de que existe um *locus* acústico para cada ponto de articulação (Kent e Read, 2002; Borden, Harris e Raphael, 2003). Quando é produzida uma consoante oclusiva, o tracto vocal tem uma determinada forma que está associada a ressonâncias particulares, que mudam à medida que a sua configuração se altera para a produção da vogal seguinte. Uma vez que o local da oclusão para uma determinada oclusiva é aproximadamente o mesmo em vários contextos da vogal, é possível associar a algumas oclusivas uma determinada frequência inicial da transição de F2 (*locus* de F2). Kent e Read (2003, p.156) obtiveram os seguintes valores médios de *locus* de F2, para adultos do género masculino: 800Hz para as bilabiais, 1800Hz para as dentais e 3000Hz ou 1300 Hz para as velares. Segundo Kent e Read (2003), o *locus* varia significativamente consoante a vogal que segue a oclusiva.

5. Método

5.1. Corpus

Não foi criado um corpus específico para a execução deste trabalho. Utilizou-se parte do corpus de Jesus e Shadle (2002). Foram retiradas palavras do corpus 3 produzidas na frase “diga..... por favor”, donde foram seleccionadas palavras que contivessem oclusivas vozeadas e não vozeadas, em posição inicial de palavra e seguidas de vogais e palavras com oclusivas vozeadas em posição inicial de palavra seguidas de consoantes.

Utilizaram-se 3 informantes, LMTJ e CFGA (informantes masculinos) e ACC (informante feminino).

O corpora original foi gravado numa sala insonorizada, utilizando-se um microfone Bruel & Kjaer 4165 de ½ in, localizado a um metro de distância da boca e em frente aos informantes, encontrando-se ligado a um pré-amplificador Bruel & Kjaer 2639. Foi gravado o sinal acústico e o sinal de electroglotografia utilizando um DAT

Sony TCD-D7 de 16 bits com uma frequência de amostragem de 48 kHz (Jesus e Shadle, 2002).

5.2. Medidas

Para analisar os dados seleccionados, recorreu-se ao programa *Speech Filing System (SFS)*. Para cada palavra foi verificada a existência ou não de pré-vozeamento e determinada a sua duração. Foi considerada ausência de pré-vozeamento nos casos em que não se observou uma barra de energia de baixa frequência antes da *release* (figura 1) e existência de pré-vozeamento sempre que se observou esta barra de energia (figura 2).

