



**Universidade de Aveiro** Secção Autónoma de Ciências da Saúde

Ano 2013

Departamento de Línguas e Culturas

Departamento de Electrónica, Telecomunicações e  
Informática

**Luciana Patrícia  
Martins Nunes  
Pereira Albuquerque**

**ANÁLISE ACÚSTICA DAS VOGAIS ORAIS DE  
IDOSOS NO PORTUGUÊS EUROPEU**



**Universidade de Aveiro**  
**Ano 2013**

Secção Autónoma de Ciências da Saúde  
Departamento de Línguas e Culturas  
Departamento de Electrónica, Telecomunicações e  
Informática

**Luciana Patrícia  
Martins Nunes  
Pereira Albuquerque**

## **ANÁLISE ACÚSTICA DAS VOGAIS ORAIS DE IDOSOS NO PORTUGUÊS EUROPEU**

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 da Doutora Catarina Oliveira, Professora Adjunta da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro.

Para os meus estimados pais, Arlindo e Helena, e para o meu querido marido, Daniel, pelo seu apoio e dedicação incondicional.

## **o júri**

presidente

**Professor Doutor António Joaquim da Silva Teixeira**

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

**Professora Doutora Daniela Filipa Macedo Braga Moreira da Silva**

Microsoft, Redmond, USA

**Professora Doutora Catarina Alexandra Monteiro de Oliveira**

Professora Adjunta da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro (Orientadora)

## agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à Professora Catarina Oliveira, pela sua cuidadosa orientação e pela disponibilidade e motivação demonstradas durante todas as fases do Mestrado.

À *Microsoft Language Development Center* (MLDC) por ter cedido os dados que permitiram a realização deste estudo. E ainda, aos colaboradores da MLDC, nomeadamente ao João Freitas e à Ana Júdice, que prontamente se disponibilizaram a esclarecer quaisquer dúvidas relativas à base de dados.

À professora Daniela Figueiredo, pela informação disponibilizada. Ao professor António Teixeira pela sua colaboração na extração dos dados. Ao Professor Pedro Sá Couto por toda a sua disponibilidade e ajuda na análise estatística dos dados.

À Ana Isabel Martins e ao Yosvany Llerena Rodríguez, investigadores do Instituto de Engenharia Electrónica e Telemática de Aveiro, pela sua disponibilidade e colaboração.

A todos os idosos que, de forma indireta, colaboraram neste projeto como informantes, pela sua disponibilidade e altruísmo.

A toda a minha família, pelo seu apoio, carinho, confiança e força que me transmitiram durante todo o processo de realização deste trabalho. Em especial ao meu marido Daniel, pela sua ajuda e compreensão constantes. Aos meus amigos, em especial à Catarina e ao André, pela motivação nos momentos mais difíceis.

E a todas as outras pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

## palavras-chave

Vogais Orais, Análise Acústica, Idosos, Envelhecimento Vocal, Português Europeu.

## resumo

**Enquadramento:** Com o decorrer dos anos, fruto das alterações verificadas nas estruturas que participam na produção de fala, a qualidade vocal do indivíduo altera-se, com impacto ao nível dos parâmetros acústicos.

**Objetivo:** Este estudo tem como objetivo determinar a influência da idade, do género e do tipo de vogal na variação dos parâmetros acústicos (frequência fundamental (F0), primeiro formante (F1), segundo formante (F2) e duração) das vogais orais produzidas por idosos falantes do Português Europeu (PE).

**Método:** Os dados utilizados foram recolhidos pela *Microsoft Language Development Center* (MLDC) através da campanha "Doar a Voz". Da amostra selecionada fazem parte 78 informantes com idades compreendidas entre os 60 e os 90 anos, divididos em seis grupos de acordo com o género e a faixa etária. Foram analisadas todas as vogais em posição tónica e contexto de oclusivas e fricativas. As palavras que continham as vogais alvo foram anotadas manualmente no Praat e os parâmetros em análise foram extraídos de forma semiautomática.

**Resultados:** Em relação à idade, verificou-se que a duração é o único parâmetro que varia de forma significativa com o aumento dos anos, sendo os seus valores superiores nos indivíduos de [81-90] anos. No que concerne ao género, todos os parâmetros, exceto a duração, revelaram diferenças estatisticamente significativas, sendo os valores de F0, F1 e F2 superiores no género feminino. Os parâmetros acústicos também variam significativamente em função da vogal, permitindo distingui-las entre si. O F1 e o F2 são os que melhor permitem essa diferenciação. Quando comparados os resultados obtidos para os idosos com os referidos na literatura para os adultos do PE, observou-se que a F0 diminuiu no género feminino e aumentou no género masculino, com o envelhecimento. Quanto ao F1, observou-se um aumento generalizado nos idosos de ambos os géneros. Por outro lado, F2 aumentou nas vogais posteriores e diminuiu nas vogais anteriores. Em relação à duração, esta foi inferior nos idosos comparativamente aos adultos.

**Conclusão:** Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que os parâmetros F0, F1, F2 e duração variam com o envelhecimento. No entanto, o impacto da idade é diferente em cada parâmetro.

## keywords

Oral Vowels, Acoustic Analysis, Elderly, Vocal Aging, European Portuguese

## abstract

**Background:** With aging the vocal quality of the speaker changes due to speech production structural changes affecting the acoustic parameters.

**Objective:** The goal of this study is to determine the influence of age, gender and type of vowel in the acoustic parameters (fundamental frequency (F0), first formant (F1), second formant (F2) and duration) of the vowels produced by elderly speakers of European Portuguese.

**Method:** The data used was obtained by Microsoft Language Development Center (MLDC) through “Doar a Voz” campaign. The selected sample is composed by 78 speakers between 60 and 90 years old, the sample was divided into six groups according to their gender and age. All the vowels in stressed position and in plosive and fricative context were analysed. The words with target vowels were manually annotated in Praat and the parameters under analysis were semi-automatically extracted.

**Results:** Regarding the age, it was observed that duration is the only parameter that significantly changes with aging, the higher value was obtained for the age of [81-90]. Concerning the gender, all the parameters, except duration, present statistically significant differences, the maximum values for F0, F1 and F2 was observed in females. Moreover, the acoustic parameters also change significantly with the vowel, allowing to distinguish between them. F1 and F2 are those which best allow this differentiation. Comparing the results obtained with the ones referred in the literature for adult speakers of European Portuguese, F0 reduces for females and increases for males with aging. On the one hand, it was verified that F1 generally increases with aging. On the other hand, F2 only increases for back vowels, whereas, for front vowels, F2 decreases with aging. The comparison also reveals that duration is lower for elderly speaker than for adult speakers.

**Conclusion:** The results of this study show that the parameters F0, F1, F2 and duration change with aging. However, the impact of the age is different in each parameter.

# ÍNDICE

---

1.	INTRODUÇÃO .....	1
1.1.	Motivação do Estudo.....	1
1.2.	Objetivos .....	1
1.3.	Estrutura da Dissertação.....	1
2.	REVISÃO DA LITERATURA .....	3
2.1.	Envelhecimento Demográfico.....	3
2.2.	Envelhecimento Biológico, Psicológico e Social.....	3
2.3.	Envelhecimento Vocal .....	5
2.3.1.	Sistema Respiratório.....	5
2.3.2.	Sistema Fonatório.....	6
2.3.3.	Sistema Articulatório.....	8
2.4.	Qualidade Vocal .....	9
2.4.1.	Parâmetros acústicos da voz de idosos .....	10
2.4.1.1.	Frequência Fundamental.....	10
2.4.1.1.	Estabilidade Fonatória .....	11
2.4.1.2.	Frequência dos Formantes .....	13
2.4.1.3.	Duração.....	16
2.4.1.4.	Intensidade vocal .....	16
2.4.2.	Parâmetros acústicos das vogais orais no Português Europeu .....	17
3.	METODOLOGIA .....	19
3.1.	Obtenção dos dados.....	19
3.2.	<i>Corpus</i> .....	19
3.3.	Amostra .....	21
3.4.	Anotação.....	22
3.5.	Extração de dados.....	23
3.6.	Análise Estatística .....	23
4.	RESULTADOS .....	25
4.1.	Frequência Fundamental .....	25
4.2.	Frequência dos Formantes.....	26
4.2.1.	Primeiro Formante.....	30
4.2.2.	Segundo Formante.....	31
4.3.	Duração .....	32
5.	DISCUSSÃO .....	35
5.1.	Frequência Fundamental .....	35
5.2.	Frequência dos Formantes.....	37
5.2.1.	Primeiro Formante.....	38
5.2.2.	Segundo Formante.....	39
5.3.	Duração .....	40



6.	CONCLUSÃO.....	43
6.1.	Principais Resultados.....	43
6.2.	Limitações do Estudo.....	43
6.3.	Sugestões de Continuidade.....	44
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
	ANEXO A.....	51
	ANEXO B.....	55
	ANEXO C.....	57
	ANEXO D.....	59
	ANEXO E.....	61
	ANEXO F.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1: Fenda glótica fusiforme.....	8
Figura 2: F0 em função do género e da faixa etária para diferentes tipos de estímulos .....	11
Figura 3: Triângulo acústico das vogais de jovens adultos e idosos.....	14
Figura 4: Fluxograma que ilustra o modelo combinado das alterações de ressonância do trato vocal com o envelhecimento .....	15
Figura 5: F1 e F2 de mulheres (à esquerda) e homens (à direita) falantes do PE.....	18
Figura 6: Número de ocorrências de cada vogal nas 1434 palavras válidas do <i>corpus</i> .....	21
Figura 7: Distribuição dos informantes da amostra por região e faixa etária .....	21
Figura 8: Distribuição dos informantes válidos por género e faixa etária .....	22
Figura 9: Anotação no <i>software</i> Praat dos dois níveis: "palavra" e "fones" .....	22
Figura 10: Ocorrência de cada vogal no total dos informantes válidos versus ocorrência de cada vogal anotada .....	23
Figura 11: Média de F0 em função da vogal para cada grupo de informantes .....	26
Figura 12: Gráficos F1/F2 de todas as vogais produzidas pelos informantes, divididos por idade e género ...	27
Figura 13: Valores medianos de F1 e F2 do género feminino, por faixa etária.....	28
Figura 14: Valores medianos de F1 e F2 do género masculino, por faixa etária.....	29
Figura 15: Médias de F1 e F2 dos seis grupos de informantes .....	30
Figura 16: Duração média das vogais em função do género e da idade .....	33
Figura 17: Média da duração em função da vogal para cada grupo de informantes .....	34
Figura 18: Comparação das médias de F0 em função da vogal para os idosos e adultos.....	36
Figura 19: Comparação das médias do F1 e F2 dos falantes idosos e adultos .....	37
Figura 20: Gráficos F1/F2 dos informantes adultos e idosos do género feminino e masculino.....	38
Figura 21: Comparação das médias da duração em função da vogal para os idosos e adultos .....	42



## ÍNDICE DE TABELAS

---

Tabela 1: Medidas de capacidade vital de jovens e idosos de ambos os géneros.....	6
Tabela 2: Duração média das vogais (em ms) .....	16
Tabela 3: Parâmetros acústicos das vogais orais do PE.....	17
Tabela 4: Número de frases diferentes selecionadas e quantidade de fala pura recolhida para cada uma das categorias .....	20
Tabela 5: Informantes agrupados em três faixas etárias .....	22
Tabela 6: Resultados dos pressupostos para a validação da ANOVA de três fatores mistos.....	24
Tabela 7: Médias e desvios-padrão aritméticos de F0 (Hz) das vogais do PE produzidas por idosos de ambos os géneros .....	25
Tabela 8: Análise de variância de F0 em função do género, da idade, da vogal e da interação entre os fatores .....	25
Tabela 9: Médias e desvios-padrão aritméticos de F1 (Hz) das vogais do PE produzidas por idosos de ambos os géneros .....	30
Tabela 10: Análise de variância de F1 em função do género, da idade, da vogal e da interação entre os fatores .....	31
Tabela 11: Médias e desvios-padrão aritméticos de F2 (Hz) das vogais do PE produzidas por idosos de ambos os géneros .....	32
Tabela 12: Análise de variância de F2 em função do género, da idade, da vogal e da interação entre os fatores .....	32
Tabela 13: Médias e desvios-padrão aritméticos da duração (ms) das vogais do PE produzidas por idosos de ambos os géneros .....	33
Tabela 14: Análise de variância da duração em função do género, da idade, da vogal e da interação entre os fatores.....	33



# 1. INTRODUÇÃO

---

## 1.1. Motivação do Estudo

O aumento da esperança média de vida, um dos fatores do envelhecimento populacional, fomentou a preocupação e o interesse pela qualidade de vida dos idosos. Deste modo, os profissionais de saúde e a comunidade científica investem, cada vez mais, no desenvolvimento de aplicações tecnológicas direcionadas às necessidades desta população, por forma a fazer face às alterações decorrentes do envelhecimento e encorajar os idosos a manterem-se mais ativos, diminuindo a sua dependência de cuidadores e o seu isolamento social (Teixeira et al., 2009).

Contudo, muitas vezes, estas novas tecnologias apresentam interfaces pouco amigáveis que dificultam a interação entre os idosos e as máquinas. Deste modo, e tendo em conta as dificuldades de mobilidade e de visão muitas vezes associadas ao envelhecimento, a fala surge como a forma mais fácil e natural de interação humano-máquina (Júdice et al., 2010; Teixeira et al., 2009). No entanto, na atualidade os *softwares* de reconhecimento de fala têm dificuldade em reconhecer fala de idosos, possivelmente por esta apresentar características diferentes da fala de indivíduos adultos (Hämäläinen et al., 2012; Júdice et al., 2010), o que faz com que seja necessário adaptar os *softwares* de reconhecimento de fala a esta população, sendo, para isso, fundamental conhecer as características acústicas da fala de idosos.

Ao contrário do que acontece para outras línguas, em que as variações da fala relacionadas com a idade têm sido amplamente estudadas desde os anos 60 (Boone et al., 2010), para o Português Europeu (PE) apenas são conhecidas as características acústicas das vogais orais da população infantil (Cunha, 2011) e adulta (Costa, 2004; Escudero et al., 2009; Martins, 1973), não se verificando o mesmo relativamente à população idosa.

Assim, com este trabalho pretende-se contribuir para um melhor conhecimento das características acústicas da fala de idosos, de modo a obter, à semelhança do que acontece noutras línguas, dados sobre as variações dos parâmetros acústicos com o aumento da idade e envelhecimento do aparelho fonador. A realização deste estudo poderá, também, ser importante para caracterizar a norma esperada para os idosos falantes do PE, bem como para detetar desvios relativos à mesma, o que permitirá adequar a avaliação e a intervenção terapêutica, usando a análise acústica.

## 1.2. Objetivos

O aparelho fonador está em constantes alterações durante o envelhecimento, logo, é espectável, que estas alterações anatomofisiológicas tenham como consequência variações nos parâmetros acústicos da voz dos idosos.

Assim, este trabalho tem como objetivos:

1. Determinar a variação dos parâmetros acústicos (frequência fundamental (F0), dois primeiros formantes (F1 e F2) e duração) das vogais orais, de acordo com a idade;
2. Avaliar a influência do género do falante na variação de F0, F1, F2 e duração;
3. Estudar a influência do tipo de vogal na variação de F0, F1, F2 e duração.

Em suma, pretende-se identificar as alterações nas medidas acústicas com o decorrer da idade, procurando identificar se os parâmetros acústicos constituem um índice da idade vocal.

## 1.3. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação inicia-se com a apresentação das motivações para a realização deste estudo, assim como dos objetivos que o orientam. Ainda na Introdução, é apresentada a estrutura da dissertação.

Seguidamente, é efetuada uma revisão da literatura nacional e internacional no que se refere a: 1) envelhecimento demográfico; 2) envelhecimento biológico, psicológico e social; 3) envelhecimento dos mecanismos de produção de fala; 4) parâmetros acústicos e alterações acústicas da voz de idosos.

No capítulo subsequente, é descrita a metodologia, mais concretamente a obtenção dos dados, o *corpus*, a caracterização da amostra e os métodos utilizados para a anotação, a extração de dados e a análise estatística.

Posteriormente, são apresentados os resultados obtidos para cada um dos parâmetros acústicos analisados e é efetuada a discussão desses mesmos resultados, contrapondo-os com os obtidos noutros estudos já publicados. Por fim, é apresentada a conclusão do estudo, as limitações do mesmo e algumas propostas para futuras investigações na área.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

---

### 2.1. Envelhecimento Demográfico

O envelhecimento demográfico é, ao mesmo tempo, um dos maiores triunfos e um dos maiores desafios da sociedade moderna. Enquanto desafio tem implicações na esfera socioeconómica, com modificações que se refletem a nível individual e em novos estilos de vida (Carrilho & Gonçalves, 2004; World Health Organization, 2002).

De um modo geral, nos países desenvolvidos, considera-se idosa uma pessoa com uma idade cronológica de 65 anos ou mais (World Health Organization, 2012). No entanto, este conceito não se adapta à situação dos países menos desenvolvidos. Muitas vezes, a idade a partir da qual uma pessoa é considerada idosa está associada à altura em que pode começar a receber os benefícios de pensão. Apesar de não haver nenhum critério *standard* da Organização das Nações Unidas (ONU), esta instituição adota os 60 anos ou mais para se referir à população idosa (World Health Organization, 2012).

A World Health Organization (2012) refere que “*there are commonly used definitions of old age, there is no general agreement on the age at which a person becomes old*”, ou seja, não há acordo quanto à idade mínima para se considerar uma pessoa idosa ou quanto à divisão de pessoas idosas em diferentes grupos etários (Redish & Chisnell, 2004). Bailey (2004) realizou uma revisão da literatura, no sentido de determinar “*how old is old?*” e sugeriu os seguintes intervalos: jovens – 18 a 39 anos; meia-idade – 40 aos 59 anos; **idosos** – 60 aos 74 anos; e **idosos velhos** – 75 ou mais anos de idade. Também com base na idade cronológica, Spirduso et al. (2005) categorizam a terceira idade em quatro fases: **idosos jovens** (65-74 anos), **idosos** (75-84 anos), **idosos velhos** (85-99 anos) e **idosos muito velhos** (100 ou mais anos de idade).

Segundo a Organização Mundial de Saúde, o envelhecimento da população corresponde ao declínio da proporção de crianças e jovens e ao aumento da proporção de pessoas com 60 ou mais anos (World Health Organization, 2002).

A nível mundial, a proporção de pessoas com mais de 60 anos está a crescer, resultado tanto do aumento da esperança média de vida, como do decréscimo das taxas de fecundidade (World Health Organization, 2012). O envelhecimento da população pode ser visto como um sucesso das políticas de saúde pública e do desenvolvimento socioeconómico, mas, ao mesmo tempo, desafia a sociedade a adaptar-se, de modo a maximizar a capacidade funcional e a saúde dos idosos (World Health Organization, 2012).

Em Portugal, a proporção de pessoas com 65 ou mais anos, nos últimos 50 anos, passou de 8% em 1960 (Carrilho & Gonçalves, 2004) para 19% em 2011 (INE, 2012). O índice de envelhecimento (i.e. número de idosos por cada 100 jovens) aumentou de 102 para 128 idosos por cada 100 jovens, entre 2001 e 2011 (INE, 2012). De acordo com as projeções demográficas, estima-se que esta proporção continue a aumentar nos próximos anos, representando, em 2050, 32% da população total (Gonçalves & Carrilho, 2007). Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE) (2009), em 2060, residirão em Portugal 271 idosos por cada 100 jovens.

### 2.2. Envelhecimento Biológico, Psicológico e Social

Não há uma idade única, a partir da qual uma pessoa passa a ser “velha”. Assim, para evitar uma ênfase indevida na idade cronológica, é importante pensar em cada pessoa como tendo várias idades diferentes (ex. biológica, psicológica e social) e reconhecer que os indivíduos podem ser “velhos” num domínio e “novos” noutra (Birren & Schaie, 2001).

O envelhecimento biológico, ou senescência, é um processo natural que se refere às transformações nas estruturas e funções do corpo, que com o tempo, reduzem a capacidade funcional dos sistemas de autorregulação, reparação e adaptação às exigências ambientais e diminuem a probabilidade de sobrevivência do indivíduo (Morales et al., 2010; Netto, 1996; Sataloff et al., 1997; Spar & La Rue, 1998).

O processo de envelhecimento é de natureza multifuncional e difere de indivíduo para indivíduo, uma vez que está relacionado com fatores genéticos e ambientais (Morales et al., 2010; Pickles et al., 2000). De um modo geral, entende-se que o envelhecimento primário reflete o limite intrínseco, possivelmente pré-



programado a nível genético, da longevidade celular. Já o envelhecimento secundário está relacionado com os efeitos acumulados das agressões ambientais, doenças e traumatismos (Spar & La Rue, 1998).

O envelhecimento provoca alterações ao nível dos tecidos, uma vez que a divisão celular é mais lenta nos idosos, as fibras de colagénio têm tendência a aumentar e a adquirir uma estrutura mais irregular. Consequentemente, os tecidos conjuntivos perdem flexibilidade e tornam-se mais frágeis, as fibras elásticas fragmentam-se, ligam-se aos iões cálcio e perdem elasticidade (Seeley et al., 2005). Estas alterações, a nível celular e dos tecidos, conduzem a alterações anatómicas que, por sua vez, levam a alterações na função corporal do idoso, afetando os vários sistemas do organismo (Anexo A) (Kart & Kinney, 2001; Netto, 1996; Pickles et al., 2000; Seeley et al., 2005; Spar & La Rue, 1998; Spirduso et al., 2005), o que resulta em alterações como a diminuição da integridade da pele, do controlo motor, da função sensorial, hormonal e da regulação do metabolismo (Seeley et al., 2005; Spirduso et al., 2005). Observam-se, ainda, alterações a nível da precisão, velocidade, resistência, estabilidade, força, coordenação, capacidade respiratória, velocidade de condução nervosa e no débito cardíaco (Spar & La Rue, 1998; Spirduso et al., 2005). Segundo Netto (1996), a função corporal, geralmente, apresenta um pico aos 30 anos de idade e a partir deste ponto, ocorre um declínio funcional de 1% por cada ano. No entanto, a velocidade e a extensão deste declínio variam muito entre os diversos tecidos e funções, e ainda, de indivíduo para indivíduo (Pickles et al., 2000).

Com o avançar da idade, e paralelamente às alterações neurossensoriais verificadas, o desempenho cognitivo apresenta, muitas vezes, modificações (Anexo B) (Moraes et al., 2010; Spar & La Rue, 1998). Devido à redução da capacidade funcional dos neurónios, ocorre diminuição do movimento voluntário, das sensações conscientes, dos reflexos, da memória e do sono (Seeley et al., 2005). De um modo geral, as capacidades cognitivas que sofrem um maior declínio com a idade são a memória de trabalho, a velocidade de raciocínio e as capacidades visuo-espaciais. Por outro lado, as que se mantêm estáveis até uma fase mais avançada do envelhecimento são a inteligência verbal, a atenção básica, a capacidade de cálculo e a maioria das capacidades linguísticas (Moraes et al., 2010; Spar & La Rue, 1998). No entanto, estas alterações podem ser variáveis e influenciadas pelo passado da própria pessoa, ou seja, pela sua experiência, educação, estado de saúde e motivação (Seeley et al., 2005).

Para além destas alterações, o envelhecimento traz ao ser humano um conjunto de alterações psicológicas. O envelhecimento psicológico não é naturalmente progressivo, nem ocorre inexoravelmente, como efeito da passagem do tempo, mas, sobretudo, do esforço pessoal contínuo na busca do autoconceito e do sentido da vida (Moraes et al., 2010). Segundo Netto (1996), com o passar dos anos, a pessoa depara-se com uma série de alterações significativas, como o aparecimento de doenças que deterioram a saúde, a viuvez, a morte de familiares e amigos próximos, o isolamento e as dificuldades financeiras, que afetam, muitas vezes, a autoestima da pessoa idosa e, por vezes, levam à depressão. Por outro lado, segundo Moraes et al. (2010), com o envelhecimento psicológico há uma redução da vulnerabilidade, tornando-se a pessoa idosa “suficientemente sábia para aceitar a realidade, tolerar a dor ou a perda da independência biológica” (Moraes et al., 2010, p. 70).