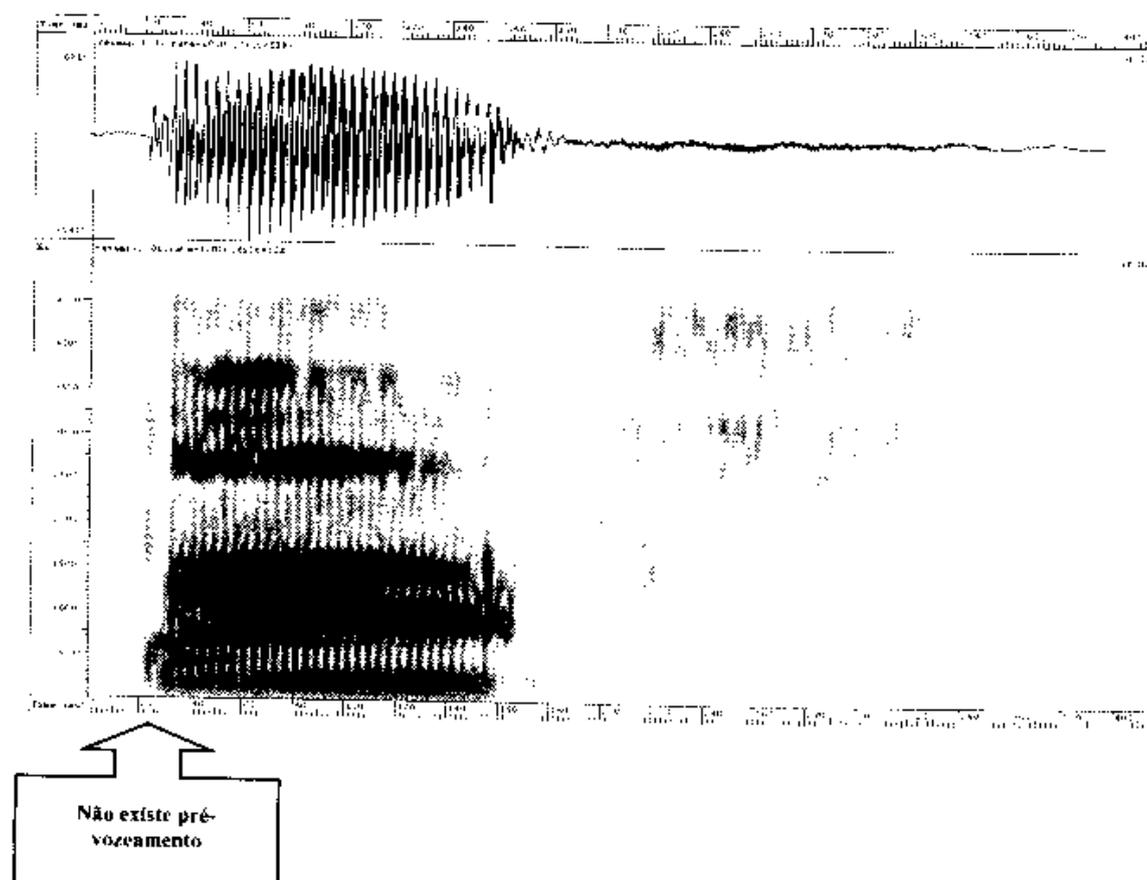


Figura 1 – Análise do pré-vozeamento numa palavra (bafo - [baf]) que contém uma oclusiva vozcada em posição inicial seguida de vogal.

O início do pré-vozeamento foi definido como o ponto no tempo que indica o final da vogal anterior (fim dum sinal acústico periódico) uma vez que, como já foi referido, todas as palavras foram produzidas no contexto de uma frase (figura 2). O final do pré-vozeamento foi marcado no ponto em que começou o ruído da *release*: pico abrupto na forma de onda do sinal acústico e barra vertical de ruído no espectrograma (Figura 2).

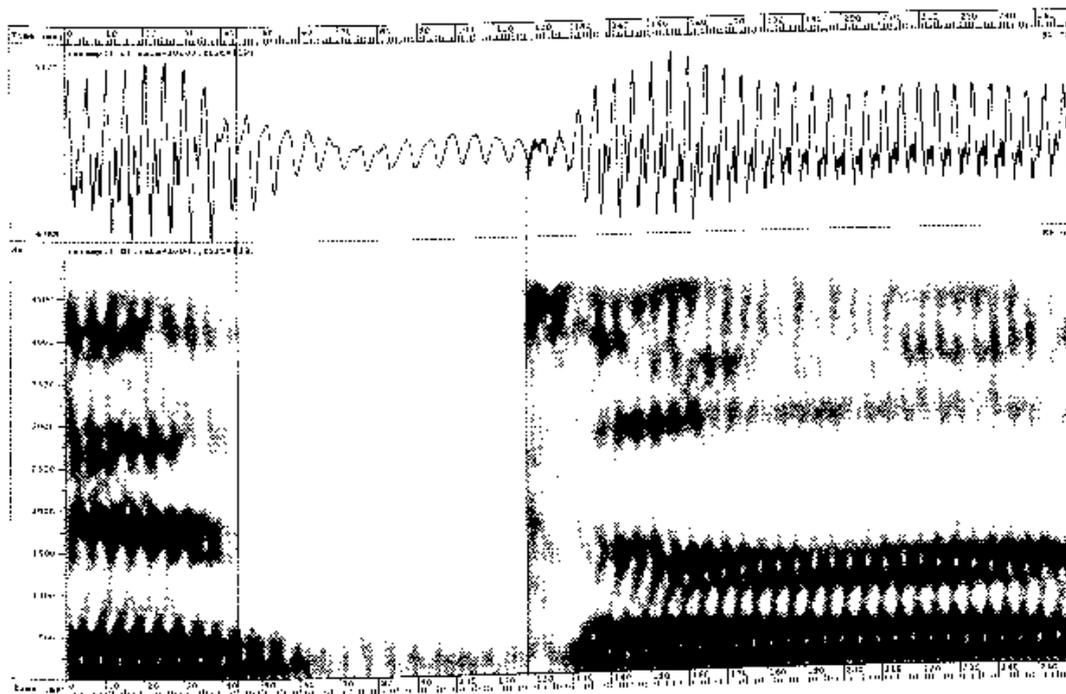


Figura 2 – Análise do pré-vozeamento na palavra (doze [doz@]) que contém uma oclusiva vozeada em posição inicial seguida de vogal. As linhas verticais indicam o início e o final do pré-vozeamento.

Para determinar as frequências do *burst* foram utilizados espectros e espectrogramas dos sinais (Lousada e Martins, 2005). A categorização foi feita por observação no espectrograma, de uma zona que corresponde à maior amplitude média (Figura 3).

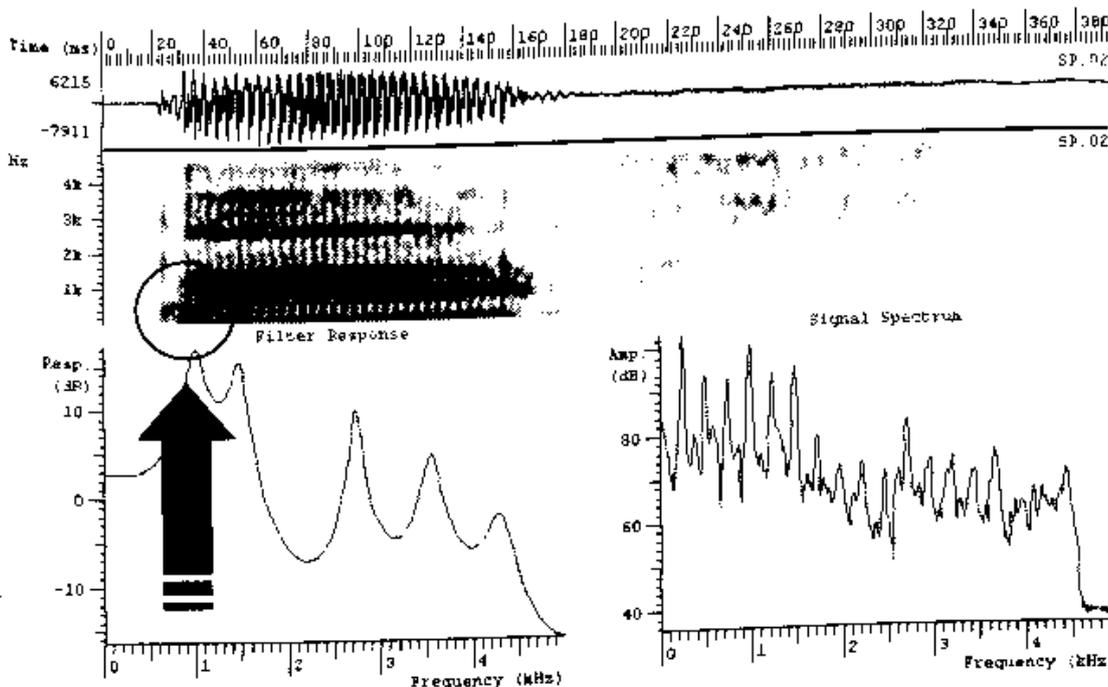


Figura 3 – Frequência do *burst* em oclusivas vozeadas bilabiais (palavra Bafo [baf].)

O *locus* de F2 foi determinado como o ponto inicial da transição da formante F2 da oclusiva para a vogal seguinte (Figura 4).