Paralelamente ao envelhecimento biológico e psicológico, ocorre o envelhecimento social (Birren & Schaie, 2001). Este corresponde às mudanças com origem nas forças sociais e às respostas dadas pelo indivíduo a essas forças (Simões, 1982). Ou seja, de um modo geral, na terceira idade, ocorrem alterações do estatuto laboral e financeiro da pessoa, principalmente aquando da sua entrada na idade da reforma (Spar & La Rue, 1998). No que respeita aos relacionamentos, os idosos tendem a possuir redes sociais mais pequenas e a manter contactos interpessoais menos frequentes (Birren & Schaie, 2001), atribuindo maior importância às relações com familiares e a amigas antigas (Birren & Schaie, 2001; Spar & La Rue, 1998). O facto das pessoas idosas manterem contacto frequentemente com amigos e confidentes é muito importante para o seu bem-estar e saúde mental. No entanto, as alterações anatomofisiológicas que vão surgindo com o envelhecimento são o maior obstáculo à manutenção destas amizades (Spar & La Rue, 1998).

Em suma, a pessoa idosa deve tentar ser flexível e adaptar-se às transformações que ocorrem a nível social, nomeadamente, à mudança de papéis na família, no trabalho e na sociedade, às perdas tanto a nível económico, como social, e ainda, à perda da sua própria independência e autonomia (Birren & Schaie, 2001;

Kart & Kinney, 2001; Spar & La Rue, 1998). De um modo geral, a pessoa idosa deve tentar adaptar-se ao novo estilo de vida para que as perdas que enfrenta a todos os níveis, biológico, cognitivo e social, sejam atenuadas.

### 2.3. Envelhecimento Vocal

A voz é um dos sistemas mais complexos da comunicação humana (Guimarães, 2007; Paulsen & Tillmann, 1998). Segundo Mendes et al. (2013, p.IX) “a voz humana resulta da atividade motora que é determinada por fatores genéticos, linguísticos, sociais e culturais. A sua produção envolve um processo aerodinâmico e biomecânico complexo que necessita da coordenação neuromuscular minuciosa e atempada de três sistemas anatómicos (respiratório, laríngeo e supralaríngeo)”. O seu estudo pode centrar-se em diversas etapas da vida: infância, puberdade, fase adulta e senescência. Esta diferenciação deve-se às modificações que ocorrem, ao longo do tempo, nas estruturas e funções do organismo, assim como nos órgãos responsáveis pela produção da voz (Netto, 1996).

Não existem órgãos cuja função seja apenas a produção de fala e durante este processo são utilizados órgãos essenciais à respiração e à digestão (Mateus et al., 2005; Moutinho, 2000). Ou seja, os órgãos que permitem produzir os sons da fala podem ser vistos como uma adaptação secundária dos aparelhos respiratório e digestivo (Moutinho, 2000).

Anatomicamente, o aparelho fonador pode ser dividido em três partes: cavidades subglotais (constituídas pelos pulmões), laringe (constituída pelas pregas vocais e pela glote) e cavidades supraglotais (constituídas pela faringe, trato oral e trato nasal) (Martins, 1992; Mateus et al., 2005; Moutinho, 2000; Stevens, 1998). Segundo Stevens (1998), durante a produção dos sons da fala, ocorre uma constrição nas vias aéreas ao nível das pregas vocais. De um modo geral, o sistema subglotal fornece energia (fluxo de ar) e as estruturas laríngeas e supraglóticas são responsáveis pela sua modulação, de forma a produzir os sons da fala (Moutinho, 2000; Stevens, 1998).

Tendo em conta a função de cada uma das partes do aparelho fonador, a produção de fala divide-se em três sistemas: respiratório, fonatório ou laríngeo e articulatório (Kent & Read, 2002; Mateus et al., 2005). Estes sistemas sofrem significativas alterações anatomofisiológicas no decorrer do envelhecimento, que podem contribuir para caracterizar a fala de idosos (Schötz, 2007; Xue & Hao, 2003; Xue et al., 1998).

#### 2.3.1. Sistema Respiratório

O sistema respiratório tem como principal função fornecer a ventilação necessária à sobrevivência do organismo e o ar necessário para a produção dos sons da fala (Barbosa, 1994; Guimarães, 2007; Mateus et al., 1990; Stevens, 1998).

A respiração envolve dois momentos distintos: a inspiração e a expiração (Kent & Read, 2002; Mateus et al., 2005; Zemlin, 2002). É durante a expiração que o fluxo de ar que advém dos pulmões, passa pela traqueia e, finalmente, pela laringe, sendo este o ponto de partida para a produção da maior parte dos sons e da fala (Mateus et al., 2005; Zemlin, 2002). A maioria dos sons das línguas, inclusive os do português, são produzidos durante a expiração, no entanto, o ar inspirado é responsável por alguns sons noutras línguas (Barbosa, 1994; Mateus et al., 2005).

O sistema respiratório atinge o seu desenvolvimento pleno logo após a puberdade, mas continua a mudar ao longo da fase adulta até à velhice (Linville, 2004; Schötz, 2007). As alterações mais frequentes, relacionadas com o envelhecimento, são: a calcificação da cartilagem torácica, a movimentação descendente dos pulmões no tórax e a diminuição da elasticidade da caixa torácica, pela perda de elasticidade das membranas pleurais, da cartilagem e das costelas (Boone et al., 2010; Huber & Spruill, 2008; Janssens, 2005; Linville, 2000, 2001, 2004; Mautner, 2011; Schötz, 2007; Seeley et al., 2005; Spirduso et al., 2005). Estas alterações levam ao aumento da rigidez do tórax e à diminuição da força muscular respiratória. Esta última diminui progressivamente a partir dos 65 anos de idade, apresentando um declínio mais acentuado no género masculino, comparativamente ao género feminino (Linville, 2001).

Com o envelhecimento, os pulmões tornam-se mais pequenos e leves e o tecido pulmonar perde elasticidade (Janssens, 2005; Linville, 2001). As paredes dos vasos sanguíneos dos pulmões espessam, os

canais alveolares e os bronquíolos de maior calibre aumentam de diâmetro, o que leva ao aumento do espaço morto e, por consequência, à diminuição da quantidade de ar disponível para as trocas gasosas (Linville, 2001, 2004; Seeley et al., 2005). Estas alterações levam à diminuição da capacidade pulmonar, que pode atingir os 40% entre os 20 e os 80 anos de idade, devido a uma menor capacidade para insuflar e desinsuflar os pulmões (Seeley et al., 2005; Zemlin, 2002). Consequentemente, ocorre diminuição da capacidade vital, aumento do volume residual (devido ao aumento de diâmetro dos canais alveolares), diminuição do volume de reserva inspiratório e expiratório (Hoit & Hixon, 1987; Hoit et al., 1989; Janssens, 2005; Linville, 2004; Ptacek et al., 1966; Schötz, 2007; Seeley et al., 2005), diminuição da taxa de fluxo expiratório máximo e da pressão pulmonar (Janssens, 2005; Linville, 2001, 2004).

Como se pode observar na Tabela 1, segundo os dados de Ptacek et al. (1966) sobre a fonação e alterações relacionadas com o envelhecimento, a capacidade vital diminui significativamente com o avançar da idade em ambos os géneros. Segundo Janssens (2005), a capacidade vital diminui progressivamente, podendo atingir uma diminuição de 75%, com o envelhecimento. De acordo com Ptacek et al. (1966) e Janssens (2005), a redução da capacidade vital deve-se, provavelmente, ao aumento da rigidez do tórax, à diminuição da força dos músculos respiratórios e à perda de elasticidade dos pulmões.

Em suma, as alterações respiratórias decorrentes do envelhecimento interferem na capacidade e nos volumes pulmonares, levando à perda de suporte respiratório para a produção de fala.

**Tabela 1: Medidas de capacidade vital de jovens e idosos de ambos os géneros (adaptado de Ptacek et al., 1966)**

Capacidade Vital (litros)				
	(Idade)	N	Média	Desvio-padrão
♂	<b>Adultos</b> (18-39)	31	4,8	0,6
♂	<b>Idosos</b> (68-89)	27	3,1	0,7
♀	<b>Adultos</b> (18-38)	31	3,5	0,6
♀	<b>Idosas</b> (66-93)	35	1,9	0,4

### 2.3.2. Sistema Fonatório

O sistema fonatório é constituído pela laringe e dentro desta encontram-se as pregas vocais (Mateus et al., 2005; Stevens, 1998; Zemlin, 2002), duas membranas separadas, compostas por uma série de ligamentos e músculos (Barbosa, 1994; Mateus et al., 2005; Moutinho, 2000). Na respiração normal, as pregas vocais estão afastadas e a glote aberta (Barbosa, 1994). Durante a fonação, é a expiração que fornece a pressão necessária para fazer vibrar as pregas vocais (Barbosa, 1994; Mateus et al., 1990; Zemlin, 2002). Quando as pregas vocais vibram dão origem aos sons sonoros ou vozeados, como é o caso da generalidade das vogais e das consoantes sonoras. Os sons produzidos quando as pregas vocais estão afastadas são os sons surdos ou não vozeados, como as consoantes surdas (Barbosa, 1994; Mateus et al., 2005; Moutinho, 2000).

De um modo geral, as alterações anatomofisiológicas relacionadas com a idade na laringe são denominadas de presbilaringe e o seu efeito na qualidade vocal designa-se por presbifonia (Hagen et al., 1996; Hooper & Cralidis, 2009; Kendall, 2007; Pontes et al., 2005). A presbifonia corresponde à disfonia relacionada com a idade e é um processo normal do envelhecimento humano (Arviso & Johns III, 2009; Woo et al., 1992). As alterações vocais que fazem parte do envelhecimento normal não devem ser consideradas como perturbações vocais ou confundidas com as de causa patológica (Ferrand, 2002). Assim, o diagnóstico de presbifonia é um diagnóstico de exclusão, após uma avaliação médica e vocal cuidada (Arviso & Johns III, 2009; Kendall, 2007).

Deste modo, as alterações laríngeas relacionadas com a idade, após esta atingir o seu tamanho máximo na puberdade, são várias (Linville, 2004; Schötz, 2007): atrofia dos músculos intrínsecos da laringe, redução do espessamento e desidratação da mucosa laríngea, perda de elasticidade dos ligamentos, calcificação e ossificação das cartilagens, resultando num aumento da rigidez das pregas vocais (Boone et al., 2010; Guimarães, 2007; Hagen et al., 1996; Huber & Spruill, 2008; Linville, 2004; Ma & Love, 2010; Pontes et al., 2005). Estas alterações modificam o padrão de vibração das pregas vocais e podem estar na origem da diminuição do encerramento glótico e do arqueamento das pregas vocais em idosos (Boone et al., 2010; Ma & Love, 2010).

Durante o envelhecimento, ocorre ossificação e calcificação das cartilagens tiroideia, cricoideia e aritenoideia, sendo que as cartilagens cricoideia e tiroideia começam a ossificar por volta dos 20 anos de idade e, aos 65, toda a estrutura laríngea se torna óssea, com exceção das cartilagens elásticas, resultando numa perda significativa da sua mobilidade (Guimarães, 2007; Mautner, 2011; Zemlin, 2002). A nível das articulações cricoaritenoideias, verifica-se ossificação das faces articulares, afinamento da superfície articular, deterioração das fibras de colagénio na matriz cartilaginosa e alterações na membrana sinovial, principalmente nos homens idosos (Linville, 2001). Estas alterações limitam e alteram o movimento, a velocidade e o equilíbrio articular necessário à fonação, afetando a periodicidade do sinal vocal (Arviso & Johns III, 2009; Linville, 2004; Paulsen & Tillmann, 1998; Zemlin, 2002).

Os músculos intrínsecos da laringe sofrem atrofia com o avanço da idade, principalmente infiltração de gordura (Linville, 2001). Nos músculos tiroaritenoideus, observa-se, ainda, degeneração e diminuição do diâmetro das fibras musculares (Linville, 2001).

As pregas vocais sofrem alterações histológicas (Madruga de Melo et al., 2003; Pontes et al., 2005), nomeadamente o epitélio da mucosa da laringe espessa progressivamente nas mulheres, especialmente após os 70 anos de idade, enquanto nos homens espessa até aos 70 anos e a partir daí começa a ficar mais fino (Linville, 2001, 2004; Schötz, 2007). A desidratação do epitélio da mucosa da laringe e das pregas vocais, provocada pela redução da secreção das glândulas mucosas, pode estar na origem das alterações observadas no epitélio e resulta em vibração irregular das pregas vocais e, por consequência, na deterioração da qualidade vocal (Sato & Hirano, 1998 apud Linville, 2001, 2004; Mautner, 2011).

A nível da lâmina própria, as alterações relacionadas com a idade diferem de camada para camada. No geral, são observadas alterações degenerativas, atrofia das fibras elásticas, espessamento da mucosa, maior deposição de colagénio e uma redução na produção de ácido hialurónico (Hirano et al. 2004 apud Kendall 2007; Linville 2001). A camada superficial da lâmina própria torna-se mais espessa e edematosa, em ambos os géneros, devido à diminuição da densidade dos fibroblastos, das fibras elásticas e de colagénio, nesta camada (Colton & Casper, 1996; Linville, 2001). Nos homens, a camada intermédia da lâmina própria torna-se mais fina, devido à atrofia das fibras elásticas e às alterações degenerativas das fibras de colagénio (Linville 2001). A camada mais profunda torna-se mais espessa, devido ao aumento da densidade das fibras de colagénio, podendo, ainda, verificar-se fibrose nestas fibras (Hirano et al., 1983 apud Pontes et al., 2005; Colton & Casper, 1996). As alterações que ocorrem na lâmina própria, geralmente, são mais extensas nos homens idosos (Linville, 2001).

A mácula flava e a membrana triangular também evidenciam alterações relacionadas com a idade, que conduzem ao aumento da rigidez das pregas vocais (Linville, 2001).

Para além do acima mencionado, existem algumas evidências da degeneração do nervo laríngeo e de alterações na irrigação sanguínea dos músculos laríngeos, devido à progressiva arteriosclerose dos vasos sanguíneos (diminuição do diâmetro dos vasos sanguíneos e espessamento da parede dos capilares) (Linville, 2001; Schötz, 2007).

O aumento da atrofia e do arqueamento das pregas vocais verificado em idosos pode estar relacionado com as alterações histológicas da lâmina própria ou das articulações cricoaritenoideias (Linville, 2004; Madruga de Melo et al., 2003). Por outro lado, a elevada incidência de fenda glótica em idosos (Baker et al., 2001; Linville, 1996; Pontes et al., 2005) poderá dever-se à atrofia dos músculos intrínsecos da laringe (Arviso & Johns III, 2009; Ferrand, 2002; Hagen et al., 1996; Ma & Love, 2010), ou à afeção dos nervos laríngeos (Mautner, 2011).

A configuração das fendas glóticas pode variar em função dos músculos afetados, de modo que o enfraquecimento dos músculos tiroaritenoideus pode resultar no fechamento incompleto a partir dos processos vocais para a comissura anterior, ou numa configuração fusiforme (Figura 1). O enfraquecimento do feixe transversal do músculo aritenoideu pode originar uma fenda glótica posterior. Um enfraquecimento generalizado dos músculos adutores pode originar um fechamento incompleto ao longo de todo o comprimento da glote (Behlau, 2001; Linville, 1996). A incidência de fendas glóticas é mais comum nos homens idosos do que nos homens jovens (Linville, 1996, 2004; Ma & Love, 2010). Nas mulheres não se verifica uma incidência significativamente superior em idosas comparativamente a mulheres jovens (Linville, 1992, 1996, 2004; Ma

& Love, 2010). Linville (1996) (1992) refere que as idosas apresentam um fechamento glótico maior do que as mulheres mais jovens, o que pode indicar uma modificação de uma fenda posterior de maior tamanho na idade adulta, para uma fenda anterior menor, na terceira idade. Para Pontes et al. (2005), Ferreira (2007) e Linville (1992), a fenda glótica fusiforme é a mais comum em pessoas com mais de 60 anos. Segundo Tarafder et al. (2012), a fenda glótica fusiforme é aceite entre otorrinolaringologistas como um forte indício das alterações vocais relacionadas com a idade.



**Figura 1: Fenda glótica fusiforme (Tarafder et al., 2012)**

De acordo com Melcon et al. (1989), a resistência valvular da laringe nos homens com idade superior a 75 anos é inferior à de homens mais jovens. No entanto, no estudo de Hoit e Hixon (1992), o mesmo não foi observado em mulheres, ou seja a resistência laríngea em mulheres não se altera significativamente com o avançar da idade. A diminuição da resistência da laringe pode resultar numa maior perda de ar, reduzindo a quantidade de ar expiratório disponível para a fonação (Melcon et al., 1989).

Em síntese, as alterações laríngeas relacionadas com a idade são frequentes e ocorrem mais cedo nos homens do que nas mulheres (Guimarães, 2007; Ma & Love, 2010; Pontes et al., 2005). Na laringe masculina, as alterações predominantes são a atrofia muscular, a redução da elasticidade e as alterações histológicas da lâmina própria, que levam à diminuição da espessura das pregas vocais (Guimarães, 2007; Hagen et al., 1996) e ao encurtamento dos ligamentos vocais (particularmente após os 70 anos de idade) (Mautner, 2011; Schötz, 2007). Para além disso, a diminuição da secreção das glândulas mucosas da laringe e o arqueamento das pregas vocais também é mais comum nos idosos do género masculino (Guimarães, 2007; Linville, 2004; Schötz, 2007). Nas mulheres, após a menopausa, a ausência de progesterona e a diminuição de estrogénio é responsável por mudanças significativas na mucosa da laringe, como o aumento de massa e o edema das pregas vocais (Guimarães, 2007; Hagen et al., 1996; Ma & Love, 2010; Pontes et al., 2005; Sataloff et al., 1997).

### 2.3.3. Sistema Articulatório

O fluxo de ar que advém da laringe é modulado a nível das cavidades supraglotais (Moutinho, 2000; Stevens, 1998) que são compostas pela cavidade faríngea, oral e nasal (Barbosa, 1994; Kent & Read, 2002; Mateus et al., 2005; Moutinho, 2000). Estas cavidades, ao modularem o fluxo de ar laríngeo, assumem, também, o papel de ressoadores (Barbosa, 1994; Guimarães, 2007; Kent & Read, 2002; Moutinho, 2000). A cavidade nasal apresenta um volume e forma fixos, ou seja, a cavidade nasal apenas acrescenta o timbre próprio da sua ressonância a sons que, de outro modo, seriam orais (Barbosa, 1994; Moutinho, 2000). A cavidade oral, pelo contrário, tem a capacidade de poder alterar a sua forma e volume (Barbosa, 1994).

Quando o fluxo de ar chega ao sistema articulatório, a modificação do som é determinada pelo comprimento, constrição e irregularidades do trato vocal e pela posição dos articuladores (Guimarães, 2007; Moutinho, 2000). É no trato oral que ocorrem os movimentos articulatórios mais importantes para a produção dos sons da fala (Mateus et al., 2005; Moutinho, 2000).

As alterações no sistema articulatório decorrentes do envelhecimento são várias e podem alterar o comprimento e a forma do trato vocal (Linville, 2004; Penny et al., 1994; Schötz, 2007).

Desde a idade adulta até à velhice verifica-se um crescimento do esqueleto craniofacial de cerca de 3 a 5% (Boone et al., 2010; Linville, 1996, 2000, 2004; Linville & Fisher, 1985). A flacidez, a atrofia e a diminuição da força muscular que surge a nível dos sistemas respiratório e fonatório também afeta o sistema articulatório, nomeadamente os músculos cervicais, faciais, linguais, mastigatórios e faríngeos (Boone et al., 2010; Linville, 1996, 2001, 2004).

Devido a esta atrofia generalizada e ao desgaste dos discos intervertebrais (mais comum nas mulheres, uma vez que têm maior tendência a perder densidade óssea nas vértebras), ocorre um leve abaixamento da posição da laringe no pescoço, o que provoca um aumento do comprimento do trato vocal (Arviso & Johns III, 2009; Boone et al., 2010; Linville, 2004; Linville & Rens, 2001).

Na articulação temporomandibular, também se verificam extensas alterações degenerativas, incluindo redução gradual de tamanho e diminuição do aporte sanguíneo, o que conduz à diminuição da mobilidade articular (Linville, 1996, 2001, 2004; Schötz, 2007).

Na cavidade oral, devido à diminuição da produção de saliva, ocorrem alterações como a diminuição da hidratação da cavidade, o que leva a que a mucosa se torne mais fina e a sua superfície áspera, perdendo elasticidade (Linville, 2004; Silverman, 1972 apud Meyerson, 1976; Penny et al., 1994). A superfície da língua começa a ficar mais fina e fissurada, enquanto os músculos da língua atrofiam e sofrem infiltração de gordura (Linville, 1996; Schötz, 2007). A diminuição da hidratação da cavidade oral leva ao aumento do atrito e a uma maior dificuldade nos ajustes coarticulatórios na fala normal (Meyerson, 1976).

A perda de dentes é também uma ocorrência comum em pessoas idosas (Linville, 1996, 2004; Meyerson, 1976), sendo responsável por alterar a função muscular e adicionalmente alterar as dimensões anatómicas da cavidade oral (Meyerson, 1976). Em idosos sem dentes, observa-se hipertrofia da língua, atrofia dos lábios e da mucosa das gengivas, diminuição do tônus muscular da língua e da face, e um aumento da função lingual na estabilização da mandíbula, na seqüência das alterações da forma facial (Meyerson, 1976).

As alterações na faringe e no palato mole incluem diminuição da espessura do epitélio, atrofia muscular e diminuição da sensibilidade (Schötz, 2007). Alguns estudos também referem que a atrofia da musculatura velar, com a idade, conduz a uma diminuição da eficiência velofaríngea (Tomoda et al., 1984 apud Hoit et al., 1994; Penny et al., 1994). Segundo Hutchinson et al. (1978), idosos de ambos os gêneros evidenciam valores anormalmente elevados de nasalidade. No entanto, Hoit et al. (1994) não encontraram evidências de que a competência velofaríngea se deteriore com a idade. Segundo os autores, os indivíduos idosos podem utilizar aberturas menores da boca, em consequência da diminuição da mobilidade da articulação temporomandibular, do que indivíduos mais jovens e, desta forma, os valores elevados de nasalidade não devem, necessariamente, ser interpretados como uma evidência de um mau encerramento velofaríngeo.

As diversas alterações anatomofisiológicas, decorrentes do envelhecimento, no sistema articulatório parecem repercutir-se num alongamento e alargamento da porção supraglótica do trato vocal (Xue & Hao, 2003; Xue et al., 1998). Xue e Hao (2003) revelaram que homens e mulheres parecem sofrer alterações semelhantes nas dimensões do trato vocal em função do envelhecimento. Relativamente ao comprimento, a cavidade oral tende a alongar-se de forma mais significativa do que a cavidade faríngea (Xue & Hao, 2003). No que concerne ao volume, o significativo aumento do volume da cavidade oral, nos idosos, contribui diretamente para o expressivo aumento do volume total do trato vocal. Por outro lado, o volume da faringe parece manter-se, mais ou menos estável, em função do envelhecimento (Xue & Hao, 2003). Assim, as alterações volumétricas do trato vocal, em ambos os gêneros, são mais visíveis do que as alterações de comprimento (Xue & Hao, 2003).

Em suma, as mudanças decorrentes do envelhecimento, que ocorrem a nível do sistema articulatório, conduzem a alterações no posicionamento articulatório durante a produção de fala, o que pode alterar as suas características acústicas (Rastatter & Jacques, 1990).

## 2.4. Qualidade Vocal

A qualidade vocal é uma das dimensões que caracteriza a percepção do som da voz, sendo o produto sonoro audível de fatores como: as características das pregas vocais; as variações do funcionamento laríngeo (padrões de fonação); a pressão pulmonar subglótica; as propriedades de reflexão e configuração das estruturas do trato vocal (principalmente da faringe); e ainda do tipo de comportamento vocal (fonação sustentada, ataque ou finalização vocal, extensão vocal) (Guimarães, 2007).

De um modo geral, a pressão e a velocidade do fluxo de ar expiratório influenciam a intensidade vocal, os diferentes padrões de adução e abdução das pregas vocais influenciam a sonoridade e as propriedades de

reflexão e configuração das estruturas do trato vocal influenciam a ressonância (Guimarães, 2007). Desta forma, qualquer alteração anatomofisiológica, decorrente do envelhecimento, que afete esta inter-relação implica alterações na qualidade vocal (Linville, 2004). Segundo Kendall (2007), a idade fisiológica pode ter um impacto maior sobre a qualidade vocal do que a idade cronológica, uma vez que o uso e o desgaste do aparelho fonador aparentam ter uma maior influência na qualidade vocal, do que a idade por si só.