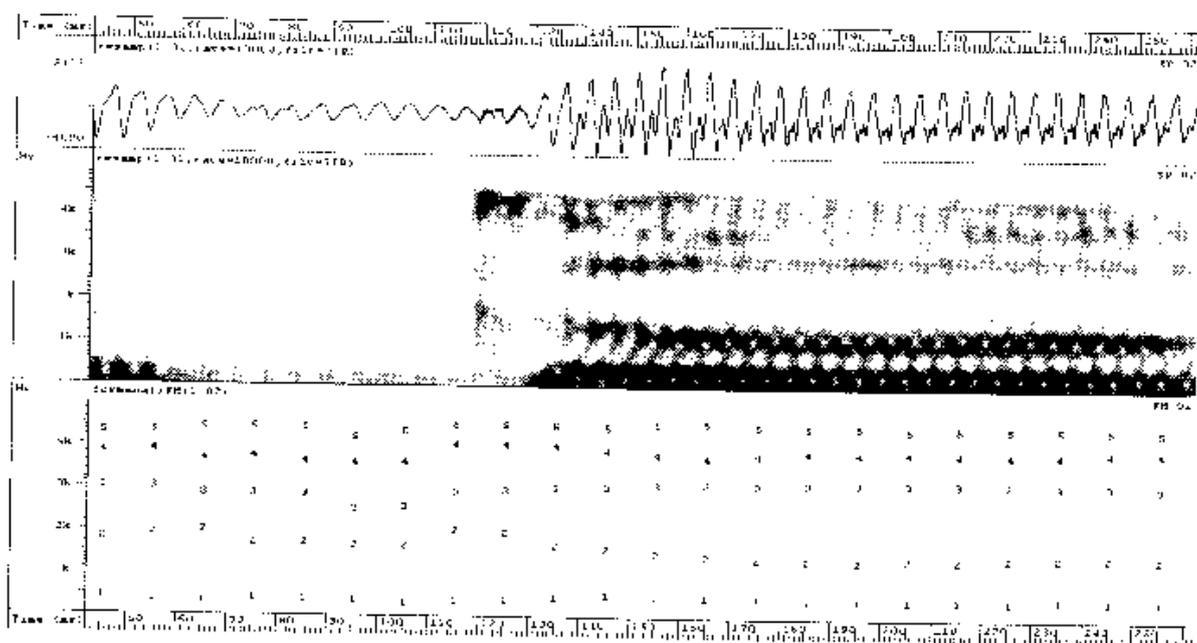


Figura 4 – *Locus* de F2 (1ª sílaba da palavra doze [ˈdoz]).

6. Resultados

Observou-se que não existe pré-vozeamento em algumas oclusivas vozeadas, em posição inicial de palavra seguidas de vogal (27% de todos os itens analisados). A duração média do pré-vozeamento foi maior nas oclusivas bilabiais (75 ms) do que nas dentais (56 ms) e nas velares (47 ms). No que diz respeito às diferenças entre géneros, verificou-se que os falantes do género masculino produziram 75% dos itens com pré-vozeamento e a falante do género feminino apenas 67%. Constatou-se também que nas oclusivas bilabiais a duração do pré-vozeamento foi maior quando precediam vogais do que quando precediam consoantes. Só foi possível fazer a análise, tendo em conta o contexto da oclusiva (seguida de vogal ou de consoante), para a oclusiva vozeada bilabial, pois no corpus só existiam estas situações (Quadros 1 e 2).

Voz.	Ponto de art.	Contexto	Corpus	Pré-vozeamento			
			Palavra/ Transcrição fonética	ACC	LMTJ	CFGGA	
Vozeadas	Bilab.	Vogal	Benefício [b@n@'fisju]	Não	Sim	Sim	
			Benéfico [b@'nEfiku]	Sim	Sim	Não	
			Bufa [buf6]	Não	Sim	Não	
			Bafo [bafu]	Não	Não	Sim	
		Cons.	Bravo ['bravu]	Sim	Sim	Sim	
			Brasil [br6'zil]	Sim	Sim	Sim	
	Dental	Vogal	Dever [d@'ver@]	Sim	Sim	Sim	
			Doze ['doz]	Sim	Sim	Sim	
			Doce [dos@]	Sim	Não	Não	
			Diz [diS]	Sim	Não	Sim	
			Velar	Garrafa [g6'Raf6]	Não	Sim	Sim
				Galhofa [g6'LOf6]	Sim	Sim	Sim
	Não vozeadas	Bilab.	Vogal	Passear [p6sj'ar]	Não	Não	Não
				Possa ['pOs6]	Não	Não	Não
Dental		Teve ['tev@]		Não	Não	Não	
		Tocha ['tOS6]		Não	Não	Não	
Velar		Café [K6'fE]		Não	Não	Não	
		Cave ['kav@]		Não	Não	Não	