A avaliação da qualidade vocal pode ser realizada tendo em conta três parâmetros: fisiológicos, acústicos e perceptivos (Wirz & Beck, 1995 apud Santos, 2009). Os dados fisiológicos podem ser obtidos através de métodos de observação e/ou avaliação da função respiratória, laríngea e vocal (ex. espirometria, laringoscopia). Os dados acústicos podem ser obtidos recorrendo a *softwares* de gravação, reprodução e análise dos dados de fala. Os dados perceptivos dependem da capacidade de avaliação e análise perceptiva do avaliador, idealmente com conhecimento clínico de vozes patológicas (Wirz & Beck, 1995 apud Santos, 2009; Guimarães, 2007).

### 2.4.1. Parâmetros acústicos da voz de idosos

A análise acústica permite, de forma não invasiva, determinar e quantificar a qualidade vocal do informante através dos diferentes parâmetros acústicos que compõem o sinal, ou seja, a periodicidade, a amplitude, a duração e a composição espectral (Guimarães, 2007). Segundo Mateus et al. (2005), as características acústicas dos sons de fala refletem a sua produção articulatória, sendo que a vibração das pregas vocais está associada à frequência fundamental, a configuração das cavidades supraglotais está relacionada com a composição espectral, a força expiratória é representada pela amplitude e a duração da expiração relaciona-se com o tempo.

Deste modo, e tendo em conta as alterações vocais resultantes do envelhecimento, é espectável que estas tenham repercussões nas características acústicas da fala de idosos. Segundo Ramig e Ringel (1983), as medidas acústicas podem mesmo ser melhores indicadores do envelhecimento fisiológico do que a idade cronológica.

#### 2.4.1.1. Frequência Fundamental

A frequência fundamental vocal (F0) é determinada pela vibração das pregas vocais, que gera ondas sonoras periódicas complexas (Guimarães, 2007; Kent, 1993; Mateus et al., 2005), e é medida em Hertz (Hz), ciclos por segundo (cps), semitons (ST) e/ ou em oitavas (Guimarães, 2007; Mautner, 2011; Moutinho, 2000).

Muitos dos estudos que se debruçam sobre as características da fala de idosos analisam o efeito do envelhecimento vocal na F0 da voz. No ANEXO C, é apresentada uma revisão dos dados de diversos estudos sobre as alterações na F0 com o decorrer do envelhecimento. Como se pode verificar, para o português, estudos sobre o efeito do envelhecimento na F0 são escassos.

A maioria dos estudos, independentemente da língua em análise, refere um aumento ligeiro ou significativo de F0 em homens e uma diminuição de F0 em mulheres, com o envelhecimento (Boone et al., 2010; Ferrand, 2002; Ferreira, 2007; Higgins & Saxman, 1991; Hollien & Shipp, 1972; Ma & Love, 2010; Mautner, 2011; Nishio & Niimi, 2008; Schötz, 2006; Torre III & Barlow, 2009; Verdonck-de Leeuw & Mahieu, 2004; Winkler, 2004). No estudo de Hollien e Shipp (1972) é referido que a F0 da voz masculina diminui, progressivamente, entre os 20 e os 40 anos e aumenta, após os 60 anos, de forma acentuada. Schötz e Müller (2007) revelaram que a F0 diminui até aos 50 anos nas mulheres e que, depois, se mantém relativamente estável, enquanto nos homens, a F0 diminui ligeiramente até aos 50 anos e depois aumenta significativamente até à velhice. Winkler (2004) analisou a F0 de jovens e idosos e concluiu que a F0 no género feminino diminui e no género masculino aumenta ligeiramente, com a idade, independentemente do tipo de estímulo (Figura 2).

Existem, ainda, estudos que referem que a F0 da voz de idosos tem tendência a diminuir, tanto no género masculino, como no género feminino (Benjamin, 1981; Ferreira, 2007; Mifune et al., 2007; Vipperla et al., 2010; Xue & Deliyski, 2001). Segundo Benjamin (1981, p. 725), “*the present findings of lower fundamental frequency in elderly persons do support reports of lower perceived pitch in geriatric speech*”

(Hartman & Danhauer, 1976; Ptacek & Sander, 1966)”. Vipperla et al. (2010) indicaram que a F0 de homens idosos é cerca de 15 Hz (10%) inferior à de adultos.

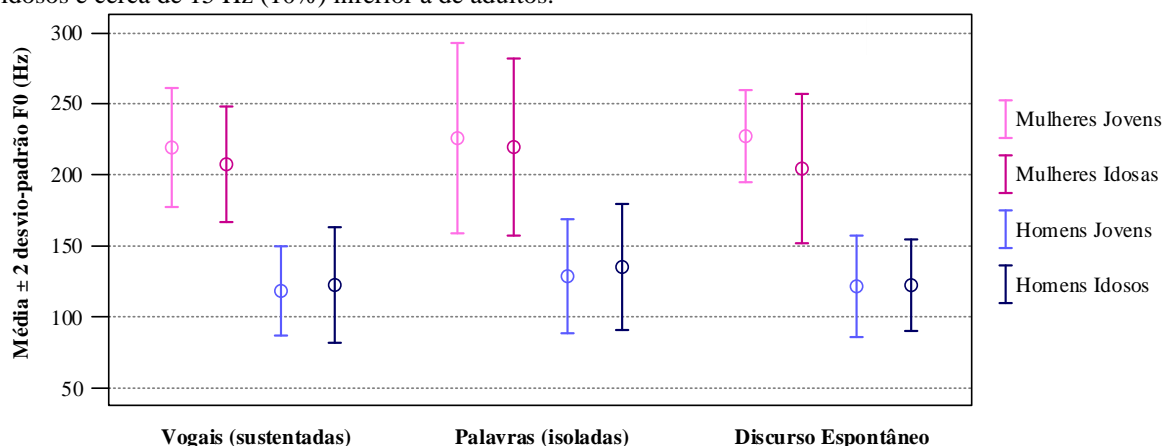


Figura 2: F0 em função do gênero e da faixa etária para diferentes tipos de estímulos (adaptado de Winkler, 2004)

Num estudo longitudinal, Reubold et al. (2010) recorreu a arquivos da BBC e analisou cinco falantes do inglês, dois arquivos de cada um, distanciados no tempo e calculou o valor médio de F0 da vogal [ə]. Ao longo do envelhecimento, pode-se analisar que a F0 diminuiu em todos os falantes, mas de forma mais acentuada no gênero feminino. Já num estudo anterior, Decoster e Debruyne (2000) tinham verificado uma diminuição de F0 nos homens (durante um período de 30 anos) de 138 Hz para 125 Hz, para o alemão (Bélgica).

Para o Português do Brasil (PB), Santos (2005) indicou um aumento de F0 nos homens, na passagem da quinta para a sexta década de vida, mantendo-se depois estável. Nas mulheres, a F0 aumentou entre a quarta e a quinta década e diminuiu de forma acentuada entre a quinta e a sexta década de vida, mantendo-se depois estável. No entanto, ao comparar os valores de F0 obtidos pelos idosos com os dos jovens adultos, a autora verificou que a F0 é inferior nos idosos de ambos os gêneros. Cerceau et al. (2009) também referem que os valores de F0 que obtiveram para as mulheres idosas ([60-103] anos) são inferiores aos referidos na literatura para as mulheres jovens. Contrariamente à maioria dos estudos analisados, Teles e Rosinha (2008), na produção das vogais orais do PB, por mulheres, obtiveram valores de F0 de 210 Hz (18-39 anos), 202 Hz (40-60 anos) e 212 Hz (60-86 anos), o que indica um pequeno aumento de F0 para as mulheres idosas.

Em suma, o padrão de variação de F0, ao longo do envelhecimento, difere entre o gênero masculino e feminino. De uma forma geral, a literatura parece ser concordante com o facto de F0, em mulheres, diminuir na velhice. Quanto ao gênero masculino, na maior parte dos estudos é referido um aumento ligeiro ou significativo de F0, mas também existem estudos que reportam uma diminuição de F0, ao longo do envelhecimento. Este facto pode estar relacionado com as diferentes metodologias adotadas por cada estudo, nomeadamente com as diferentes faixas etárias e estímulos em análise.

As principais causas apontadas para a diminuição de F0 nas mulheres são o edema das pregas vocais, com conseqüente aumento de massa, resultante das alterações endócrinas pós-menopausa (Ferrand, 2002; Higgins & Saxman, 1991; Ma & Love, 2010). Nos homens idosos, o aumento de F0 pode dever-se à atrofia muscular, à diminuição da espessura e ao aumento da rigidez das pregas vocais, que levam à perda de massa a nível das pregas vocais (Higgins & Saxman, 1991; Hollien & Shipp, 1972; Nishio & Niimi, 2008).

#### 2.4.1.1. Estabilidade Fonatória

Segundo Mautner (2011, p. 33) “*phonatory stability refers to the regularity of vocal fold vibration from cycle to cycle*”. As medidas de perturbação, que incluem o *shimmer*, o *jitter* e o *Harmonics-to-noise ratio* (HNR), são medidas acústicas de estabilidade fonatória para quantificar o grau da variação a curto prazo na vibração das pregas vocais (Kay Elemetrics Corp., 1993; Mautner, 2011). O desvio-padrão de F0, por outro lado, é uma medida acústica de estabilidade fonatória que quantifica o grau da variação a longo prazo na



vibração das pregas vocais, ou seja, reflete flutuações mais bruscas do sinal, ao longo do tempo (Kay Elemetrics Corp., 1993; Linville, 2001).

O *jitter* corresponde à variabilidade da frequência fundamental (ou período) de um ciclo para o seguinte (Colton & Casper, 1996; Guimarães, 2007; Linville, 2000). O *shimmer* é uma medida que quantifica as alterações mínimas da amplitude, ou seja, corresponde à variabilidade da amplitude de um ciclo para o seguinte (Colton & Casper, 1996; Guimarães, 2007; Linville, 2000). O HNR ou *noise-to-harmonic ratio* (NHR (que corresponde ao inverso do HNR)) é a relação entre a componente harmónica e a componente de ruído da onda acústica, ou seja, se o ruído aumenta o HNR diminui e se a energia dos harmónicos aumenta o HNR aumenta (Guimarães 2007).

As medidas relativas à estabilidade vibratória das pregas vocais têm sido analisadas em função do envelhecimento, uma vez que as típicas vozes de idosos sugerem um aumento da instabilidade na vibração das pregas vocais (Linville, 2000). Assim, o envelhecimento acarreta um aumento da perturbação do sinal acústico em homens e mulheres, provocando alterações nos valores normais de *jitter*, *shimmer*, HNR e desvio-padrão de F0 (Boone et al., 2010).

Linville e Fisher (1985) revelam um valor de *jitter ratio* significativamente superior nas mulheres idosas (9,13), relativamente às mulheres jovens (5,23) e de meia-idade (5,50) na produção sustentada da vogal /æ/. Resultados semelhantes foram obtidos por Wilcox e Horii (1980 apud Ferrand, 2002) e Vipperla et al. (2010) para o género masculino. Na produção da vogal /a/, Xue e Deliyski (2001) (vogal sustentada) e Mautner (2011) (vogal sustentada e em contexto de frase) reportam, igualmente, um aumento de *jitter* em ambos os géneros. Por outro lado, Ferrand (2002), na produção sustentada da vogal /a/, não observou qualquer alteração significativa de *jitter* nas mulheres idosas, comparativamente às jovens e de meia-idade. Ramig e Ringel (1983) apontam para um ligeiro aumento de *jitter* com o envelhecimento, no género masculino, referindo, ainda, que o *jitter* está mais relacionado com a saúde fisiológica do que com a idade cronológica da pessoa.

Na literatura, é mencionado um aumento de *shimmer* em função do envelhecimento, em ambos os géneros (Boone et al., 2010; Xue & Deliyski, 2001). Ramig e Ringel (1983) (nas vogais /a/, /i/ e /u/ sustentadas) e Vipperla et al. (2010) (na vogal /aa/ em discurso espontâneo) também verificaram que o valor de *shimmer* é significativamente superior nos idosos comparativamente aos jovens adultos, no género masculino. Mautner (2011), na produção da vogal /a/ sustentada e em frase, observou que no género feminino o *shimmer* aumenta com o envelhecimento em ambos os estímulos. Enquanto no género masculino, com o avançar da idade, o *shimmer* aumenta ligeiramente na vogal sustentada e diminui de forma acentuada na vogal /a/ em frase.

Na produção de palavras, Schötz e Müller (2007) indicaram que os valores de *jitter* e *shimmer* não aumentam continuamente em função da idade, para ambos os géneros. No género feminino, o *jitter* e o *shimmer* mantêm-se relativamente estáveis desde a idade jovem até à velhice, enquanto no género masculino estes valores aumentam ligeiramente até aos 40 anos e depois diminuem lentamente até a velhice, com a exceção do *shimmer*, que diminui consideravelmente depois dos 80 anos (Schötz & Müller, 2007).

Para o PB, Teles e Rosinha (2008) referiram um aumento de *jitter* e *shimmer* com o avançar da idade em mulheres. Por outro lado, Santos (2005) indicou que o *jitter* diminui, entre a sexta e a sétima década de vida, e o *shimmer* tende a diminuir de forma gradativa e linear, nos idosos do género masculino. No mesmo estudo, ao comparar os valores de *jitter* e *shimmer* entre idosos e adultos jovens, verificou-se que estes são mais elevados nos homens idosos. Para o género feminino, Santos (2005) referiu um aumento tendencial do *jitter* ao longo do envelhecimento e um aumento acentuado de *shimmer* entre a sétima e a oitava década de vida. No entanto, quando comparados com valores de *jitter* e *shimmer* de jovens adultas, estes são mais baixos nas mulheres idosas.

O envelhecimento normal causa uma maior instabilidade vocal, o que se repercute na diminuição do HNR (ou aumento do NHR) em ambos os géneros (Boone et al., 2010; Gorham-Rowan & Laures-Gore, 2006; Schötz & Müller, 2007; Xue & Deliyski, 2001). Decoster e Debruyne (1997 apud Ferrand, 2002) referem que o HNR diminui nos idosos entre os 60 e os 99 anos de idade. Ferrand (2002), no seu estudo, observou que o HNR se mantém mais ou menos estável nas mulheres jovens e de meia-idade, e que diminui nas mulheres idosas, apresentando valores de HNR de 7,82 dB, 7,86 dB e 5,54 dB para as jovens, de meia-idade e idosas,

respetivamente. Para o PB, Teles e Rosinha (2008) também referiram um aumento da componente ruído na voz de idosas (diminuição do HNR).

No entanto, Vipperla et al. (2010) não obtiveram qualquer alteração no valor de NHR entre os grupos jovens adultos e idosos do gênero masculino. Schötz e Müller (2007) também referiram poucas alterações no valor de NHR no decorrer do envelhecimento feminino, mas para o gênero masculino, indicaram que o NHR aumenta ligeiramente até aos 50 anos e diminui em seguida.

A ossificação das cartilagens, a degeneração muscular e as alterações respiratórias contribuem para a instabilidade vibratória das pregas vocais, reduzindo assim o valor de HNR (Ferrand, 2002). Para além disso, a medicação também pode contribuir para o aumento da predominância de ruído na voz, ou seja, para a diminuição de HNR (Ferrand, 2002). Ferrand (2002) concluiu que o HNR é mais sensível a pequenas mudanças que ocorram na função vocal, ao longo do envelhecimento, do que o *jitter*. Na literatura é referido, ainda, o facto de idosos de boa saúde demonstrarem valores de *jitter* e *shimmer* inferiores aos apresentados por indivíduos de idade semelhante, mas com problemas de saúde (Kendall, 2007; Ramig & Ringel, 1983).

Segundo Ramig e Ringel (1983) e Ramig (1983 apud Schötz, 2006) os valores de *jitter*, *shimmer* e HNR correlacionam-se de forma significativa com a condição fisiológica do indivíduo, enquanto apenas o *shimmer* se correlaciona de forma significativa com a idade cronológica.

Vários estudos, para além das alterações na média de F0, também referem um aumento significativo do desvio-padrão de F0 em idosos, comparativamente a jovens (Gorham-Rowan & Laures-Gore, 2006; Linville & Fisher, 1985; Xue & Deliyski, 2001). Linville e Fisher (1985), em mulheres, na produção sustentada da vogal /æ/, obtiveram um aumento do desvio-padrão de F0 a partir da meia-idade, o que demonstra um aumento da instabilidade do sinal, possivelmente devido à diminuição do controlo sobre a laringe e/ou sobre os ajustes respiratórios para a fonação. Resultados similares foram obtidos por Xue e Deliyski (2001) e Gorham-Rowan e Laures-Gore (2006) na produção da vogal /a/ ou /ɑ/ sustentada, respetivamente, e por Stoicheff (1981 apud Linville & Fisher, 1985) em leitura. Linville (1996) analisou os resultados obtidos por Linville e Fisher (1985) e Orlikoff (1990) e concluiu que o aumento do desvio-padrão de F0, em homens, é mais do dobro entre a idade jovem adulta e a velhice, enquanto nas mulheres, o aumento é de cerca de 71%, nesse mesmo período. Segundo Liss et al. (1990), o aumento do desvio padrão de F0 em idosos está relacionado com o declínio do controlo neuromotor da fala que ocorre com o avançar da idade.

#### 2.4.1.2. Frequência dos Formantes

Segundo a Teoria Acústica da Produção de Fala, a frequência dos formantes é determinada pela forma do trato vocal, podendo variar consoante a posição da mandíbula e a postura da língua (Fant, 1960). Deste modo, é espectável que os valores das frequências dos formantes sofram alterações no decorrer do envelhecimento, devido às alterações anatomofisiológicas que afetam o trato vocal. Consequentemente, é natural que o triângulo acústico das vogais de idosos também seja diferente do de adultos jovens e de meia-idade (Boone et al., 2010).

No ANEXO D, são apresentados os estudos que analisaram a frequência dos formantes das vogais em idosos. A maioria destes indica que as frequências dos formantes têm tendência a diminuir com o envelhecimento, em todas as vogais, o que sugere um alongamento do trato vocal com o aumento da idade (Boone et al., 2010; Linville, 2001; Linville & Fisher, 1985; Linville & Rens, 1998 apud Xue & Hao, 2003; Linville & Rens, 2001; Scukanec et al., 1991; Watson & Munson, 2007; Xue & Hao, 2003). Para além disso, parece existir uma tendência para a centralização (ou redução) das vogais em idosos (Boone et al., 2010; Liss et al., 1990; Rastatter & Jacques, 1990; Rastatter et al., 1997; Schötz, 2007; Steffens, 2011; Torre III & Barlow, 2009). No entanto, a tendência para a centralização das vogais não se evidencia de igual forma para todos os idosos, sendo mais acentuada nuns do que noutros, o que sugere um aumento da variação da frequência dos formantes transversal a todos os idosos (Benjamin, 1982; Linville, 2001). Benjamin (1982) refere que o aumento da dispersão da frequência dos formantes pode estar relacionado com um menor controlo sobre a produção alvo (*target production*).

Watson e Munson (2007) referiram uma diminuição de F1 em todas as vogais, enquanto o F2 apenas diminuiu de forma significativa nas vogais posteriores (Figura 3). Os falantes idosos produzem um triângulo das vogais significativamente mais curto (na dimensão F1) e mais largo do que os adultos jovens, ou seja, “*older adults retained the historically less-advanced more-back pronunciations of back-round vowels, as well as the less-extreme productions of /a/ and /æ/, than the younger adults*” (Watson & Munson, 2007, p. 563).

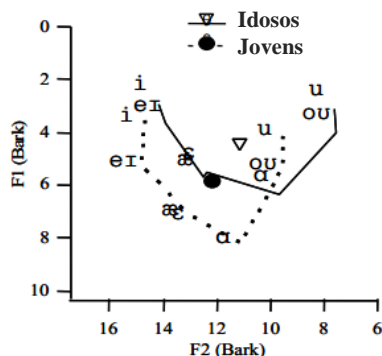


Figura 3: Triângulo acústico das vogais de jovens adultos e idosos (Watson & Munson, 2007)

Num estudo longitudinal, Endres, Bambach e Flosser (1971 apud Linville, 1996) observaram quatro homens e duas mulheres durante um período máximo de 29 anos e concluíram que a frequência dos formantes de sete vogais e dois ditongos, em discurso espontâneo, diminuiu tanto no género masculino como feminino. Um estudo longitudinal posterior apresentou uma conclusão semelhante, uma vez que aponta para uma diminuição de F1 em todos os falantes, de ambos os géneros (Reubold et al., 2010).

No entanto, em alguns casos as alterações na frequência dos formantes apenas se verificam em determinadas vogais e o padrão de variação difere de vogal para vogal (Decoster & Debruyne, 2000; Rastatter & Jacques, 1990; Rastatter et al., 1997; Schötz, 2006; Torre III & Barlow, 2009; Xue et al., 1998).

Para o inglês, Xue et al. (1998) verificaram que o F1 e o terceiro formante (F3) diminuíam significativamente nas mulheres idosas, enquanto o F2 aumenta (de forma não significativa), comparativamente às mulheres jovens. Por outro lado, Rastatter e Jacques (1990) referiram um aumento de F1 nas vogais médias e anteriores (/i/ e /æ/) e uma significativa diminuição de F1 nas vogais posteriores (/u/ e /a/), tanto para idosos do género masculino como feminino, comparativamente a jovens do mesmo género. De forma oposta, o F2 diminuiu nas vogais anteriores (e na vogal /ʌ/ dos homens idosos) e aumentou nas vogais posteriores dos idosos de ambos os géneros, o que sugere uma tendência para a centralização do ponto máximo de elevação da língua durante a produção das vogais anteriores e posteriores com o envelhecimento, em ambos os géneros (Rastatter & Jacques, 1990; Rastatter et al., 1997). No entanto, Rastatter e Jacques (1990, p. 318) salientam que “*it must be recognized that vowels produced in isolation are not representative of vowels produced in conversational speech*”. Por essa razão, Rastatter et al. (1997) analisaram os valores de F1 e F2 de vogais em leitura de frases e demonstraram que apenas os homens idosos apresentam alterações na frequência dos formantes coincidentes com a centralização das vogais. Por outro lado, as mulheres idosas evidenciam o mesmo padrão de frequência dos formantes que as mulheres jovens, à exceção da vogal /u/, que apresenta uma significativa diminuição de F1 (Rastatter et al., 1997).

Torre III e Barlow (2009) revelaram que, nas vogais altas (/i/ e /u/), F1 aumentou no género feminino e diminuiu, ligeiramente, no género masculino. Para as restantes vogais estudadas, em ambos os géneros, observaram uma diminuição de F1 com a idade. Em relação ao F2, referiram um aumento significativo nas vogais baixas e anteriores (/ɛ/ e /æ/), tendo as restantes vogais apresentado uma diminuição de F2 com a idade. Deste modo, o aumento de F1 nas vogais altas (no género feminino) e a diminuição de F1 nas restantes vogais é consistente com a centralização das vogais.

Segundo Mautner (2011), para o género masculino parece haver uma tendência para o aumento de F1 e F2 com o avançar da idade, tanto na vogal /a/ sustentada como em leitura de frase. Por outro lado, para género feminino em ambos os contextos, F1 tem tendência a diminuir ligeiramente com o avançar da idade, enquanto

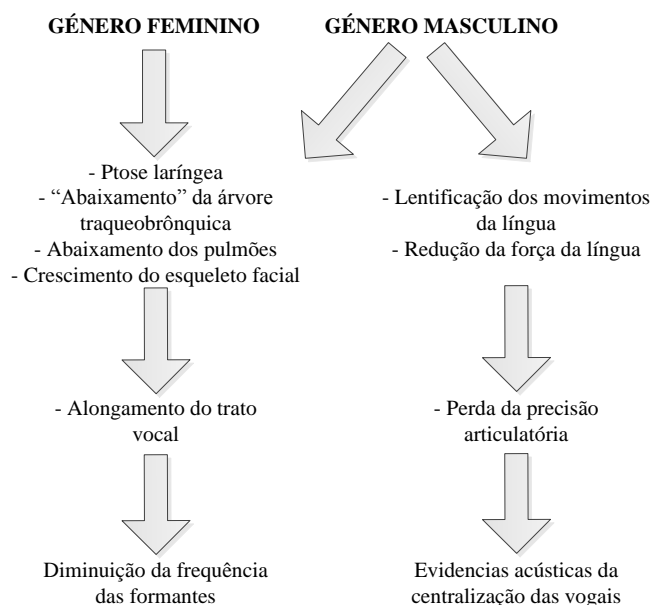
F2 diminui na faixa etária dos [60-69] anos e torna a aumentar nas faixas etárias superiores, atingindo valores próximos dos obtidos pelas mulheres adultas.

Para o sueco, Schötz e Müller (2007) e Schötz (2006) reportaram que o F1 apenas diminui nas vogais anteriores ([ɛ:] e [y:]) e que o F2 aumenta ligeiramente com o avançar da idade em determinadas vogais ([ɑ:] e [ɛ:]), em ambos os gêneros. Após os 80 anos, os mesmos autores indicaram um aumento considerável de F2 para o género feminino nas vogais [ɑ:] e [ɛ:] e para o género masculino em todas as vogais, exceto [y:] e [ɛ:]. Em relação ao F3, quarto formante (F4) e quinto formante (F5) não foram verificadas alterações significativas com o avançar da idade (Schötz, 2006).

Para o PB, Teles e Rosinha (2008) analisaram a produção sustentada das vogais orais pelo género feminino e referiram que o F1 diminui a partir dos 40 anos e depois volta a aumentar a partir dos 60 anos. O F2 diminui e o F3 aumenta em quase todas as vogais, com o avançar da idade. Neste estudo, as alterações observadas a nível de F1 podem estar relacionadas com o menor volume de massa óssea e dentária na cavidade oral e com a diminuição da dimensão vertical do terço inferior da face. Por outro lado, as alterações de F2 são interpretadas como decorrentes da hipotrofia e redução do tónus da língua, enquanto o aumento de F3 após os 60 anos pode estar relacionado com o aumento do tamanho da cavidade oral nesta faixa etária.

Em suma, a diminuição dos valores dos formantes deve-se, possivelmente, ao abaixamento da posição da laringe no pescoço, ao contínuo aumento do esqueleto craniofacial e ao aumento das dimensões do trato vocal ao longo do envelhecimento (Boone et al., 2010; Linville & Fisher, 1985; Scukanec et al., 1991; Torre III & Barlow, 2009). Segundo Linville e Rens (2001), a diminuição mais acentuada de F1, F2 e F3 nas mulheres idosas pode estar relacionada com o facto do alongamento do trato vocal ser mais acentuado nas mulheres do que nos homens, com o avançar da idade. No entanto, Xue e Hao (2003) não encontraram qualquer correlação entre o alongamento do trato vocal e a diminuição da frequência dos formantes, tendo referido ainda que as alterações nas cavidades do trato vocal durante o envelhecimento podem ter impactos diferentes na frequência dos formantes, e que a diminuição da frequência dos formantes difere entre o género masculino e feminino, variando também as vogais que são afetadas por esta diminuição.

Linville (2001), na sua revisão sobre as alterações na frequência dos formantes da voz de idosos conclui que, no geral, a literatura sugere um modelo combinado (“*blended model*”) das alterações de ressonância do trato vocal (Figura 4). Neste modelo, existe uma interação entre o género, os efeitos de ressonância do alongamento do trato vocal e o padrão articulatorio das vogais, sendo, no entanto, necessários estudos adicionais para comprovar este modelo.



**Figura 4: Fluxograma que ilustra o modelo combinado das alterações de ressonância do trato vocal com o envelhecimento (adaptado de Linville, 2001)**

### 2.4.1.3. Duração

Segundo Mateus et al. (2005), a duração corresponde ao tempo de articulação de um som, de uma sílaba ou de um enunciado. A duração de um segmento depende da velocidade de elocução, sendo que uma velocidade mais rápida tem como resultado a diminuição da duração dos segmentos (Mateus et al., 2005). A duração das vogais parece ser afetada pelo género do falante, uma vez que mulheres e crianças produzem vogais mais longas do que os homens (Escudero et al., 2009; Hillenbrand et al., 1995). No entanto, Rauber (2008), no seu estudo, não encontrou diferenças significativas na duração das vogais entre homens e mulheres.

A velocidade da articulação das palavras é referida como o fator mais significativo na perceção da idade através da fala (Grosjean & Lane, 1974 apud Benjamin, 1982; Harnsberger et al., 2008; Linville, 2001; Schötz, 2006; Steffens, 2011)

Com o envelhecimento, ocorre uma diminuição da taxa de elocução (de cerca de 20 a 25%) e um aumento das pausas na voz (Linville, 2001; Schötz, 2006; Smith et al., 1987). Winkler et al. (2003), para o género feminino, verificaram que a velocidade de leitura diminui à medida que a idade aumenta. Desta forma, o número de sílabas e fonemas por segundo, geralmente, diminui em ambos os géneros, enquanto a duração da maioria dos segmentos aumenta (Schötz & Müller, 2007). Ou seja, o envelhecimento vocal parece implicar uma tendência de aumento da duração dos fonemas (Benjamin, 1982; Linville, 2001; Liss et al., 1990; Schötz, 2006). Como se pode observar na Tabela 2, os idosos produzem vogais mais longas do que os adultos (Benjamin, 1982). Segundo Schötz e Müller (2007), esta tendência é mais evidente para o género masculino do que para o género feminino.

**Tabela 2: Duração média das vogais (em ms) (adaptado de Benjamin, 1982)**

	(Idade)	N	Vogais átonas	Vogais tónicas
♂ <b>Adultos</b>	(21-32)	10	141,4	246,7
♂ <b>Idosos</b>	(68-82)	10	145,0	257,0
♀ <b>Adultos</b>	(21-32)	10	168,7	319,8
♀ <b>Idosas</b>	(68-82)	10	156,1	283,5

As principais causas apontadas para o aumento da duração dos segmentos na fala em idosos são: a diminuição da velocidade de condução nervosa e as alterações verificadas no sistema respiratório e nos neurotransmissores do Sistema Nervoso Central (Linville, 1996, 2001).

### 2.4.1.4. Intensidade vocal

A intensidade de uma onda sonora corresponde à quantidade de energia transportada pela onda em função de uma área percorrida, num determinado período de tempo, e é medida através da escala logarítmica decibel (dB) (Mateus et al., 2005). Segundo Martins (1992), o valor de intensidade percetiva (*loudness*) é calculado em função da potência ou amplitude de um som. As medidas de intensidade são suscetíveis a vários fatores como o ambiente de gravação, o microfone utilizado e a distância ao mesmo (Guimarães, 2007).

Com o envelhecimento, também parecem surgir alterações a nível da intensidade vocal. Na maior parte dos estudos, é referida uma diminuição da intensidade vocal em idosos, comparativamente a adultos, que pode estar relacionada com a redução da capacidade respiratória com o decorrer do envelhecimento (Boone et al., 2010; Ferreira, 2007; Luchsinger & Arnold, 1965 apud Ryan, 1972; Ptacek et al., 1966; Schötz & Müller, 2007). Schötz e Müller (2007) referem que a intensidade vocal média diminui ligeiramente ou mantém-se constante com o aumento da idade. Já a intensidade vocal máxima diminui em homens e mulheres (Boone et al., 2010). Vasconcellos e Behlau (2006 apud Ferreira, 2007) observaram que a intensidade vocal máxima é menor 6 dB em idosos, comparativamente aos adultos.

Por outro lado, Ryan (1972) refere que a intensidade vocal no género masculino, em leitura e discurso espontâneo, aumenta com o avançar da idade, sendo este aumento mais significativo na faixa etária dos 70 aos 80 anos de idade. Uma explicação é o facto de, com o avançar da idade, a capacidade auditiva diminuir, diminuindo o *feedback* auditivo, daí que indivíduos mais velhos procurem fazer um maior esforço vocal para manter estável o seu *feedback* auditivo, produzindo, por isso, um pequeno, mas mensurável aumento da

intensidade vocal (Ryan, 1972). Para o género feminino, Morris e Brown Jr (1994) não encontraram qualquer alteração da intensidade vocal relacionada com a idade, tanto na leitura de texto como em discurso espontâneo.

#### 2.4.2. Parâmetros acústicos das vogais orais no Português Europeu

Os estudos sobre os parâmetros acústicos das vogais no PE são escassos e debruçam-se sobre amostras pequenas, de proveniências geográficas restritas. Na Tabela 3, são apresentados os valores médios de F0, F1, F2, F3 e duração das vogais tónicas do PE, para adultos normais, com base em alguns dos principais estudos realizados para o português.

Os valores obtidos por Escudero et al. (2009) - que nos servirão de comparação - referem-se a vogais tónicas, produzidas por falantes do PE (10 homens e 10 mulheres com média de idades de 18,7 e 19,8 anos, respetivamente), em contexto CVCV.

Em Costa (2004), as vogais tónicas foram produzidas por 6 jovens adultos, com cerca de 20 anos, 3 do género masculino e 3 do género feminino, em contexto CVC.

No estudo de Martins (1973), participaram 8 informantes do género masculino, com idades entre os 18 e os 40 anos, e as vogais tónicas foram produzidas em contexto CVCV.

Na Figura 5, são apresentados os resultados dos dois primeiros formantes para homens e mulheres falantes do PE, obtidos por Escudero et al. (2009) e ainda os parâmetros articulatórios que estão na origem das variações de F1 e F2 (Borden et al., 2003; Martins, 2002; Mateus et al., 2005 apud Mendes et al., 2013). As vogais orais do PE são classificadas de acordo com a posição do dorso e da raiz da língua, bem como da posição dos lábios (arredondados ou não arredondados) (Mateus et al., 2005).

**Tabela 3: Parâmetros acústicos das vogais orais do PE (adaptado de Escudero et al., 2009; Costa, 2004; Martins, 1973)**

		Duração (ms)		F0 (Hz)		F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)
		F	M	F	M	F	M	F	M	M
/i/	[1]	92	84	216	126	313	284	2760	2161	-
	[2]	95		225	128	-	-	-	-	-
	[3]	-	85	-	-	-	294	-	2343	2985
/e/	[1]	106	97	211	122	402	355	2508	1987	-
	[2]	132		206	125	-	-	-	-	-
	[3]	-	95	-	-	-	403	-	2084	2589
/ɛ/	[1]	115	106	205	117	511	455	2360	1836	-
	[2]	124		206	121	-	-	-	-	-
	[3]	-	112	-	-	-	501	-	1893	2565
/a/	[1]	122	108	202	115	781	661	1662	1365	-
	[2]	134		206	117	-	-	-	-	-
	[3]	-	109	-	-	-	626	-	1326	2440
/ɔ/	[1]	118	104	204	117	592	491	1118	934	-
	[2]	135		202	121	-	-	-	-	-
	[3]	-	109	-	-	-	531	-	994	2407
/o/	[1]	110	99	211	123	422	363	921	843	-
	[2]	115		210	121	-	-	-	-	-
	[3]	-	102	-	-	-	426	-	864	2414
/u/	[1]	94	83	222	127	335	303	862	814	-
	[2]	89		225	127	-	-	-	-	-
	[3]	-	89	-	-	-	315	-	678	1662
/ɐ/	[1]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	[2]	118		205	114	-	-	-	-	-
	[3]	-	86	-	-	-	511	-	1602	2559

[1] - (Escudero et al., 2009)

[2] - (Costa, 2004)

[3] - (Martins, 1973)

F - Género Feminino

M - Género Masculino

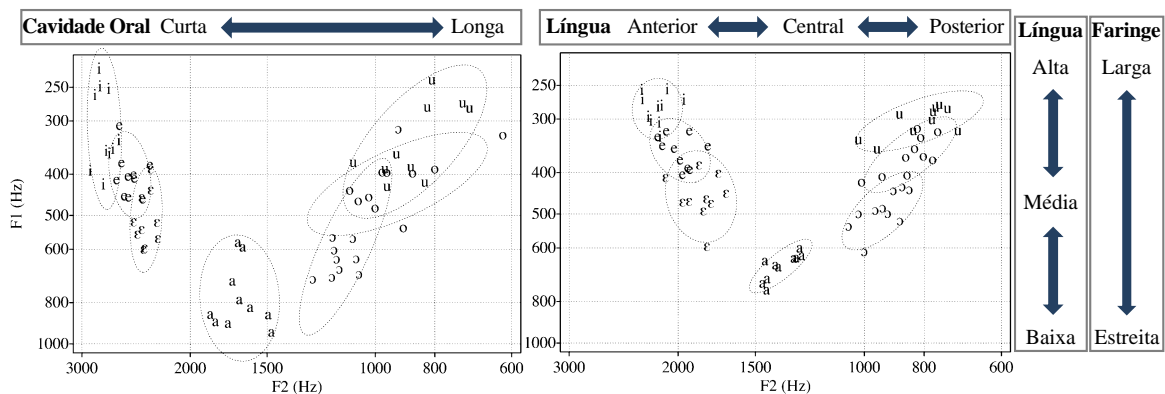


Figura 5: F1 e F2 de mulheres (à esquerda) e homens (à direita) falantes do PE (adaptado de Escudero et al., 2009; Mendes et al., 2013)

### 3. METODOLOGIA

---

Neste capítulo, é descrita a metodologia adotada na realização do presente estudo, nomeadamente o modo de obtenção dos dados (secção 3.1.), a construção do *corpus* (secção 3.2.) e a amostra selecionada para o estudo (secção 3.3.). Neste capítulo é, ainda, apresentado o método utilizado para segmentar e anotar o *corpus* (secção 3.4.), bem como a metodologia adotada na extração dos dados (secção 3.5.) e na análise estatística dos mesmos (secção 3.6.).

#### 3.1. Obtenção dos dados

Os dados analisados no presente estudo foram gentilmente cedidos pela Microsoft, tendo sido obtidos através da campanha “Doar a Voz”, iniciativa que se enquadra no projeto LUL (*Living Usability Lab*) e que tem por objetivo melhorar o estado atual das tecnologias de fala em português, para que estas possam vir a ser utilizadas por seniores em aplicações que utilizem interfaces controladas por fala (Júdice et al., 2010).

Para a recolha de dados de fala de pessoas idosas, foi utilizada a plataforma web “Doar a Voz”, baseada numa outra já existente (*Your Speech*), e que consiste num servidor http e numa aplicação cliente que recolhe áudio, utilizando uma componente *Silverlight*, no visualizador *Internet Explorer*. Esta plataforma foi adaptada à população sénior (caracteres de maior dimensão, simplificação da interface gráfica, recalibração do algoritmo de deteção de fala de forma a suportar pausas mais longas, etc.) (Hämäläinen et al., 2012; Júdice et al., 2010). “Doar a Voz” é uma ferramenta baseada numa abordagem *crowdsourcing*<sup>1</sup> (Brabham, 2008 apud Júdice et al., 2010), desenhada para recolher dados de fala a baixos custos para qualquer língua (Júdice et al., 2010).

A plataforma “Doar a voz” teve como objetivo obter dados de fala de cidadãos seniores portugueses, mais especificamente de pessoas com 60 anos ou mais, residentes em Portugal e que tivessem o português como língua materna (Júdice et al., 2010). Deste modo, o registo do participante incluía dados como apelido, género, região e endereço de correio eletrónico. Para além da idade e de capacidades mínimas de leitura, compreensão e expressão verbal, não existia qualquer outro critério de seleção dos informantes (Hämäläinen et al., 2012).

A recolha de dados de fala de cidadãos seniores teve início em Outubro de 2010 e terminou em Maio de 2012. A maior parte das sessões de recolha decorreu em universidades seniores (da zona de Lisboa, Oeiras, Cascais e Porto) e contou com o auxílio de colaboradores do *Microsoft Language Development Center* (MLDC) e ainda de 18 estudantes, devidamente treinados para o efeito (Hämäläinen et al., 2012). 54% dos dados de fala foram gravados em ficheiros de áudio, recorrendo a uma frequência de amostragem de 16 kHz e uma resolução de 16 bit por amostra, sem qualquer tipo de compressão e em formato *wav* (Hämäläinen et al., 2012; Júdice et al., 2010). No entanto, no início de 2012, a plataforma sofreu uma atualização, estando gravados os restantes 46% dos dados a uma frequência de amostragem de 22 kHz (Hämäläinen et al., 2012).

#### 3.2. Corpus

A construção do *corpus* visou selecionar um conjunto de frases que resultassem num *corpus* de leitura, adequado ao treino de modelos acústicos, a utilizar numa grande variedade de aplicações controladas por fala. O *corpus* incluiu frases foneticamente ricas, bem como outro tipo de expressões verbais usadas em aplicações controladas por fala (ex. dígitos isolados, números, datas e expressões temporais) (Hämäläinen et al., 2012; Oliveira et al., 2013). Para além disso, foram incluídas frases específicas para aplicações controladas por fala, desenvolvidas no âmbito do LUL (ex. *Living Home Center*) (Pires et al., 2012).

As frases foneticamente ricas foram extraídas de outros *corpora* do PE, nomeadamente do CETEMPúblico<sup>2</sup> e da literatura clássica portuguesa (Júdice et al., 2010). Tendo em conta as características do

---

<sup>1</sup> “*Crowdsourcing* is a term used to describe the leveraging of vast amounts of people to achieve a specific goal in a collaborative manner over the Internet. Many crowd-sourcing initiatives have been made possible due to the availability of Web 2.0 technologies, which enable massive collaboration projects to take place.” (Júdice et al., 2010)

<sup>2</sup> O CETEMPúblico (em <http://www.linguateca.pt/CETEMPUBLICO/>) é um *corpus* de aproximadamente 180 milhões de palavras em PE, criado no âmbito do projeto Processamento Computacional do Português (que deu origem à Linguateca), após a assinatura de um protocolo



público-alvo, foram evitadas frases longas e complexas e frases relacionadas com tópicos sensíveis (ex. morte) (Júdice et al., 2010). Os números naturais correspondem a números decimais de 4 a 6 dígitos (ex. 3,455) que, na prática, foram algumas vezes pronunciados pelos falantes de formas inesperadas. Os nomes de pessoas consistem em combinações de nomes portugueses (ex. Alice Neto), e os nomes de cidades contêm um total de 500 cidades portuguesas (ex. Aveiro) e também nomes de cidades europeias em português (Hämäläinen et al., 2012).

As frases aplicacionais contêm comandos completos considerados relevantes para as aplicações do LUL: e-mail ativado por voz (ex. abrir mensagem), calendário/ agenda (ex. ativar alarme), entre outros. As palavras aplicacionais são versões reduzidas destas expressões (ex. responder, favoritos) e as palavras da Internet consistem em sítios importantes (ex. *Hotmail*), aplicações (ex. *Internet Explorer*) e comandos de teclado (ex. enter). PIM (*Personal Information Management Applications*) refere-se a comandos que podem ser usados em aplicações de gestão de informação pessoal, tais como comandos para gestão de pedidos de reunião e gestão da agenda (Hämäläinen et al., 2012).

As expressões numéricas (ex. números, datas) foram apresentadas aos informantes em formato não normalizado, no sentido de capturar todas as variações possíveis de leitura deste tipo de expressões. Por exemplo '1 de Janeiro' pode ser pronunciado como 'Um de Janeiro' ou como 'Primeiro de Janeiro' (Hämäläinen et al., 2012).

A cada sujeito foi solicitado que pronunciasse um conjunto de 160 frases selecionadas a partir das 14 categorias presentes na Tabela 4, de modo a que todas as categorias e frases fossem representadas de uma forma equilibrada no *corpus*. Isto resultou em sessões de gravação com cerca de 20 minutos, o que corresponde a cerca de 6-7 minutos de fala pura (Hämäläinen et al., 2012).

No total, foram recolhidas cerca de 194 horas de fala, das quais quase 92 horas correspondem a fala pura de 1011 indivíduos idosos (Hämäläinen et al., 2012). No total, o *corpus* inclui 161760 frases com 860000 palavras, das quais 10500 são palavras únicas (Hämäläinen et al., 2012).

**Tabela 4: Número de frases diferentes selecionadas e quantidade de fala pura recolhida para cada uma das categorias (adaptado de Hämäläinen et al., 2012)**

Categoria	Observações Únicas	Fala Pura (hh:mm:ss)
Frases foneticamente ricas	3497	50:15:29
Números naturais	750	03:00:40
Dígitos isolados	10	00:17:37
Números de telefone	150	06:05:59
Códigos PIN	150	03:01:48
Datas	750	08:01:46
Horas	1125	04:23:06
Intervalos horários	368	02:11:41
Nomes de Pessoas	750	02:55:56
Nomes de cidades	497	03:27:18
Palavras aplicacionais	208	02:14:32
Frases aplicacionais	416	03:54:50
Palavras da Internet	29	01:04:38
PIM	199	00:59:37
<b>Total</b>	<b>8899</b>	<b>91:37:09</b>

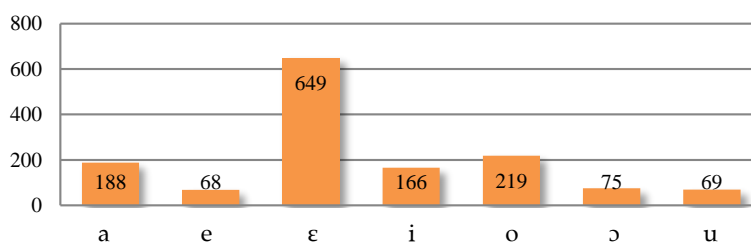
Tendo em conta que o objetivo do presente estudo é analisar as vogais orais do PE que podem ocupar a posição tónica, à exceção do [v], ou seja [a], [ɛ], [e], [i], [ɔ], [o] e [u], apenas foram selecionadas para o estudo determinadas palavras do *corpus*.

Para além disso, e para que os dados obtidos para a população idosa possam ser comparáveis com os da população adulta (cf. Escudero et al. (2009)), do *corpus* total apenas foram selecionadas palavras dissilábicas (CVCV), com as vogais-alvo em posição tónica entre oclusivas surdas e sonoras ([p], [t], [k], [b], [d] e [g]) e/ou fricativas surdas e sonoras ([f], [s], [ʃ], [v], [z] e [ʒ]), o que perfaz um total de 1434 palavras válidas no

---

entre o Ministério da Ciência e da Tecnologia (MCT) português e o jornal PÚBLICO em 2000 (Rocha & Santos, 2000; Santos & Rocha, 2001). Este *corpus* foi anotado automaticamente pelo analisador sintático, para o português, PALAVRAS, desenvolvido por Eckhard Bick (Rocha & Santos, 2000; Santos & Rocha, 2001).

*corpus*, sendo 116 destas únicas (ANEXO E). No total de palavras válidas, a vogal que apresenta uma maior ocorrência é o [ɛ] e as que ocorrem com menor frequência são as vogais [ɔ], [u] e [e] (Figura 6).

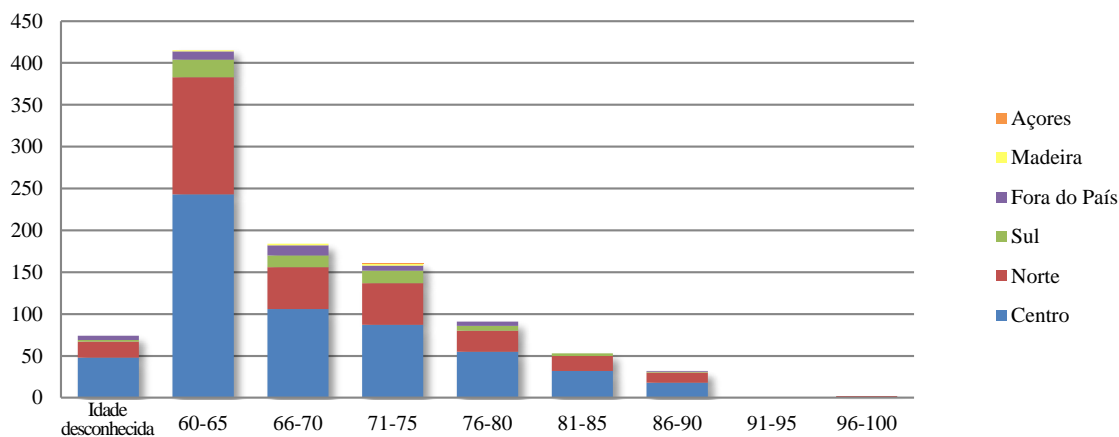


**Figura 6:** Número de ocorrências de cada vogal nas 1434 palavras válidas do *corpus*.

Uma vez que não foi utilizada uma frase de suporte e de modo a evitar as variações dos valores de frequência fundamental e dos formantes em contexto de início e fim de frase, tentou-se, numa primeira fase, eliminar do *corpus* as palavras que surgiam nestes contextos e em contexto isolado, assim como em frases interrogativas. No entanto, este critério não pôde ser aplicado de forma sistemática, uma vez que levava à exclusão de vogais que surgem com menor frequência. Assim, a influência do contexto nos parâmetros acústicos da vogal em análise foi analisado caso a caso.