Quadro 1 – Resultados: Pré-vozeamento.

Voz.	Ponto de art.	Contexto	Corpus	Duração			
			Palavra/ Transcrição fonética	ACC	LMTJ	CFGGA	
Vozeadas	Bilab.	Vogal	Benefício [b@n@'fisju]		0,0627	0,0810	
			Benéfico [b@'nEfiku]	0,079	0,0626		
			Bufa [buf6]		0,1053		
			Bafo [bafu]			0,0623	
		Cons.	Bravo ['bravu]	0,0773	0,0856	0,0353	
			Brasil [br6'zil]	0,0528	0,0817	*	
	Dental	Vogal	Dever [d@'ver@]	0,0559	0,0515	0,0273	
			Doze ['doz]	0,0742	0,0543	0,0356	
			Doce [dos@]	0,1053			
			Diz [diS]	0,0973		0,0436	
			Velar	Garrafa [g6'Raf6]		0,0681	0,0558
				Galhofa [g6'LOf6]	0,0671	0,0457	*
	Não vozeadas	Bilab.	Vogal	Passear [p6sj'ar]			
				Possa ['pOs6]			
Dental		Teve ['tev@]					
		Tocha ['tOS6]					
Velar		Café [K6'fE]					
		Cave ['kav@]					

* Difícil de analisar

Quadro 2 – Resultados: Duração do pré-vozeamento.

Em relação às frequências do *burst*, verificou-se que todas as oclusivas vozeadas bilabiais apresentam um *burst* nas frequências baixas (≈ 500 Hz). Todas as oclusivas velares, vozeadas e não vozeadas apresentam uma frequência do *burst* ao nível das frequências intermédias (≈ 2000 Hz). As dentais não vozeadas e algumas vozeadas nas altas-frequências (≈ 4000 Hz) e as bilabiais não vozeadas apresentam valores intermédios (≈ 1500 Hz). O Quadro 3 mostra os resultados obtidos da gama de frequências do *burst*.

Vozeamento	Ponto de articulação	Palavra/transcrição fonética	Frequência do <i>burst</i>
Vozeadas	Bilabial	Benefício [b@n@'fisju]	Baixas
		Benéfico [b@'nEfiku]	Baixas
		Bufa [buf6]	Baixas
		Bafo [bafu]	Baixas
	Dental	Dever [d@'ver@]	Não conclusivo
		Doze ['doz]	Altas
		Doce [dos@]	Altas
		Diz [diS]	Médias
	Velar	Garrafa [g6'Raf6]	Médias
		Galhofa [g6'LOf6]	Médias
Não vozeadas	Bilabial	Passoar [p6sj'ar]	Baixas
		Possa ['pOs6]	Médias
	Dental	Teve ['tev@]	Altas
		Tocha ['tOs6]	Altas
	Velar	Café [K6'fE]	Médias
		Cave ['kav@]	Médias

Quadro 3 – Resultados: Gama de frequências do *burst*.

Os resultados do *locus* de F2 encontram-se no Quadro 4. Como se pode observar não foi possível estabelecer um *locus* acústico para cada ponto de articulação.