### 3.3. Amostra

Os dados de fala recolhidos correspondem a 1011 indivíduos com 60 anos ou mais, maioritariamente do género feminino (726 (71,8%) do género feminino e 285 (28,2%) do género masculino). Relativamente à distribuição geográfica, a maioria dos informantes é proveniente da região centro (589 indivíduos), como se pode observar na Figura 7. No que concerne à distribuição dos informantes por faixa etária, como seria de esperar, o número de sujeitos por faixa etária diminui com o aumento da idade. Assim, a maioria dos participantes tem entre 60 e 65 anos de idade (Figura 7) (Hämäläinen et al., 2012).



**Figura 7:** Distribuição dos informantes da amostra por região e faixa etária (adaptado de Hämäläinen et al., 2012)

Na impossibilidade de analisar a totalidade dos informantes, foram apenas considerados os indivíduos oriundos da região centro. Como critérios de exclusão, teve-se em conta a qualidade da gravação, ou seja a presença de ruído de fundo ou do microfone, devidamente assinalados na base de dados, e o facto de o idoso não ter completado a gravação (i.e. o número de enunciados produzidos pelo informante ser diferente de 160).

Do total da amostra, tendo em conta os critérios de inclusão e exclusão, obtiveram-se 508 informantes. Ao cruzar os 508 informantes com a obrigatoriedade de produzirem pelo menos uma das palavras do *corpus* seleccionado (ANEXO E), obteve-se um total de 491 informantes válidos, 132 do género masculino e 359 do género feminino, como se pode verificar na Figura 8.

De seguida, sempre que possível, tentou-se seleccionar informantes que tivessem produzido pelo menos uma palavra para cada vogal em análise. Deste modo, procedeu-se a uma seleção da amostra por conveniência,

com escolha aleatória de 7 elementos por género e faixa etária. No entanto, não foi possível obter este número de informantes, no género masculino, nas faixas etárias [81-85]<sup>3</sup> e [86-90], e por isso apenas foram incluídos no estudo 78 informantes. Para posterior análise dos dados, os informantes foram agrupados em três faixas etárias [60-70], [71-80] e [81-90], como apresentado na Tabela 5.

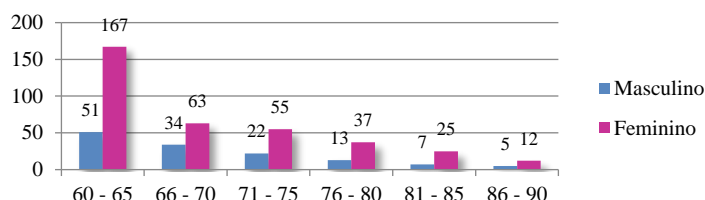


Figura 8: Distribuição dos informantes válidos por género e faixa etária

Tabela 5: Informantes agrupados em três faixas etárias

	Masculino	Feminino
[60-70]	14	14
[71-80]	14	14
[81-90]	8	14
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>42</b>

### 3.4. Anotação

Cada informante gravou 160 enunciados e cada enunciado, que continha palavras-alvo, foi analisado no *software* Praat (Boersma & Weenink, 2012), de modo a verificar a qualidade da gravação e a presença da palavra-alvo. Posteriormente, utilizando o mesmo *software*, foram criados dois níveis de anotação: “palavra” e “fones”. No primeiro nível, foi anotada a palavra ortográfica e, no segundo, a vogal-alvo e os segmentos anterior e posterior, em *Speech Assessment Methods Phonetic Alphabet* (SAMPA) (Figura 9). Na realização da anotação, foi tido em conta o sinal acústico, o espectrograma e a perceção auditiva do anotador. O facto de o contexto escolhido não se limitar a consoantes surdas levantou, por vezes, dificuldades na identificação dos limites de cada vogal. Os pontos de início e fim de vogal selecionados correspondem a cruzamentos da onda sonora por zero.

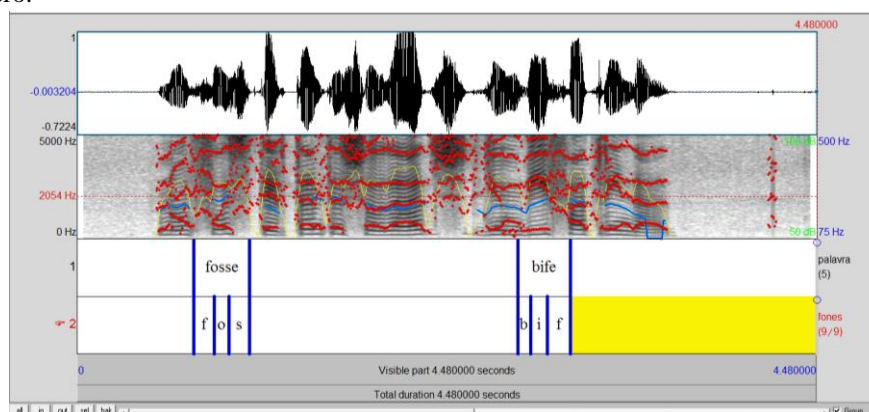


Figura 9: Anotação no *software* Praat dos dois níveis: "palavra" e "fones"

Para cada informante apenas foram anotadas no máximo três palavras iguais. Deste modo, nos 78 informantes foram anotadas 1185 palavras. Como se pode observar na Figura 10, ao comparar as vogais anotadas nos 78 informantes com o número de ocorrências de cada vogal nas 11280 palavras válidas dos 491 informantes, o método adotado reduziu consideravelmente a ocorrência da vogal [ɛ] em relação às restantes vogais.

<sup>3</sup> Apesar de na faixa etária [81-85] anos existirem 7 informantes válidos, 2 foram excluídos devido a problemas na qualidade de gravação, nomeadamente presença de *clipping* no sinal.

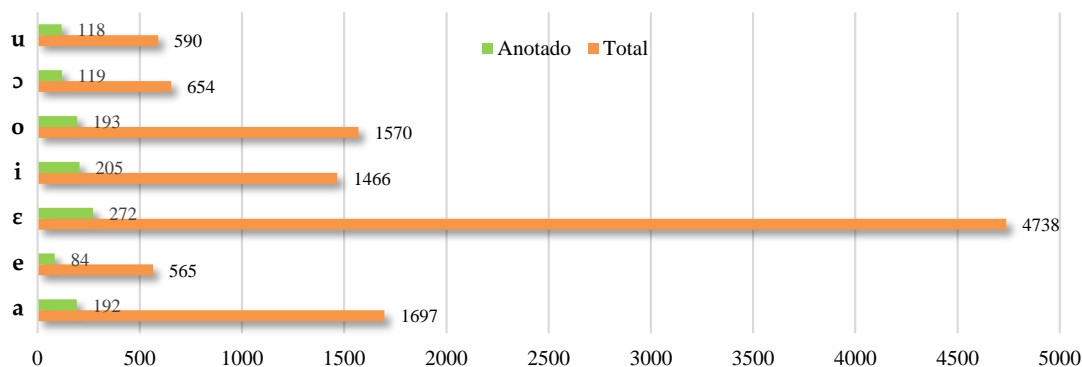


Figura 10: Ocorrência de cada vogal no total dos informantes válidos versus ocorrência de cada vogal anotada

### 3.5. Extração de dados

De modo a otimizar o tempo e a evitar possíveis erros decorrentes de uma extração manual, optou-se por uma extração semiautomática dos dados. Para tal, foi criado no *software* Praat (Boersma & Weenink, 2012) um conjunto de *scripts*, baseados nos usados por Escudero et al. (2009).

Neste estudo, optou-se por calcular a mediana de F0 das vogais, em detrimento da média, de modo a obter uma estimativa robusta de F0, reduzindo o efeito de eventuais erros de medição. A F0 foi estimada apenas nos 40% centrais da vogal, o que minimiza o impacto das consoantes adjacentes na estimativa de F0 (Escudero et al., 2009). Os valores de F0 foram determinados através do método de correlação cruzada (*cross-correlation method*), que é particularmente adequado para a medição de vogais curtas (Escudero et al., 2009). O intervalo de F0 em análise foi fixado em 60-400 Hz para o género masculino e em 120-400 Hz para o género feminino (Escudero et al., 2009). Sempre que esta análise falhou, o que apenas ocorreu no género feminino, foi realizada automaticamente uma nova tentativa usando um limite inferior de 75 Hz (o que se verificou em apenas 11 das 1185 vogais). Adicionalmente, as vogais que apresentavam uma duração inferior a 35 ms foram identificadas, o que ocorreu em três vogais no género feminino e duas no género masculino.

Com base em Escudero et al. (2009), para extrair os valores de F1 e F2, foi implementado um método de otimização do limite dos formantes (*formant ceiling*) para cada vogal e cada informante. Os valores de F1 e F2 foram determinados 201 vezes para cada vogal, em intervalos de 10 Hz, de 4500 a 6500 Hz para o género feminino, e de 4000 a 6000 Hz para o género masculino. O limite que deu origem à menor variação (ou seja, ao menor desvio-padrão relativamente às restantes medidas de F1-F2<sup>4</sup>) foi considerado o “limite ótimo”. Assim cada informante, para cada vogal produzida, tem apenas um “limite ótimo”.

Relativamente à duração, o seu cálculo teve em consideração os limites esquerdo e direito fixados manualmente para cada vogal.

Os valores de F0, F1, F2 e duração foram aleatoriamente validados com uma análise manual no Praat. Adicionalmente, todas as vogais identificadas como curtas ou cuja análise foi refeita para um limite inferior de 75 Hz (para o género feminino) foram verificadas. Para além disso, todas as vogais que apresentavam valores discrepantes de F0, F1, F2 ou duração foram igualmente verificadas. Estas verificações resultaram em 43 vogais excluídas do estudo.

### 3.6. Análise Estatística

A análise estatística foi realizada no *software IBM SPSS Statistics* (SPSS 21.0) e teve em conta os procedimentos adotados no estudo realizado em Escudero et al. (2009), permitindo uma posterior comparação dos dados. Os valores das variáveis F0, F1, F2 e duração foram calculados para todas as produções e, posteriormente, foi realizada a mediana das repetições para cada vogal e por informante. Ou seja, para cada

<sup>4</sup> O desvio-padrão das formantes é calculado através da raiz quadrada da soma do desvio-padrão de F1 ao quadrado com o desvio-padrão de F2 ao quadrado.

informante foi calculado apenas um valor final (mais representativo) de F0, F1, F2 e duração para cada vogal ([a], [ɛ], [e], [i], [ɔ], [o] e [u]).

A nível da análise descritiva, calculou-se o valor da média e do desvio-padrão das variáveis referidas anteriormente para cada um dos seis grupos da amostra. No estudo realizado em Escudero et al. (2009), os valores são apresentados em escala logarítmica de base 10. De modo a verificar o impacto desta conversão nos resultados do estudo, compararam-se os resultados estatísticos obtidos com os valores convertidos em base logarítmica com os resultados baseados nos valores originais (em Hz ou ms). Observou-se que não existiam diferenças nos resultados entre os dois tipos de análise (valores logarítmicos *versus* valores originais) e por esta razão, optou-se por efetuar toda a análise de dados subsequente com os valores originais.

Uma vez que existem informantes com vogais em falta surgiram campos vazios (*missing values*) no SPSS. Quando isto acontece, todo o informante é excluído do estudo da ANOVA (*Listwise Method*), o que implica uma redução considerável da amostra para 41 informantes. As percentagens de *missing values* por vogal são inferiores a 20%, com a exceção da vogal [e], que apresenta 23,1% de *missing values* (Anexo F). Esta variável poderá ser mais problemática para interpretação dos resultados.

Por forma a analisar estatisticamente a totalidade dos dados anotados, estudou-se a hipótese de obter os dados em falta através de um método de imputação de dados. As abordagens tradicionais para lidar com *missing data* (*Listwise Method*, *Pairwise Method* e *Mean substitution*) apresentam um significativo enviesamento dos dados devido a estimativas tendenciosas e desvios-padrão incorretos (Acock, 2005). Por isso, optou-se por outras alternativas, como métodos de imputação simples (método de regressão ou método *expectation-maximization* ou *maximum likelihood estimation*) e imputação múltipla (Acock, 2005).

A capacidade de calcular os *missing data* com o menor erro possível advém, não só, do método de imputação de dados, mas também, do tipo de *missing data*. Todos os métodos referidos anteriormente apresentam melhores resultados quando os *missing data* são do tipo MCAR<sup>5</sup> (*Missing Completely at Random*) (Acock, 2005; Baraldi & Enders, 2010; Scheffer, 2002).

Dois métodos de imputação simples foram aplicados para preencher os dados em falta: o método de regressão (estimação do ajustamento através do método dos resíduos) e o método *expectation-maximization* (EM) (assumindo a distribuição normal). Estes métodos estão implementados no SPSS (*Missing Value Analysis*), tendo-se obtido resultados semelhantes em ambos. Deste modo, optou-se pelo método EM, uma vez que o SPSS apenas permite testar se existe ou não uma situação do tipo MCAR (*little mcar test*) neste método. Neste estudo, para as variáveis em análise o *little mcar test* não rejeita H<sub>0</sub>, portanto assume-se que os dados são do tipo MCAR.

Relativamente à análise inferencial, aplicou-se uma ANOVA de três fatores mistos, em que o fator vogal é do tipo medidas repetidas, com 7 níveis, e os fatores género (com dois níveis) e idade (com três níveis) são do tipo amostras independentes. Neste estudo, o nível de significância utilizado em todos os testes estatísticos foi de 0,05. De um modo geral, todos os requisitos para a aplicação da ANOVA de três fatores mistos foram cumpridos: Esfericidade (Teste de Mauchly), Homogeneidade (Teste de Levene) e Normalidade dos Resíduos (Teste de Shapiro-Wilk) (Tabela 6). A Esfericidade nas variáveis F0, F1, F2 e duração não foi assumida, sendo que em todas elas foi feita a leitura do épsilon de Huynh-Feldt (E). Contudo, convém salvaguardar que os valores do épsilon são inferiores a 0,75 no caso de F1 e F2, pelo que os resultados da ANOVA podem ser influenciados por este fator de correção. No entanto, em Escudero et al. (2009) o critério da Esfericidade é verificado através de E a rondar os 0,5.

**Tabela 6: Resultados dos pressupostos para a validação da ANOVA de três fatores mistos**

Variáveis medidas	Normalidade dos resíduos	Homogeneidade das variâncias	Critério da esfericidade
F0	Cumprido	Cumprido	Cumprido: E = 0,829
F1	Cumprido	Cumprido	Cumprido: E = 0,631
F2	Cumprido	Cumprido	Cumprido: E = 0,500
Duração	Cumprido	Cumprido	Cumprido: E = 0,916

<sup>5</sup> MCAR significa que “*the probability of “missingness” of a variable is not related to any of the study variables*” (Saunders et al., 2006, p. 20). Ou seja, os dados em falta são completamente aleatórios, não apresentando qualquer correlação entre si.

## 4. RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados da análise descritiva e inferencial de F0, F1, F2 e duração. Esta análise estatística tem por objetivo determinar a influência dos fatores idade, género e vogal nos valores de F0, F1, F2 e duração das vogais orais do PE, como já foi referido na Introdução.

### 4.1. Frequência Fundamental

Nesta secção, são apresentados os resultados da análise descritiva e inferencial dos valores de F0. A Tabela 7 refere-se à análise descritiva, nomeadamente as médias e desvios-padrão aritméticos<sup>6</sup> de F0. Na Tabela 8, são mostrados os resultados inferenciais da análise de variância de F0 em função da idade, do género, da vogal e da interação entre os vários fatores.

**Tabela 7: Médias e desvios-padrão aritméticos de F0 (Hz) das vogais do PE produzidas por idosos de ambos os géneros**

	Idade	N	[i]	[e]	[ɛ]	[a]	[ɔ]	[o]	[u]	Total
Feminino	60-70	14	196,3 ± 35,6	194,0 ± 28,7	188,9 ± 27,9	185,6 ± 26,6	207,7 ± 24,7	216,0 ± 27,4	214,3 ± 22,6	200,4 ± 27,2
	71-80	14	195,4 ± 34,8	189,3 ± 41,6	176,1 ± 29,6	173,7 ± 29,1	200,5 ± 31,2	191,2 ± 30,1	203,2 ± 40,7	189,9 ± 27,2
	81-90	14	190,2 ± 37,5	190,9 ± 27,8	179,2 ± 24,2	176,2 ± 26,7	188,4 ± 34,4	190,3 ± 37,5	198,4 ± 27,3	187,6 ± 27,2
	<b>Total</b>	42	194,0 ± 35,2	191,4 ± 32,5	181,4 ± 27,2	178,5 ± 27,3	198,9 ± 30,7	199,2 ± 33,4	205,3 ± 31,1	192,7 ± 27,2
Masculino	60-70	14	126,6 ± 30,9	124,1 ± 34,2	124,4 ± 37,8	119,9 ± 38,9	139,4 ± 38,9	128,9 ± 39,7	143,1 ± 40,0	129,5 ± 27,2
	71-80	14	145,3 ± 28,9	138,9 ± 27,7	133,1 ± 20,4	121,4 ± 26,0	142,4 ± 23,6	142,1 ± 29,2	151,7 ± 22,4	139,3 ± 27,2
	81-90	8	142,9 ± 28,2	131,9 ± 37,9	138,3 ± 31,1	137,6 ± 31,7	140,7 ± 26,9	144,4 ± 39,5	146,4 ± 31,3	140,3 ± 27,2
	<b>Total</b>	36	137,5 ± 30,0	131,6 ± 32,4	130,9 ± 30,2	124,4 ± 32,6	140,8 ± 30,2	137,5 ± 35,6	147,2 ± 31,5	136,4 ± 28,1
Total	60-70	28	161,5 ± 42,2	159,0 ± 47,2	156,6 ± 46,3	152,7 ± 46,8	173,6 ± 47,2	172,4 ± 55,6	178,7 ± 48,3	164,9 ± 27,2
	71-80	28	170,4 ± 40,5	164,1 ± 43,1	154,6 ± 33,2	147,5 ± 38,0	171,4 ± 40,1	166,7 ± 38,4	177,5 ± 41,5	164,6 ± 27,2
	81-90	22	173,0 ± 41,0	169,5 ± 42,4	164,4 ± 33,0	162,2 ± 33,7	171,1 ± 39,1	173,6 ± 43,6	179,5 ± 38,0	164,0 ± 28,3
	<b>Total</b>	78	167,9 ± 43,3	163,8 ± 44,1	158,1 ± 38,1	153,5 ± 40,2	172,1 ± 42,0	170,7 ± 46,1	178,5 ± 42,6	

*Nota: N - Número da amostra.*

**Tabela 8: Análise de variância de F0 em função do género, da idade, da vogal e da interação entre os fatores**

Fatores	df1	df2	F	p-value
<b>Género</b>	1	72	80,066	<0,001*
<b>Idade</b>	2	72	0,007	0,993
<b>Vogal</b>	4,975	358,233	16,346	<0,001*
<b>Género * Idade</b>	2	72	1,430	0,246
<b>Vogal * Género</b>	4,975	358,233	1,027	0,401
<b>Vogal * Idade</b>	9,951	358,233	1,285	0,237
<b>Vogal * Género * Idade</b>	9,951	358,233	0,749	0,678

*Notas: df - degrees of freedom (graus de liberdade)*

*\* - indica diferenças estatisticamente significativas para  $\alpha=0,05$*

Da análise de variância de F0, apresentada na Tabela 8, observa-se que apenas os fatores género e vogal apresentam diferenças estatisticamente significativas. Também não foi verificada qualquer interação entre os vários fatores em estudo.

A diferença entre os géneros é estatisticamente significativa para um valor de  $\alpha=0,05$ :  $F(1;72)=80,066$ ;  $p<0,001$ . Segundo os dados da Tabela 7, os valores médios de F0 são superiores no género feminino (192,7 Hz ± 27,2) em comparação com o género masculino (136,4 Hz ± 28,1).

<sup>6</sup> As médias (M) e desvios-padrão (DP) referidos ao longo deste capítulo surgem sempre no formato M ± DP.

A diferença entre as vogais é estatisticamente significativa, pelo menos para uma das vogais consideradas, para um valor de  $\alpha=0,05$ :  $F(4,975;358,233)=16,346$ ;  $p<0,001$ . De acordo com a Tabela 7, a média de F0 progride da seguinte forma: [a] (153,5 Hz  $\pm$  40,2) < [ɛ] (158,1 Hz  $\pm$  38,1) < [e] (163,8 Hz  $\pm$  44,1) < [i] (167,9 Hz  $\pm$  43,3) < [o] (170,7 Hz  $\pm$  46,1) < [ɔ] (172,1 Hz  $\pm$  42,0) < [u] (178,5 Hz  $\pm$  42,6). De modo a permitir uma melhor visualização dos resultados obtidos, a Figura 11 apresenta as médias geométricas de F0 (determinadas com os dados em valores logarítmicos) em função da vogal para cada grupo de informantes. Assim, conclui-se que as vogais [i], [o], [ɔ] e [u] apresentam os valores mais elevados de F0, enquanto a vogal [a] é a que tem os valores mais baixos.

Para o fator idade, os três níveis apresentam o mesmo efeito ( $F(2;72)=0,007$ ;  $p=0,993$ ). Contudo, para as várias vogais analisadas, o valor médio de F0 é superior nas mulheres de [60-70] anos, comparativamente às mulheres mais velhas. No género masculino, observa-se o inverso, ou seja, o valor médio de F0 é inferior nos homens de [60-70] anos, comparativamente aos dos [71-80] e [81-90] anos.

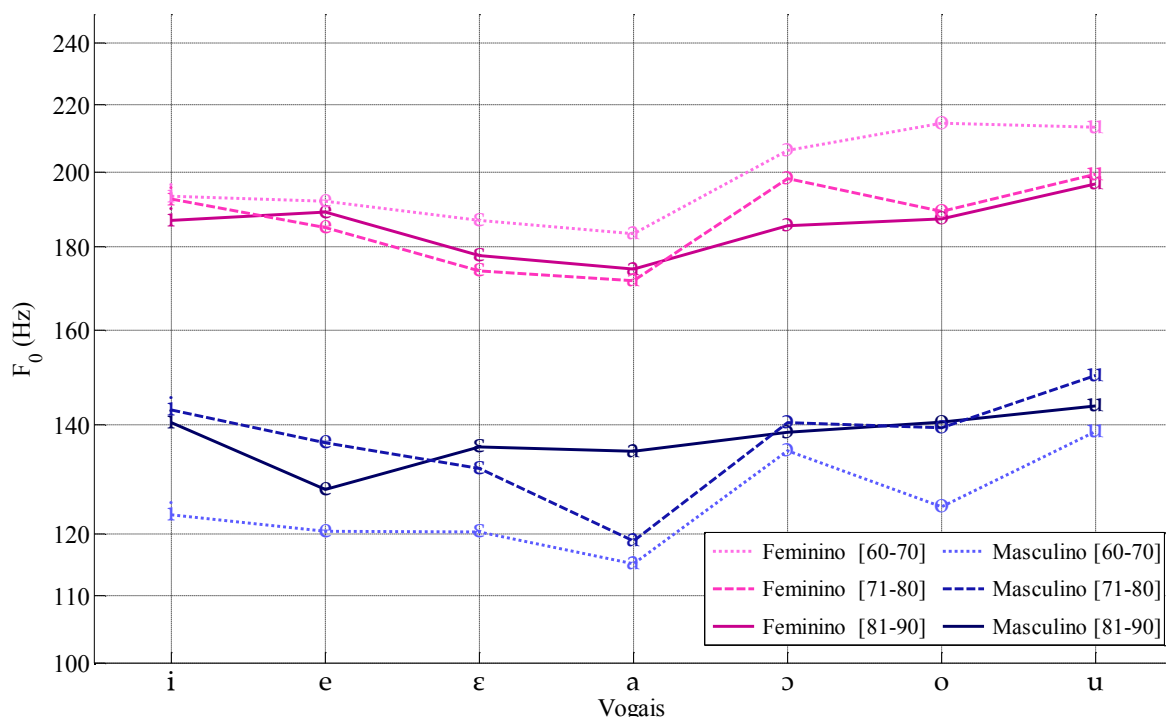


Figura 11: Média de F0 em função da vogal para cada grupo de informantes

## 4.2. Frequência dos Formantes

Nesta secção, antes de proceder à descrição dos resultados da análise descritiva e inferencial dos valores de F1 e F2, são apresentados os gráficos F1/F2. As elipses dos gráficos F1/F2 correspondem a elipses de dois desvios-padrão (note-se que estas elipses foram determinadas com os dados em valores logarítmicos, de acordo com Escudero et al. (2009)). Para uma distribuição normal, estas elipses representam 86,5% dos dados.

Na Figura 12 são apresentados os gráficos F1/F2 com base nos valores de todas as produções dos vários informantes. Em cada um dos gráficos são contemplados 14 informantes (exceto no género masculino, na faixa etária [81-90], em que são apenas 8), sendo o número de produções por informante e vogal variável. Deste modo, nos seis gráficos, estão representadas 1142 produções das vogais-alvo.

Os gráficos F1/F2 seguintes (Figura 13 e Figura 14) foram efetuados tendo em conta os valores medianos de F1 e F2 das várias vogais, produzidas por cada um dos informantes. Deste modo, nos gráficos estão representadas 98 vogais por cada grupo etário feminino e 98 vogais por cada grupo etário masculino (exceto na faixa etária [81-90] em que são apenas 56 vogais (8 informantes \* 7 vogais)). É importante salientar que as medianas de F1 e F2 das várias vogais foram extraídas da tabela obtida no SPSS, através da imputação

de dados pelo método EM, o que faz com que dos seis gráficos 9,9% dos valores correspondam a valores imputados e não reais.

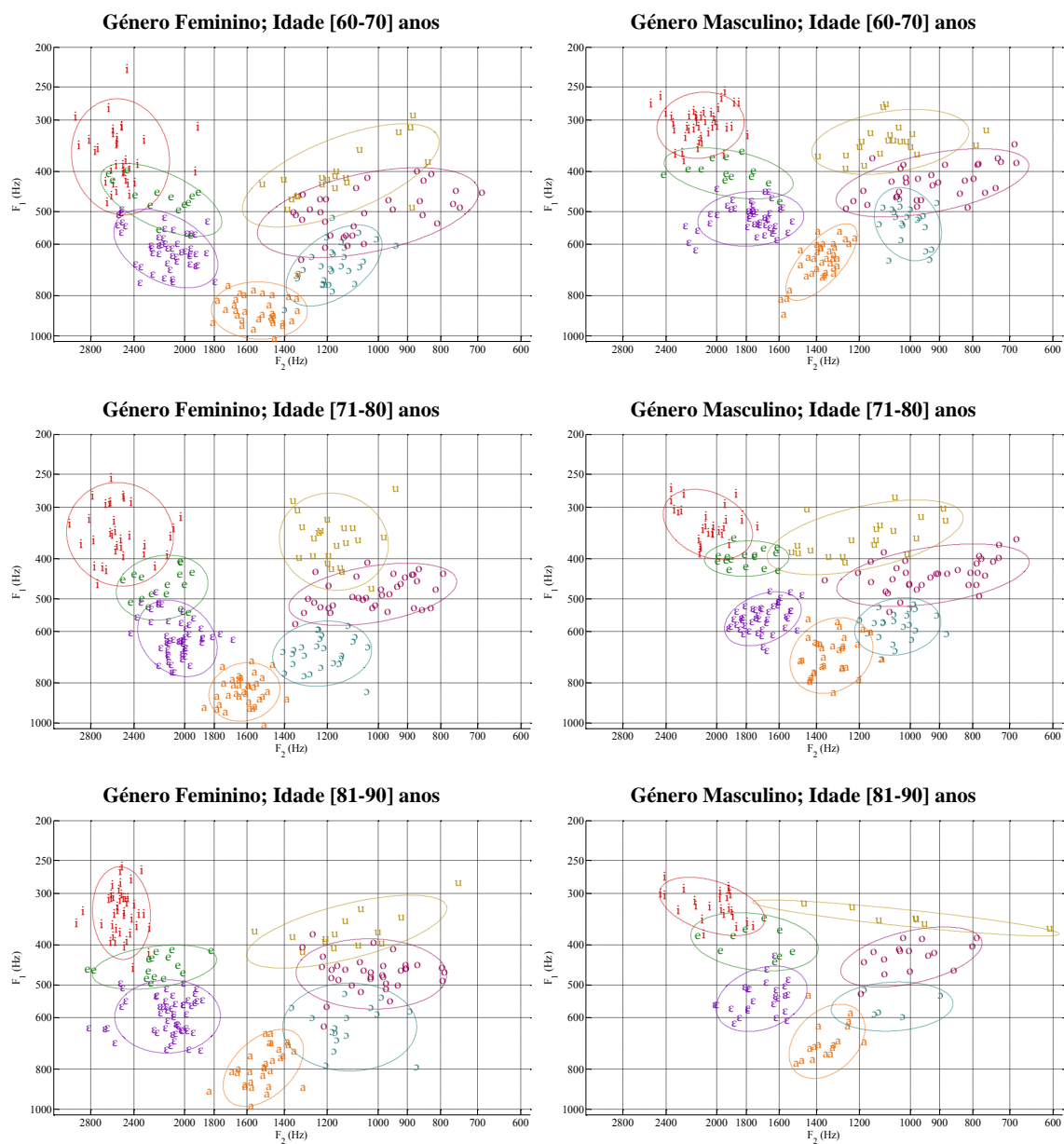


Figura 12: Gráficos F1/F2 de todas as vogais produzidas pelos informantes, divididos por idade e género

De forma a sintetizar os resultados obtidos, o gráfico da Figura 15 apresenta as médias de F1 e F2 para cada grupo de informantes. Cada símbolo representa a média geométrica dos valores medianos de F1 e F2 dos informantes de cada grupo, de acordo com Escudero et al. (2009).



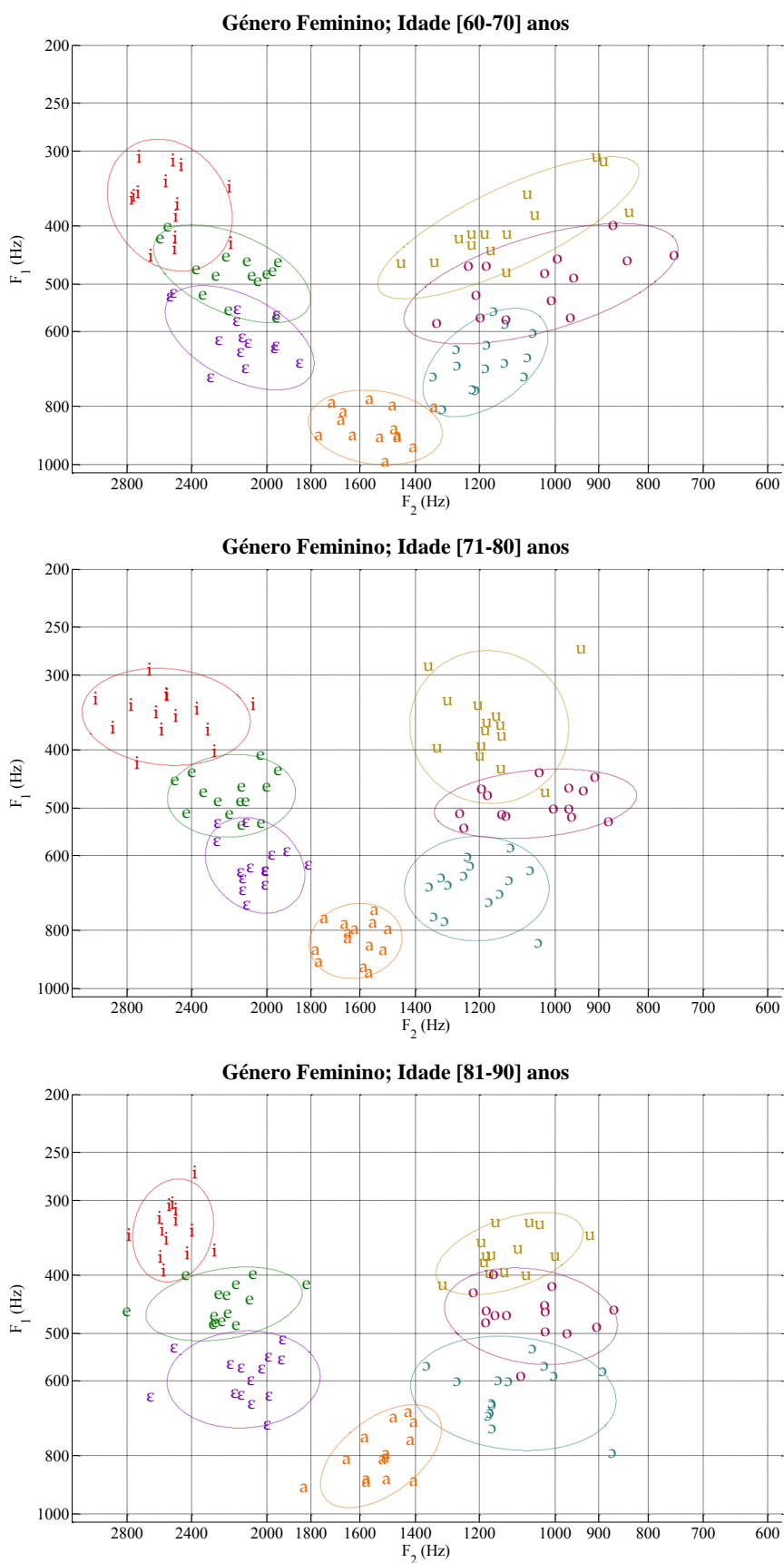


Figura 13: Valores medianos de F1 e F2 do género feminino, por faixa etária

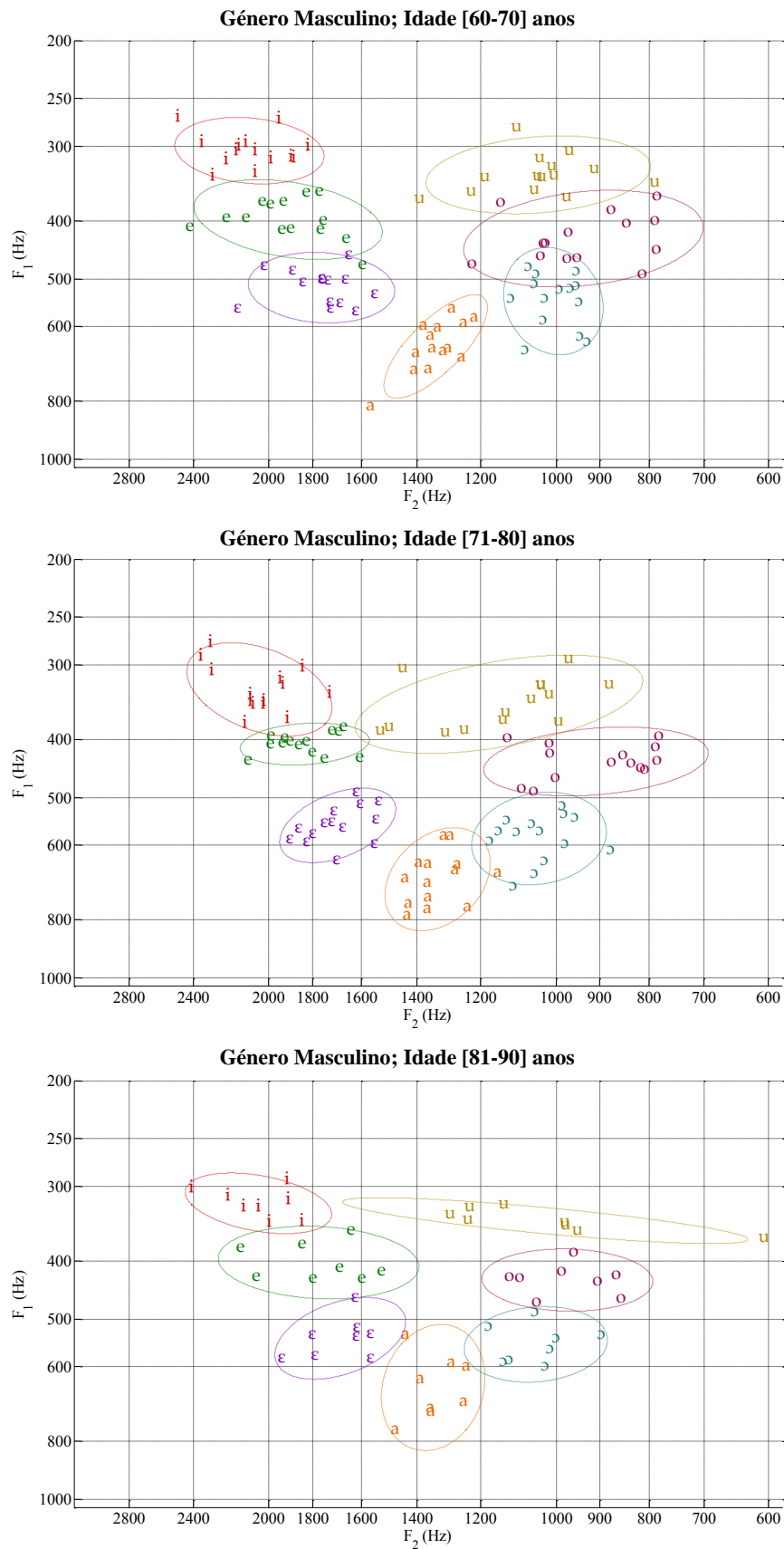


Figura 14: Valores medianos de F1 e F2 do género masculino, por faixa etária

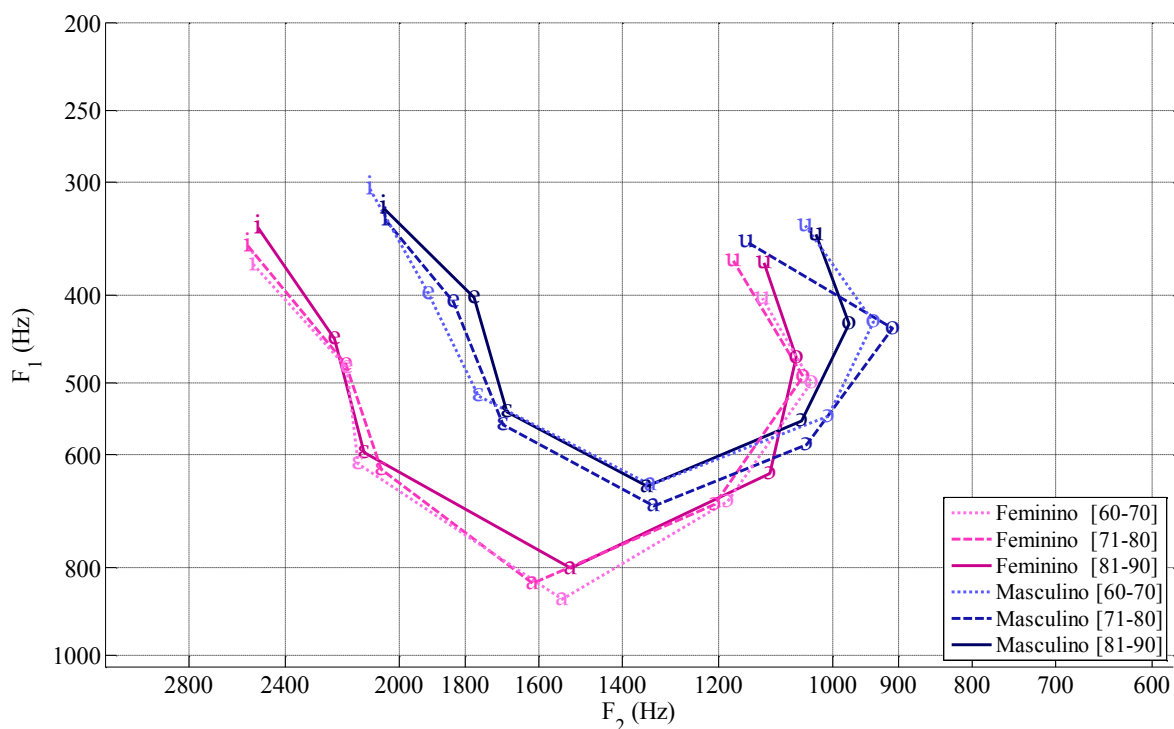


Figura 15: Médias de F1 e F2 dos seis grupos de informantes

#### 4.2.1. Primeiro Formante

Seguem-se os resultados da análise descritiva, nomeadamente as médias e desvios-padrão aritméticos, de F1 (Tabela 9) e a análise de variância de F1 em função da idade, do género, da vogal e da interação entre os vários fatores (Tabela 10).

De acordo com a Tabela 10, da análise de variância de F1 apenas os fatores género ( $F(1;72)=108,048$ ;  $p<0,001$ ) e vogal ( $F(3,784;272,454)=1089,041$ ;  $p<0,001$ ) apresentam diferenças estatisticamente significativas entre os vários níveis.

Tabela 9: Médias e desvios-padrão aritméticos de F1 (Hz) das vogais do PE produzidas por idosos de ambos os géneros

	Idade	N	[i]	[e]	[ε]	[a]	[ɔ]	[o]	[u]	Total
Feminino	60-70	14	372,3 ± 47,7	482,7 ± 45,6	617,3 ± 61,0	869,0 ± 62,5	679,2 ± 70,0	502,5 ± 57,8	406,4 ± 52,5	561,4 ± 32,5
	71-80	14	353,9 ± 33,5	478,5 ± 37,7	625,4 ± 56,5	834,7 ± 60,8	684,3 ± 70,5	493,0 ± 32,5	370,1 ± 53,0	548,6 ± 32,5
	81-90	14	338,5 ± 32,9	447,8 ± 31,4	599,2 ± 56,2	804,6 ± 77,9	633,0 ± 71,5	470,2 ± 45,2	369,3 ± 28,9	523,2 ± 32,5
	<b>Total</b>	42	354,9 ± 40,2	469,7 ± 40,9	614,0 ± 57,6	836,1 ± 71,0	665,5 ± 72,8	488,6 ± 47,2	382,0 ± 48,3	544,4 ± 32,5
Masculino	60-70	14	305,9 ± 19,2	399,0 ± 31,3	518,0 ± 35,0	651,0 ± 67,0	547,0 ± 58,1	429,9 ± 39,3	335,9 ± 24,4	455,2 ± 32,5
	71-80	14	331,1 ± 29,1	407,2 ± 16,5	557,7 ± 39,9	687,0 ± 67,3	587,2 ± 53,8	436,0 ± 29,1	350,6 ± 32,5	479,6 ± 32,5
	81-90	8	320,9 ± 18,7	403,1 ± 27,6	539,8 ± 41,2	654,4 ± 77,9	552,1 ± 39,6	431,0 ± 25,7	342,8 ± 15,1	463,5 ± 32,5
	<b>Total</b>	36	319,1 ± 25,5	403,1 ± 25,1	538,3 ± 41,2	665,8 ± 69,7	563,8 ± 54,8	432,5 ± 32,1	343,2 ± 26,5	466,1 ± 33,7
Total	60-70	28	339,1 ± 49,2	440,9 ± 57,4	567,6 ± 70,3	760,0 ± 127,9	613,1 ± 92,3	466,2 ± 61,0	371,2 ± 53,9	508,3 ± 32,5
	71-80	28	342,5 ± 32,9	442,9 ± 46,1	591,5 ± 59,1	760,9 ± 98,1	635,8 ± 79,0	464,5 ± 41,9	360,4 ± 44,3	514,1 ± 32,5
	81-90	22	332,1 ± 29,4	431,6 ± 36,7	577,6 ± 58,1	749,9 ± 106,1	603,6 ± 72,6	455,9 ± 43,1	359,7 ± 27,7	493,3 ± 33,8
	<b>Total</b>	78	338,4 ± 38,5	439,0 ± 47,9	579,0 ± 63,1	757,5 ± 110,5	618,5 ± 82,4	462,7 ± 49,5	364,1 ± 44,1	

Nota: N - Número da amostra.

**Tabela 10: Análise de variância de F1 em função do gênero, da idade, da vogal e da interação entre os fatores**

Fatores	df1	df2	F	p-value
<b>Gênero</b>	1	72	108,048	<0,001*
<b>Idade</b>	2	72	2,463	0,092
<b>Vogal</b>	3,784	272,454	1089,041	<0,001*
<b>Gênero * Idade</b>	2	72	3,635	0,031*
<b>Vogal * Gênero</b>	3,784	272,454	27,634	<0,001*
<b>Vogal * Idade</b>	7,568	272,454	1,219	0,289
<b>Vogal * Gênero * Idade</b>	7,568	272,454	0,510	0,603

Notas: *df* - degrees of freedom (graus de liberdade)

\* - indica diferenças estatisticamente significativas para  $\alpha=0,05$

Segundo a Tabela 9, os valores de F1 são superiores no gênero feminino (544,4 Hz  $\pm$  32,5) em comparação com o gênero masculino (466,1 Hz  $\pm$  33,7). Em relação ao fator vogal, a média de F1 progride da seguinte forma: [i] (338,4 Hz  $\pm$  38,5) < [u] (364,1 Hz  $\pm$  44,1) < [e] (439,0 Hz  $\pm$  47,9) < [o] (462,7 Hz  $\pm$  49,5) < [ɛ] (579,0 Hz  $\pm$  63,1) < [ɔ] (618,5 Hz  $\pm$  82,4) < [a] (757,5 Hz  $\pm$  110,5). Deste modo, as vogais [ɛ], [a] e [ɔ] são as que apresentam os valores mais elevados de F1, enquanto as vogais [i] e [u] são as que têm os valores mais baixos.

Em relação ao fator idade, não existem diferenças estatisticamente significativas entre os vários níveis (F(2;72)=2,463;  $p=0,092$ ). No entanto, a faixa etária [81-90] anos é a que apresenta os valores mais baixos de F1.

Relativamente à interação entre os vários fatores, foram verificadas interações estatisticamente significativas entre o gênero e a idade ( $\alpha=0,05$ : F(2;72)=3,635;  $p=0,031$ ). Enquanto no gênero feminino o F1 diminui continuamente com o avançar da idade, no gênero masculino o F1 aumenta na passagem dos [60-70] para os [71-80] anos e diminui na faixa etária dos [81-90] anos (Tabela 9).

A interação entre os fatores vogal e gênero também foi estatisticamente significativa para um valor de  $\alpha=0,05$ : F(3,784; 272,454)=27,634;  $p<0,001$ . No entanto, ao analisar a Tabela 9 parece não haver uma interação entre os dois fatores. Uma possível razão para esta discrepância está relacionada com a utilização de um fator de correção fora do intervalo considerado válido para haver esfericidade: [0,75;1].

#### 4.2.2. Segundo Formante

Na Tabela 11, é apresentada a análise descritiva, nomeadamente as médias e desvios-padrão aritméticos de F2. Os resultados inferenciais da análise de variância de F2 em função da idade, do gênero, da vogal e da interação entre os vários fatores são apresentados na Tabela 12.

A diferença entre os gêneros é estatisticamente significativa, para um valor de  $\alpha=0,05$ : F(1;72)=145,219;  $p<0,001$ . Na Tabela 11, observa-se que os valores de F2 são superiores no gênero feminino (1682,5 Hz  $\pm$  88,3) em comparação com o gênero masculino (1436,2 Hz  $\pm$  91,4).

A diferença entre as vogais também é estatisticamente significativa, pelo menos para uma das vogais consideradas, para um valor de  $\alpha=0,05$ : F(3,001;216,104)=1100,719;  $p<0,001$ . Da análise da Tabela 11 conclui-se que a média de F2 progride da seguinte forma: [o] (1003,4 Hz  $\pm$  141,4) < [ɔ] (1107,1 Hz  $\pm$  120,8) < [u] (1121,4 Hz  $\pm$  162,2) < [a] (1459,8 Hz  $\pm$  151,0) < [ɛ] (1931,8 Hz  $\pm$  252,6) < [e] (2042,4 Hz  $\pm$  259,2) < [i] (2322,4 Hz  $\pm$  296,8). De um modo geral, as vogais [i], [e] e [ɛ] são as que apresentam os valores mais elevados de F2, enquanto as vogais [o], [ɔ] e [u] apresentam os valores mais baixos.