Vozeamento	Ponto de articulação	Palavra/transcrição fonética	<i>Locus</i> de F2 (Hz)
Vozeadas	Bilabial	Benefício [b@n@'fisju]	1852
		Benéfico [b@'nEfiku]	1587
		Bufa [buf6]	959
		Bafo [bafu]	1852
	Dental	Dever [d@'ver@]	1951
		Doze ['doz]	2017
		Doce [dos@]	1620
		Diz [diS]	2447
	Velar	Garrafa [g6'Raf6]	2050
		Galhofa [g6'LOf6]	2282
Não vozeadas	Bilabial	Passoar [p6sj'ar]	1719
		Possa ['pOs6]	1587
	Dental	Teve ['tev@]	2249
		Tocha ['tOs6]	1787
	Velar	Café [K6'fE]	2149
		Cave ['kav@]	2183

Quadro 4 – Resultados: *Locus* de F2.

7. Conclusões

Os resultados obtidos relativos à existência ou não e duração do pré-vozeamento estão de acordo com o estudo de Alphen e Smits (2004), na medida em que estes autores verificaram: 1) ausência de pré-vozeamento em 25% de todas as oclusivas vozeadas; 2) influência do ponto de articulação na duração do pré-vozeamento (a duração nas bilabiais era superior à das dentais); 3) influência do género na existência do pré-vozeamento (os informantes do género masculino produziram itens com pré-vozeamento com mais frequência do que os informantes do género feminino); e 4) influência do contexto na duração do pré-vozeamento (a duração do pré-vozeamento foi maior quando as oclusivas bilabiais precediam vogais do que quando precediam consoantes).

Os resultados relativos à frequência do *burst*, para o Português Europeu e para os casos estudados estão de acordo com os obtidos por Halle, Hughes e Radley (1957) para a Língua Inglesa. No entanto, as oclusivas bilabiais não vozeadas apresentam valores intermédios de frequência o que difere dos dados fornecidos por Halle, Hughes e Radley (1957), podendo estar relacionado com o facto dos valores de referência, serem médias, o que tendo em conta a limitação de palavras do corpus em estudo, estes dados podem constituir as excepções e não a regra.

Relativamente aos resultados obtidos na determinação do *locus* de F2 e sabendo que a transição das formantes varia consoante o ponto de articulação da oclusiva e também em função da vogal que segue a oclusiva, foi difícil estabelecer padrões de *locus* de F2, uma vez que no corpus utilizado não se teve em conta estas variáveis. Também não podemos excluir a hipótese de a forma como se determinou o *locus* de F2, ter sido pouco precisa.

Como trabalho futuro, pretende-se criar um corpus e analisar os parâmetros acústicos que caracterizam as oclusivas do PE, nas diferentes posições da palavra em que podem ocorrer.

8. Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da disciplina de Produção e Percepção da Fala, da primeira edição (2004/2005) do Mestrado em Ciências da Fala e da Audição, Universidade de Aveiro.

9. Referências

- Alphen, P. & 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), pp. 455-491.
- Borden, G.; Harris, K. & Raphael, L. (2003) *Speech Science Primer: Physiology, Acoustics, and Perception of Speech* (Quarta Edição). Lippincott Williams & Wilkins.
- Halle, M.; Hughes, G. & Radley, J. (1957) Acoustic Properties of Stop Consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America* 29 (1), pp. 107-116.

- Jesus, L. & Shadle, C. (2002) A parametric study of spectral characteristics of European Portuguese fricatives. *Journal of Phonetics* 30 (3), pp. 437-464.
- Kent, R. & Read, C. (2002) The acoustic characteristics of consonants. In. *The acoustic analysis of speech*. San Diego: Singular, pp.139-188.
- Lisker, L., & Abramson, A. (1964). A Cross-language study of voicing in initial stops: acoustical measurements. *Word*, 20, pp. 384-422.
- Lousada, M. e Martins, P. (2005) Características das consoantes oclusivas orais do Português Europeu. Relatório interno, Universidade de Aveiro.
- Martins, P. e Lousada, M., (2005) Duração das diferentes fases das oclusivas orais. Relatório interno, Universidade de Aveiro.
- Mateus, M. & Andrade, E. (2000). *The Phonology of Portuguese*. Oxford: Oxford University Press.