A diferença entre as idades não é estatisticamente significativa, para um valor de  $\alpha=0,05$ : F(2;72)=0,351;  $p=0,705$ . Contudo, verifica-se que as mulheres de [81-90] anos são as que apresentam os valores médios mais baixos nas vogais [i], [a], [ɔ] e [u], enquanto nas vogais [e] e [o] são as que apresentam os valores de F2 mais elevados. Na vogal [ɛ] ocorre um aumento de F2 dos [60-70] para os [71-80] anos, voltando a diminuir ligeiramente nos [81-90] anos. Para o gênero masculino, nas vogais [i], [e] e [ɛ] parece haver uma tendência para a diminuição de F2 com o avançar da idade, enquanto a vogal [ɔ] apresenta uma tendência inversa. Na vogal [o] observa-se uma diminuição de F2 dos [60-70] para os [71-80] anos,

aumentando significativamente nos [81-90] anos. Por outro lado, na vogal [u], o F2 aumenta de forma significativa dos [60-70] para os [71-80] anos, tornando a diminuir nos [81-90] anos.

**Tabela 11: Médias e desvios-padrão aritméticos de F2 (Hz) das vogais do PE produzidas por idosos de ambos os géneros**

	Idade	N	[i]	[e]	[ɛ]	[a]	[ɔ]	[o]	[u]	Total
Feminino	60-70	14	2534,0 ± 185,6	2184,7 ± 210,8	2144,3 ± 195,6	1545,8 ± 125,1	1185,8 ± 89,4	1047,7 ± 168,1	1131,7 ± 172,7	1682,0 ± 88,3
	71-80	14	2561,6 ± 255,2	2184,7 ± 170,6	2062,1 ± 121,8	1618,4 ± 91,6	1211,9 ± 104,1	1055,7 ± 129,2	1177,0 ± 109,5	1695,9 ± 88,3
	81-90	14	2509,9 ± 122,3	2228,2 ± 215,2	2124,7 ± 207,9	1524,4 ± 115,3	1113,4 ± 133,1	1065,3 ± 108,2	1120,2 ± 97,4	1669,4 ± 88,3
	<b>Total</b>	42	2535,2 ± 191,8	2199,2 ± 196,0	2110,4 ± 178,3	1562,9 ± 116,2	1170,3 ± 115,8	1056,2 ± 134,2	1143,0 ± 129,9	1682,5 ± 88,3
Masculino	60-70	14	2104,3 ± 191,1	1921,3 ± 223,3	1768,8 ± 162,2	1340,4 ± 85,7	1009,0 ± 60,8	946,3 ± 138,7	1053,7 ± 145,0	1449,1 ± 88,3
	71-80	14	2053,2 ± 179,1	1839,4 ± 143,1	1697,7 ± 118,9	1333,8 ± 82,7	1045,6 ± 83,6	916,5 ± 126,0	1164,2 ± 208,1	1435,8 ± 88,3
	81-90	8	2058,3 ± 186,4	1786,0 ± 220,5	1688,7 ± 136,4	1348,2 ± 84,3	1054,3 ± 89,6	978,6 ± 100,8	1051,7 ± 223,6	1423,7 ± 88,3
	<b>Total</b>	36	2074,2 ± 181,7	1859,4 ± 196,9	1723,4 ± 141,8	1339,5 ± 82,0	1033,3 ± 77,3	941,9 ± 125,1	1096,2 ± 192,1	1436,2 ± 91,4
Total	60-70	28	2319,2 ± 286,4	2053,0 ± 251,8	1956,6 ± 260,1	1443,1 ± 148,4	1097,4 ± 117,2	997,0 ± 159,8	1092,7 ± 161,4	1565,6 ± 88,3
	71-80	28	2307,4 ± 337,3	2012,1 ± 134,1	1879,9 ± 219,9	1476,1 ± 168,4	1128,8 ± 125,5	986,1 ± 543,9	1170,6 ± 163,3	1565,8 ± 88,3
	81-90	22	2345,7 ± 265,1	2067,4 ± 303,8	1966,2 ± 281,2	1460,4 ± 134,7	1091,9 ± 120,7	1033,7 ± 111,6	1095,3 ± 153,9	1546,6 ± 91,8
	<b>Total</b>	78	2322,4 ± 296,8	2042,4 ± 259,2	1931,8 ± 252,6	1459,8 ± 151,0	1107,1 ± 120,8	1003,4 ± 141,4	1121,4 ± 162,2	

Nota: N - Número da amostra.

**Tabela 12: Análise de variância de F2 em função do género, da idade, da vogal e da interação entre os fatores**

Fatores	df1	df2	F	p-value
<b>Género</b>	1	72	145,219	<0,001*
<b>Idade</b>	2	72	0,351	0,705
<b>Vogal</b>	3,001	216,104	1100,719	<0,001*
<b>Género * Idade</b>	2	72	0,167	0,847
<b>Vogal * Género</b>	3,001	216,104	25,174	<0,001*
<b>Vogal * Idade</b>	6,003	216,104	1,250	0,282
<b>Vogal * Género * Idade</b>	6,003	216,104	1,040	0,400

Notas: df - degrees of freedom (graus de liberdade)

\* - indica diferenças estatisticamente significativas para  $\alpha=0,05$

A interação entre os fatores vogal e género é estatisticamente significativa para um valor de  $\alpha=0,05$ :  $F(3,001;216,104)=25,174$ ;  $p<0,001$ . Contudo, tendo em conta a Tabela 11 parece não haver uma interação entre os dois fatores. Uma possível razão para esta discrepância está relacionada com a utilização de um fator de correção fora do intervalo considerado válido para haver esfericidade: [0,75;1].

### 4.3. Duração

Esta secção é dedicada aos resultados da análise descritiva e inferencial dos valores de duração. A análise descritiva, nomeadamente as médias e desvios-padrão aritméticos da duração, em milissegundos (ms), é apresentada na Tabela 13. Na Tabela 14, são compilados os resultados inferenciais da análise de variância da duração em função da idade, do género, da vogal e da interação entre os vários fatores.

A diferença entre as idades é estatisticamente significativa, para um valor de  $\alpha=0,05$ :  $F(2;72)=5,545$ ;  $p=0,006$ . Através da análise da Tabela 13, conclui-se que os valores de duração são significativamente superiores na faixa etária [81-90] anos (110,8 ms ± 19,0) em comparação com as faixas etárias inferiores que apresentam valores muito próximos entre si ([60-70] - 96,3 ms ± 18,3; [71-80] - 94,0 ms ± 18,3). A Figura 16 apresenta a duração média de todas as vogais em função do género e da faixa etária, de modo a permitir uma melhor visualização das alterações de duração que ocorrem com o aumento da idade. Verifica-se, ainda que o

género feminino tende a apresentar valores de duração superiores ao género masculino, apesar da diferença entre os géneros não ter sido estatisticamente significativa ( $\alpha=0,05$ :  $F(1;72)=3,375$ ;  $p=0,070$ ).

**Tabela 13: Médias e desvios-padrão aritméticos da duração (ms) das vogais do PE produzidas por idosos de ambos os géneros**

	Idade	N	[i]	[e]	[ɛ]	[a]	[ɔ]	[o]	[u]	Total
Feminino	60-70	14	77,2 ± 12,9	94,0 ± 25,4	122,4 ± 30,8	116,1 ± 32,7	98,6 ± 37,1	103,3 ± 27,0	83,6 ± 24,4	99,3 ± 18,3
	71-80	14	85,5 ± 24,9	92,1 ± 27,3	119,7 ± 21,7	115,3 ± 23,4	103,9 ± 34,6	90,9 ± 34,8	83,9 ± 26,9	98,8 ± 18,3
	81-90	14	112,1 ± 31,6	108,8 ± 24,8	133,0 ± 13,4	131,1 ± 33,3	105,9 ± 29,8	111,8 ± 28,0	100,2 ± 24,9	114,7 ± 18,3
	<b>Total</b>	42	91,6 ± 28,2	98,3 ± 26,3	125,0 ± 23,2	120,8 ± 30,3	102,8 ± 33,3	102,0 ± 30,7	89,2 ± 26,0	104,3 ± 18,3
Masculino	60-70	14	76,7 ± 24,2	103,2 ± 24,2	109,1 ± 24,9	102,8 ± 24,3	84,0 ± 24,7	100,6 ± 41,9	76,9 ± 26,9	93,3 ± 18,3
	71-80	14	67,3 ± 15,4	91,2 ± 23,1	99,3 ± 21,3	111,9 ± 21,1	88,0 ± 31,2	94,9 ± 33,9	72,5 ± 21,8	89,3 ± 18,3
	81-90	8	90,5 ± 20,7	94,9 ± 28,7	111,5 ± 32,5	131,4 ± 27,1	101,8 ± 30,6	112,2 ± 41,2	105,7 ± 32,9	106,9 ± 18,3
	<b>Total</b>	36	76,1 ± 21,7	96,7 ± 24,7	105,8 ± 25,3	112,7 ± 25,5	89,5 ± 28,7	101,0 ± 38,2	81,6 ± 28,9	96,5 ± 18,7
Total	60-70	28	77,0 ± 19,0	98,6 ± 24,8	115,8 ± 28,3	109,5 ± 29,0	91,3 ± 31,8	101,9 ± 34,6	80,2 ± 25,4	96,3 ± 18,3
	71-80	28	76,4 ± 22,4	91,7 ± 24,8	109,5 ± 23,5	113,6 ± 22,0	95,9 ± 33,3	92,9 ± 33,8	78,2 ± 24,7	94,0 ± 18,3
	81-90	22	104,3 ± 29,6	103,7 ± 26,5	125,2 ± 24,0	131,2 ± 30,5	104,4 ± 29,4	112,0 ± 32,4	102,2 ± 27,4	110,8 ± 19,0
	<b>Total</b>	78	84,5 ± 26,4	97,6 ± 25,4	116,2 ± 25,9	117,1 ± 28,3	96,7 ± 31,7	101,5 ± 34,1	85,7 ± 27,5	

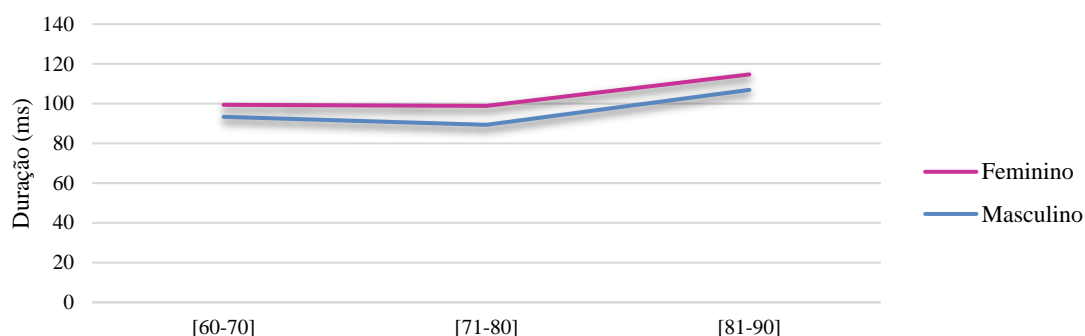
Legenda: N - Número da amostra.

**Tabela 14: Análise de variância da duração em função do género, da idade, da vogal e da interação entre os fatores**

Fatores	df1	df2	F	p-value
<b>Género</b>	1	72	3,375	0,070
<b>Idade</b>	2	72	5,545	0,006*
<b>Vogal</b>	5,496	395,685	24,655	<0,001*
<b>Género * Idade</b>	2	72	0,064	0,938
<b>Vogal * Género</b>	5,496	395,685	1,745	0,116
<b>Vogal * Idade</b>	10,991	395,685	1,180	0,299
<b>Vogal * Género * Idade</b>	10,991	395,685	0,888	0,552

Notas: df - degrees of freedom (graus de liberdade)

\* - indica diferenças estatisticamente significativas para  $\alpha=0,05$



**Figura 16: Duração média das vogais em função do género e da idade**

A diferença entre as vogais também é estatisticamente significativa, pelo menos para uma das vogais consideradas, para um valor de  $\alpha=0,05$ :  $F(5,496;395,685)=24,655$ ;  $p<0,001$ . Na Tabela 13, observa-se que a média da duração progride da seguinte forma: [i] (84,5 ms ± 26,4) < [u] (85,7 ms ± 27,5) < [ɔ] (96,7 ms ± 31,7) < [e] (97,6 ms ± 25,4) < [o] (101,5 ms ± 34,1) < [ɛ] (116,2 ms ± 25,9) < [a] (117,1 ms ± 28,3). Deste modo, a duração é mais elevada nas vogais [ɛ] e [a] e mais reduzida nas vogais [i] e [u]. A Figura 17 ilustra as médias geométricas da duração em função da vogal para cada grupo de informantes.

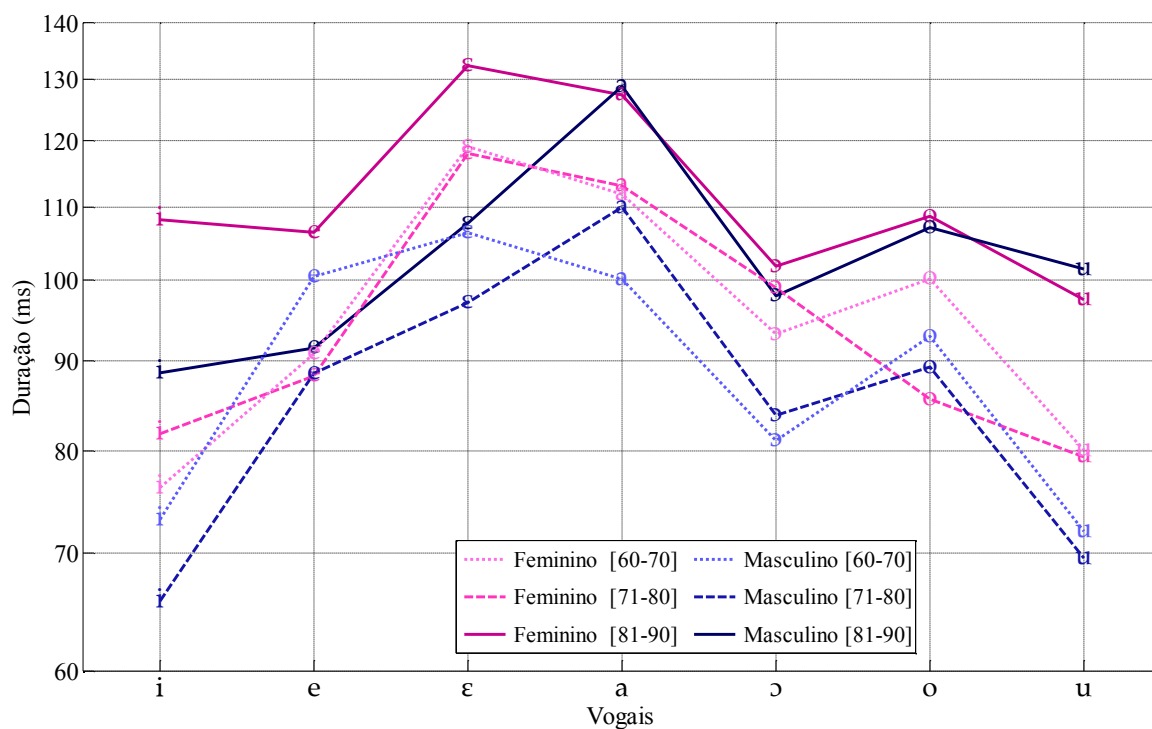


Figura 17: Média da duração em função da vogal para cada grupo de informantes

## 5. DISCUSSÃO

---

Neste capítulo, são discutidos os resultados obtidos, tendo em conta o objetivo definido para o estudo, que se prendia com a caracterização dos parâmetros acústicos das vogais orais produzidas por idosos falantes do PE. Os resultados obtidos para os idosos são ainda comparados com os referidos na literatura para a população adulta falante do PE, tendo como principal referência os dados do estudo de Escudero et al. (2009). Em relação a esta última questão, é importante salvaguardar que, apesar da metodologia aplicada neste estudo ser baseada na de Escudero et al. (2009), existem algumas diferenças que não foi possível ultrapassar, podendo estas influenciar alguns dos resultados obtidos. Estas prendem-se com o facto de: as palavras dissilábicas anotadas não se restringirem apenas ao centro do enunciado (podendo surgir em contexto isolado, no início e no fim de frase) e a frases declarativas (podendo surgir em frases interrogativas) e as vogais não se limitarem ao contexto (CVC) de consoantes oclusivas e fricativas surdas (podendo surgir entre consoantes oclusivas e fricativas sonoras).

Tal como nos capítulos anteriores, este encontra-se subdividido de acordo com os parâmetros acústicos estudados: frequência fundamental, frequência dos formantes e duração.

### 5.1. Frequência Fundamental

Em primeiro lugar, apesar do valor médio de F0 não diferir de forma significativa entre as faixas etárias em estudo, pode-se observar que a F0 é ligeiramente superior nas mulheres de [60-70] anos, comparativamente às mulheres mais velhas, enquanto no género masculino, a F0 é ligeiramente inferior nos homens de [60-70] anos, em relação aos mais velhos. Assim, conclui-se que a F0 tende a diminuir ligeiramente no género feminino e a aumentar no género masculino, com o avançar da idade. Estes resultados estão de acordo com a maioria dos estudos em que foram tidas em conta faixas etárias semelhantes, pois os valores de F0 obtidos também não foram significativamente diferentes, principalmente para o género feminino (Cerceau et al., 2009; Santos, 2005; Schötz, 2006). Para o género masculino, alguns autores referem que a F0 tem tendência a aumentar de forma significativa entre os 60 e os 90 anos (Hollien & Shipp, 1972; Mautner, 2011; Schötz, 2006). Por fim, os dados obtidos neste trabalho seguem a mesma tendência que a maioria da literatura consultada, que refere que, com o envelhecimento, a F0 aumenta no género masculino e diminui no género feminino (Boone et al., 2010; Ferrand, 2002; Ferreira, 2007; Higgins & Saxman, 1991; Hollien & Shipp, 1972; Ma & Love, 2010; Mautner, 2011; Nishio & Niimi, 2008; Schötz, 2006; Torre III & Barlow, 2009; Verdonck-de Leeuw & Mahieu, 2004; Winkler, 2004).

Em segundo lugar, o presente estudo sugere que o valor médio de F0 varia de forma significativa com o género, sendo superior no género feminino comparativamente ao género masculino, o que também se verifica para a população adulta falante do PE (Costa, 2004; Escudero et al., 2009), assim como em adultos (Hillenbrand et al., 1995; Kent & Read, 2002; Peterson & Barney, 1952; Whalen & Levitt, 1995) e idosos de outras línguas (Benjamin, 1981; Ferreira, 2007; Higgins & Saxman, 1991; Ma & Love, 2010; Mautner, 2011; Mifune et al., 2007; Nishio & Niimi, 2008; Santos, 2005; Schötz, 2006; Torre III & Barlow, 2009; Winkler, 2004; Xue & Deliyski, 2001). Esta variação de F0 em função do género está relacionada com as diferenças de comprimento e de massa das pregas vocais entre o género feminino e masculino (Escudero et al., 2009; Kent & Read, 2002; Ladefoged, 2001; Whalen & Levitt, 1995). Embora os vários estudos referiram valores de F0 significativamente diferentes entre géneros, sendo estes superiores no género feminino (Benjamin, 1981; Boone et al., 2010; Ferreira, 2007; Higgins & Saxman, 1991; Ma & Love, 2010; Mautner, 2011; Mifune et al., 2007; Nishio & Niimi, 2008; Santos, 2005; Schötz, 2006; Torre III & Barlow, 2009; Winkler, 2004; Xue & Deliyski, 2001), alguns sugerem uma tendência para a aproximação dos valores de F0 de ambos os géneros, com o avançar da idade. Deste modo, os resultados obtidos neste estudo estão em linha com a literatura, uma vez que se observa que a diferença média de F0 entre os géneros é superior na faixa etária dos [60-70] anos comparativamente às faixas etárias superiores, tendendo assim, a média de F0 de ambos os géneros a aproximar-se com o aumento da idade.



Em terceiro lugar, a F0 também evidenciou diferenças estatisticamente significativas entre as vogais em estudo. Tendo por base a classificação articulatória de Mateus et al. (2005), o valor mais baixo de F0 corresponde à vogal central baixa [a], seguindo-se as vogais anteriores ([ɛ] < [e] < [i]) e por fim as posteriores ([o] < [ɔ] < [u]). Tanto para adultos e crianças do português (Costa, 2004; Escudero et al., 2009; Oliveira et al., 2012; Rauber, 2008) como de outras línguas (Hillenbrand et al., 1995; Kent & Read, 2002; Whalen & Levitt, 1995), são referidas diferenças significativas de F0 em função da altura da vogal, o que está relacionado com a existência de uma F0 intrínseca (Kent & Read, 2002; Whalen & Levitt, 1995). Segundo Whalen e Levitt (1995), que comparam apenas três vogais ([a], [i] e [u]), este efeito é transversal às diversas línguas. No que concerne às diferenças médias de F0 entre as vogais anteriores e posteriores (comparando apenas o [i] e o [u]), Whalen e Levitt (1995) não observaram diferenças significativas de F0 para todas as línguas. No entanto, verificaram que para o Inglês a F0 da vogal [u] é significativamente superior à da vogal [i]. Escudero et al. (2009), tanto para os falantes adultos do PE como do PB, também referiram que as vogais posteriores apresentam uma F0 superior às vogais anteriores (com igual altura da língua).

Na Figura 18, são comparados os valores médios de F0 obtidos para a população idosa com os resultados de Escudero et al. (2009) para a população adulta, observando-se uma diminuição de F0 no género feminino e um aumento de F0 no género masculino, com o envelhecimento. Estes dados estão de acordo com a maioria da literatura consultada (Boone et al., 2010; Ferrand, 2002; Ferreira, 2007; Higgins & Saxman, 1991; Hollien & Shipp, 1972; Ma & Love, 2010; Mautner, 2011; Nishio & Niimi, 2008; Schötz, 2006; Torre III & Barlow, 2009; Verdonck-de Leeuw & Mahieu, 2004; Winkler, 2004). A diminuição de F0 no género feminino pode dever-se ao aumento da massa das pregas vocais, devido ao edema das pregas vocais resultante das alterações endócrinas pós-menopausa (Ferrand, 2002; Higgins & Saxman, 1991; Ma & Love, 2010), enquanto o aumento de F0 no género masculino pode estar relacionado com a perda de massa a nível das pregas vocais, devido à atrofia muscular, à diminuição da espessura e ao aumento da rigidez das pregas vocais (Higgins & Saxman, 1991; Hollien & Shipp, 1972; Nishio & Niimi, 2008).

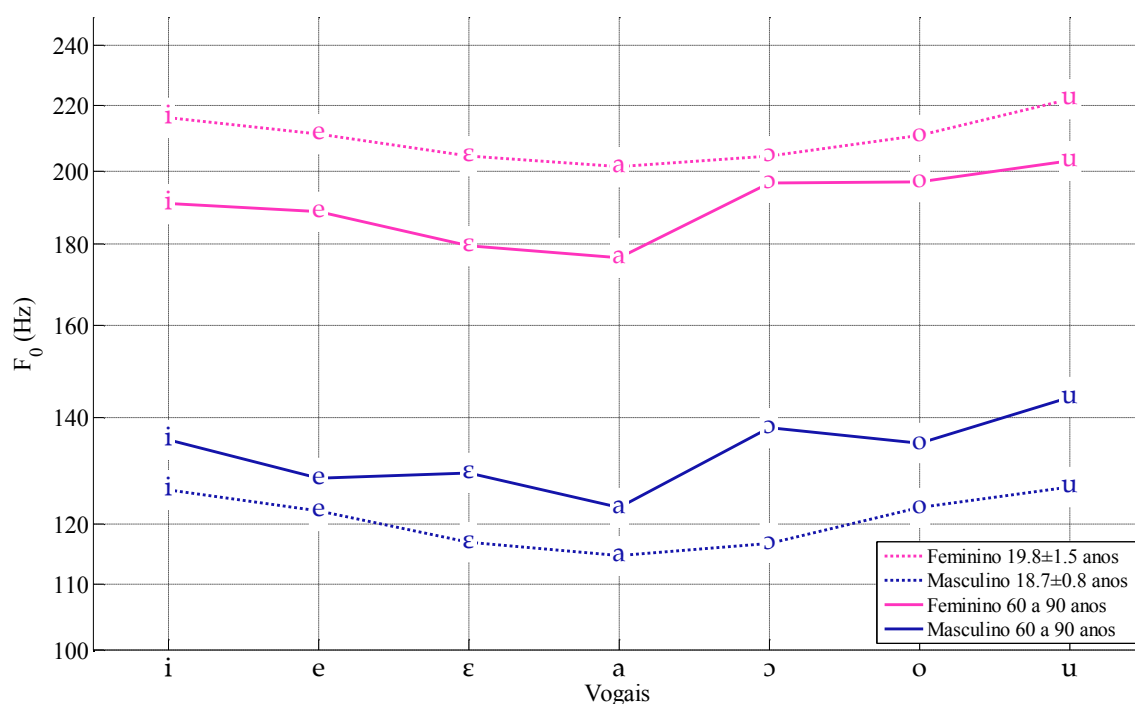


Figura 18: Comparação das médias de F0 em função da vogal para os idosos e adultos (adaptado de Escudero et al., 2009)

## 5.2. Frequência dos Formantes

Tendo em conta os valores médios de F1 e F2 obtidos pelos informantes do presente estudo, não foram verificadas alterações significativas entre as três faixas etárias. Quanto ao género, as mulheres evidenciam um triângulo acústico das vogais de maiores dimensões, tanto para o F1 como para o F2, o que está de acordo com a Teoria Acústica da Produção de Fala (Fant, 1960). Ou seja, informantes com tratos vocais mais pequenos apresentam frequências dos formantes mais elevadas do que informantes com tratos vocais de maiores dimensões (Kent & Read, 2002; Ladefoged, 2001).

A combinação dos valores dos dois primeiros formantes permite distinguir adequadamente todas as vogais. Apesar da importância de F1 e F2 para a distinção entre as vogais ser relativamente consensual (Hillenbrand & Clark, 2009; Kent & Read, 2002; Ladefoged, 2003; Martins, 1973; Rauber, 2008), Hillenbrand e Clark (2009) referem que a F0 tem um papel mais importante na distinção das vogais do que os valores dos formantes.

Através da análise da Figura 19 e Figura 20, onde são comparados os valores médios e a dispersão de F1 e F2 dos idosos com os da população adulta de Escudero et al. (2009), observam-se alterações significativas no formato do triângulo acústico das vogais com o envelhecimento, ou seja parece haver uma tendência para a diminuição da dimensão do triângulo acústico das vogais, tanto no sentido de F1 como de F2. Evidenciam-se, ainda, sinais de redução das vogais (dificuldade em atingir o *target* da vogal), no sentido em que os valores de F1 e F2 das vogais tendem para uma posição mais central no triângulo acústico, o que está de acordo com o descrito para outras línguas, em estudos comparativos dos valores dos formantes de adultos e idosos (Benjamin, 1982; Boone et al., 2010; Liss et al., 1990; Rastatter & Jacques, 1990; Rastatter et al., 1997; Schötz, 2006; Steffens, 2011; Torre III & Barlow, 2009). Segundo Rastatter e Jacques (1990) e Rastatter et al. (1997), a centralização das vogais advém de alterações a nível da elevação da língua, ou seja, com o envelhecimento há uma tendência para a centralização do ponto máximo de elevação da língua durante a produção das vogais anteriores e posteriores.

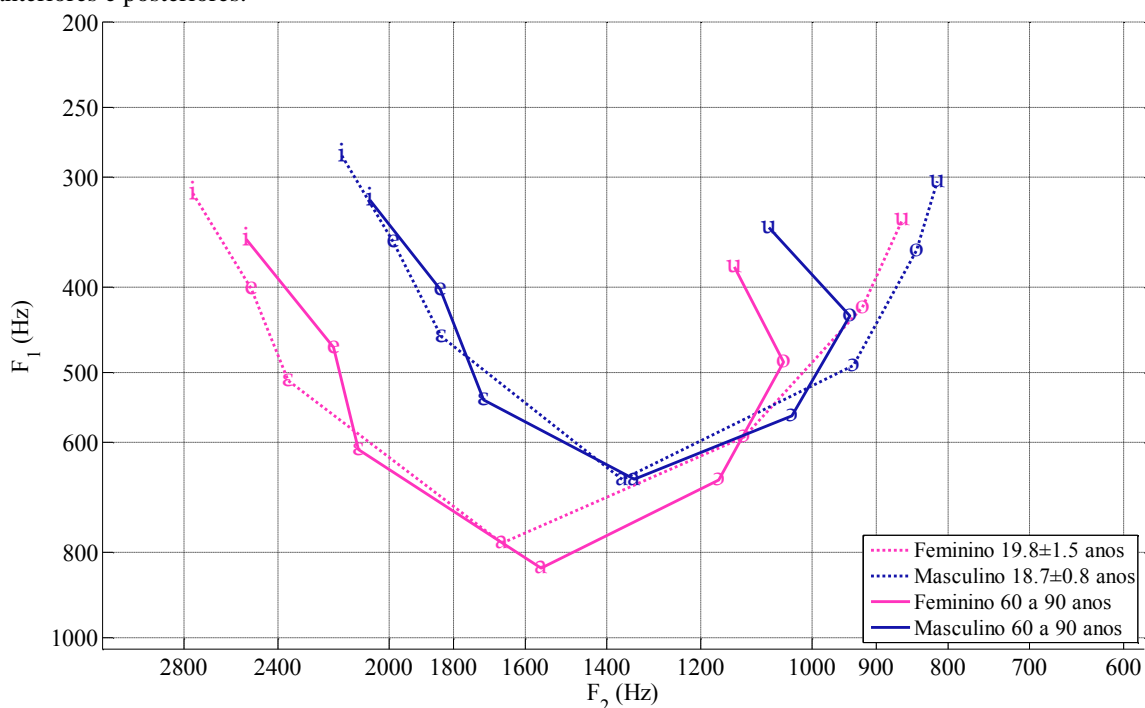
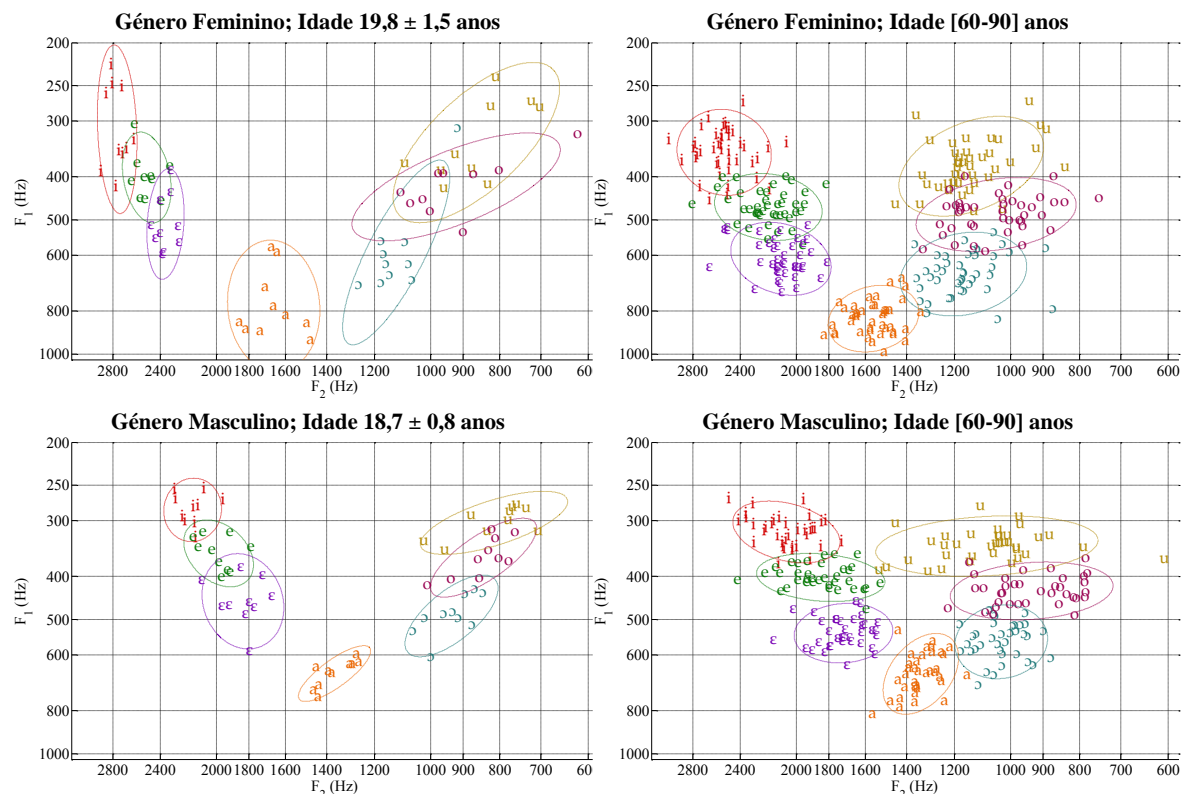


Figura 19: Comparação das médias do F1 e F2 dos falantes idosos e adultos (adaptado de Escudero et al., 2009)

Turner et al. (1995 apud Mautner, 2011) referem que, quando a velocidade de fala diminui, ou seja, a duração média das vogais aumenta, a área do triângulo acústico aumenta, assim como a distinção entre as vogais. No entanto, neste estudo, os idosos apresentaram uma duração das vogais inferior aos adultos

(contrariamente ao esperado, como será referido em 5.3), o que poderá conduzir à diminuição da área do triângulo acústico, assim como à centralização das vogais.



**Figura 20:** Gráficos F1/F2 dos informantes adultos (adaptado de Escudero et al., 2009) e idosos do género feminino e masculino

Ao comparar a dispersão dos valores de F1 e F2 de adultos e idosos (Figura 20), observa-se uma diminuição da sobreposição das elipses, principalmente nas vogais posteriores do género feminino, assim como um aumento do desvio-padrão, mais acentuado no género masculino, com o envelhecimento. O aumento da variação da frequência dos formantes está de acordo com o referido na literatura, podendo indicar um menor controlo sobre a produção alvo (*target production*) (Benjamin, 1982; Linville, 2001).

### 5.2.1. Primeiro Formante

Em primeiro lugar, o valor médio de F1 não difere de forma significativa entre as faixas etárias em estudo. Em estudos em que foram tidas em conta faixas etárias semelhantes, observa-se que os valores de F1 também não foram significativamente diferentes (Mautner, 2011; Schötz, 2006). No entanto, o F1 aumenta ligeiramente na passagem dos [60-70] para os [71-80] anos, diminuindo de forma mais acentuada na última faixa etária em análise. Assim, os valores mais baixos de F1, para todas as vogais (exceto a vogal [ε]), correspondem à faixa etária [81-90] anos, o que está de acordo com a literatura, que refere que a frequência dos formantes tem tendência a diminuir com o envelhecimento (Boone et al., 2010; Linville, 2001; Linville & Fisher, 1985; Linville & Rens, 2001; Scukanec et al., 1991; Watson & Munson, 2007; Xue & Hao, 2003).

Em segundo lugar, o valor médio de F1 varia de forma significativa de acordo com o género, sendo superior no género feminino comparativamente ao género masculino, em todas as faixas etárias em estudo, tal como referido na literatura, tanto para o PE (Escudero et al., 2009) como para outras línguas (Hillenbrand et al., 1995; Mautner, 2011; Peterson & Barney, 1952). Esta variação decorre das diferenças de comprimento do trato vocal entre o género feminino e masculino, sendo que quanto maior o comprimento do trato vocal, menor o valor de F1 e vice-versa (Escudero et al., 2009; Fant, 1960; Kent, 1993; Ladefoged, 2001).

Em terceiro lugar, o valor médio de F1 também evidenciou diferenças estatisticamente significativas entre as vogais, de forma semelhante ao referido por Escudero et al. (2009) e Martins (1973) para a população adulta do PE. Assim, as vogais mais baixas [a], [ɛ] e [ɔ] apresentam os valores mais elevados de F1, nomeadamente a vogal baixa [a], enquanto os valores mais baixos correspondem às vogais altas [i] e [u], o que mostra que F1 aumenta com o abaixamento do dorso da língua, ou seja, o valor de F1 varia de forma inversa à altura da língua (Kent, 1993; Ladefoged, 2003).

Em quarto lugar, verifica-se que a interação entre os fatores género e idade é significativa, na medida em que no género feminino F1 diminui continuamente com o avançar da idade, enquanto no género masculino aumenta na passagem dos [60-70] para os [71-80] anos e diminui ligeiramente na faixa etária dos [81-90] anos, o que pode indicar que o padrão de variação de F1 com o envelhecimento difere entre o género feminino e masculino. O facto de F1 diminuir ligeiramente no género feminino com o avançar da idade está de acordo com a literatura (Boone et al., 2010; Linville, 2001; Linville & Fisher, 1985; Linville & Rens, 2001; Scukanec et al., 1991; Watson & Munson, 2007; Xue & Hao, 2003). Por outro lado, apesar dos valores de F1 se manterem relativamente estáveis no género masculino, os valores mais baixos de F1, para todas as vogais, correspondem à faixa etária [60-70] anos, o que não corresponde à diminuição da frequência dos formantes referida na maioria da literatura revista (Boone et al., 2010; Linville, 2001; Linville & Rens, 2001; Watson & Munson, 2007; Xue & Hao, 2003). No entanto, existem estudos que referem diferentes padrões de variação de F1. Para o género masculino, Schötz (2006) refere que F1 diminui continuamente até aos 80 anos e depois aumenta de forma acentuada. Enquanto, Mautner (2011) refere que F1 aumenta de forma acentuada na passagem dos [35-59] para os [60-69] anos, diminuindo ligeiramente nas faixas etárias superiores.

Na Figura 19 e Figura 20, são comparados os valores de F1 e F2 obtidos para a população idosa com os da população adulta, podendo-se observar um aumento de F1 em todas as vogais, tanto para o género feminino como masculino (exceto na vogal [a] do género masculino, em que F1 se mantém relativamente estável), com o envelhecimento. Isto significa que, no género feminino, a largura do triângulo acústico se mantém semelhante entre as duas faixas etárias, enquanto no género masculino é mais estreito no sentido de F1. Segundo Watson e Munson (2007), os idosos produzem um triângulo acústico das vogais significativamente mais curto na dimensão de F1 do que os adultos. Os resultados obtidos, através da comparação dos valores de F1 dos falantes adultos e idosos, não estão de acordo com a maioria da literatura que refere uma diminuição de F1, possivelmente devido ao alongamento do trato vocal com o envelhecimento (Boone et al., 2010; Linville & Fisher, 1985; Linville & Rens, 2001; Scukanec et al., 1991; Watson & Munson, 2007; Xue & Hao, 2003; Xue et al., 1998). Por outro lado, existem autores que referem que o padrão de variação de F1 difere de vogal para vogal, reportando aumentos de F1 em determinadas vogais. Assim, Rastatter e Jacques (1990) referem que as vogais anteriores e centrais tendem a apresentar valores de F1 superiores nos idosos comparativamente aos adultos, enquanto o F1 das vogais posteriores tende a diminuir com o envelhecimento, em ambos os géneros. Torre III e Barlow (2009) verificaram, para o género feminino, que o valor de F1 aumenta nas vogais altas e diminui nas restantes. No presente estudo, o aumento de F1 nas vogais altas e médias é consistente com a centralização das vogais referida na literatura para os idosos (Boone et al., 2010; Liss et al., 1990; Rastatter & Jacques, 1990; Rastatter et al., 1997; Schötz, 2006; Steffens, 2011; Torre III & Barlow, 2009), no entanto este mesmo aumento nas vogais baixas, principalmente no género feminino, surge no sentido oposto ao esperado.

Contudo, é importante salientar que as diferenças metodológicas entre os estudos em comparação podem influenciar os resultados obtidos.

### 5.2.2. Segundo Formante

Em primeiro lugar, apesar do valor médio de F2 não diferir de forma significativa entre as faixas etárias em estudo, verifica-se que, no género masculino, o F2 diminui ligeiramente com o avançar da idade, enquanto no género feminino aumenta na passagem dos [60-70] para os [71-80] anos e diminui na faixa etária dos [81-90] anos, sendo nesta última faixa etária que apresenta os valores mais baixos. Em estudos em que foram tidas em conta faixas etárias semelhantes, os valores de F2 também não foram significativamente diferentes, apresentando porém, tendência para aumentar em ambos os géneros (Mautner, 2011; Schötz, 2006). Contudo,

no presente estudo, F2 parece tender a diminuir ligeiramente em ambos os géneros com o avançar da idade tal como nos estudos de Boone et al. (2010), Linville (2001), Linville e Fisher (1985), Linville e Rens (1998 apud Xue & Hao, 2003), Linville e Rens (2001), Scukanec et al. (1991), Watson e Munson (2007) e Xue e Hao (2003).

Em segundo lugar, o valor médio de F2 varia de forma significativa de acordo com o género, sendo superior no género feminino em relação ao género masculino, em todas as faixas etárias em estudo. Uma vez mais o valor de F2 está relacionado com as diferentes dimensões do trato vocal para o género feminino e masculino (Escudero et al., 2009; Fant, 1960; Kent & Read, 2002; Ladefoged, 2001; Mautner, 2011; Peterson & Barney, 1952).

Em terceiro lugar, o valor médio de F2 também evidenciou diferenças estatisticamente significativas entre as vogais, de forma semelhante ao referido por Escudero et al. (2009) e Martins (1973) para a população adulta do PE: as vogais anteriores [i], [e] e [ɛ] apresentam valores mais elevados de F2, nomeadamente a vogal [i], enquanto os valores mais baixos correspondem às vogais posteriores [o], [ɔ] e [u]. O F2 diminui com o recuo do dorso da língua, ou seja, o F2 está associado ao movimento horizontal da língua na articulação das vogais (Kent, 1993; Ladefoged, 2003). Nos idosos, os valores de F2 das vogais [ɔ] e [u] são muito similares. Para a população adulta, Escudero et al. (2009) referem que o F2 permite distinguir de forma significativa todas as vogais, exceto as vogais [o] e [u] que apresentavam valores de F2 muito próximos. No entanto, na Figura 20 observa-se que as elipses das vogais posteriores apresentam uma maior dispersão e sobreposição, sobretudo no género masculino, o que pode estar relacionado com a extração semiautomática dos parâmetros acústicos e, por consequência, dificultar a análise estatística dos mesmos.

Na Figura 19 e Figura 20, são comparados os valores médios de F1 e F2 obtidos para a população idosa, com os da população adulta, verificando-se um aumento de F2 nas vogais posteriores e uma diminuição de F2 nas vogais anteriores, para ambos os géneros. Quanto à vogal central, esta apresenta um comportamento diferente entre os géneros, já que no género feminino o F2 diminui de forma significativa, enquanto no género masculino se mantém relativamente estável, com o envelhecimento. Tendo em conta que o F2 está associado ao movimento horizontal da língua e que a protusão dos lábios, nas vogais arredondadas, alonga o trato vocal, levando à diminuição da frequência dos formantes (Kent, 1993; Ladefoged, 2003), o facto de, nos idosos, as vogais posteriores apresentarem um significativo aumento dos formantes, nomeadamente de F2 (na vogal [u]), pode dever-se a uma maior dificuldade em atingir a *target* destas vogais, produzindo-as com uma maior anteriorização da língua ou ainda com um menor arredondamento dos lábios.

Deste modo, com o avançar da idade ocorre uma diminuição do comprimento do triângulo acústico das vogais em ambos os géneros, coincidente com a centralização das vogais enunciada por diversos autores (Liss et al., 1990; Rastatter & Jacques, 1990; Rastatter et al., 1997; Torre III & Barlow, 2009). Ou seja, a diminuição de F2 em vogais anteriores e o aumento de F2 em vogais posteriores sugere que a articulação das vogais se torna mais centralizada nos falantes idosos (Rastatter & Jacques, 1990).

### 5.3. Duração

Em primeiro lugar, o valor médio de duração difere de forma significativa entre as faixas etárias em estudo, observando-se que os valores médios de duração são significativamente superiores na faixa etária [81- 90] anos comparativamente às faixas etárias inferiores, que apresentam valores muito próximos entre si. Ou seja, com o envelhecimento a duração das vogais aumenta, o que está de acordo com o descrito na literatura (Benjamin, 1982; Linville, 2001; Liss et al., 1990; Schötz & Müller, 2007; Smith et al., 1987; Winkler et al., 2003). Por outras palavras, com o avanço da idade, a velocidade de fala geralmente diminui, em ambos os géneros, enquanto a duração da maioria dos segmentos aumenta. As principais causas apontadas para o aumento da duração das vogais em idosos são: a diminuição da velocidade de condução nervosa e as alterações verificadas no sistema respiratório e nos neurotransmissores do Sistema Nervoso Central (Linville, 1996, 2001).

Em segundo lugar, nos idosos o valor médio de duração não varia de forma significativa de acordo com o género. No entanto, os valores médios de duração parecem ser ligeiramente superiores no género feminino,

em comparação com o género masculino. Escudero et al. (2009), tanto para o PE como para o PB, referem a existência de valores de duração superiores nas vogais produzidas por mulheres, assim como Hillenbrand et al. (1995) para o inglês americano. Em crianças de 7 e 10 anos também se observaram valores de duração superiores no género feminino, comparativamente ao género masculino, para o PE (Oliveira et al., 2012). Segundo Escudero et al. (2009), este facto pode ter uma origem socio-fonética (ex. as mulheres tendem a falar de forma mais clara do que os homens) ou fisiológica. Por outro lado, Rauber (2008), não encontrou diferenças significativas na duração das vogais de acordo com o género.

Por último, a duração também evidenciou diferenças estatisticamente significativas entre as vogais em estudo, sendo que os valores mais elevados de duração correspondem às vogais baixas [a] e [ɛ], enquanto os valores mais baixos correspondem às vogais altas [i] e [u]. Segundo a literatura, as diferenças de duração são uma propriedade intrínseca das vogais, uma vez que quanto mais baixa é a vogal, mais a mandíbula necessita de abrir para a articular e maior é a sua duração (Costa, 2004; Escudero et al., 2009; Kent & Read, 2002; Rauber, 2008). Esta dependência entre a altura e a duração das vogais também é referida para o português (Costa, 2004; Escudero et al., 2009; Martins, 1973; Oliveira et al., 2012; Rauber, 2008), assim como para outras línguas, como o inglês (House & Fairbanks, 1953 apud Escudero et al., 2009) e o francês (Rochet & Rochet, 1991 apud Escudero et al., 2009).

Para além do referido anteriormente, Costa (2004) salienta que quanto mais longa é a vogal, menor é a sua frequência fundamental. Neste estudo, as vogais que apresentaram menor F0 foram as vogais [a], [ɛ] e [o], ou seja as vogais que evidenciam uma maior duração. No entanto, para as restantes vogais não se verificou o mesmo efeito, o que pode estar relacionado com os diferentes contextos em que podem surgir as vogais em estudo.

Na Figura 21, são comparados os valores médios de duração dos idosos com os resultados de Escudero et al. (2009) para a população adulta, observando-se que a duração diminui com o envelhecimento na maioria das vogais, em ambos os géneros, o que reflete o oposto ao enunciado pela revisão da literatura (Benjamin, 1982; Linville, 2001; Liss et al., 1990; Schötz, 2006; Smith et al., 1987; Winkler et al., 2003). No entanto, é importante salientar que as diferenças metodológicas entre os estudos podem influenciar os resultados obtidos. Segundo Costa (2004) e Kent e Read (2002), a duração das vogais é maioritariamente afetada pelo tipo de consoante que as sucede, ou seja as vogais que precedem uma consoante sonora (oclusiva ou fricativa) são mais longas que as vogais que precedem uma consoante surda, e as vogais que se encontram antes de uma consoante oclusiva são ligeiramente mais curtas do que as vogais que se encontram antes de uma consoante fricativa. E ainda, o contexto em que surge a palavra também é importante, uma vez que em palavras isoladas as vogais apresentam uma duração superior (Hillenbrand et al., 1995), assim como as palavras que ocorrem no final de um enunciado têm tendência a ser alongadas (Kent & Read, 2002).

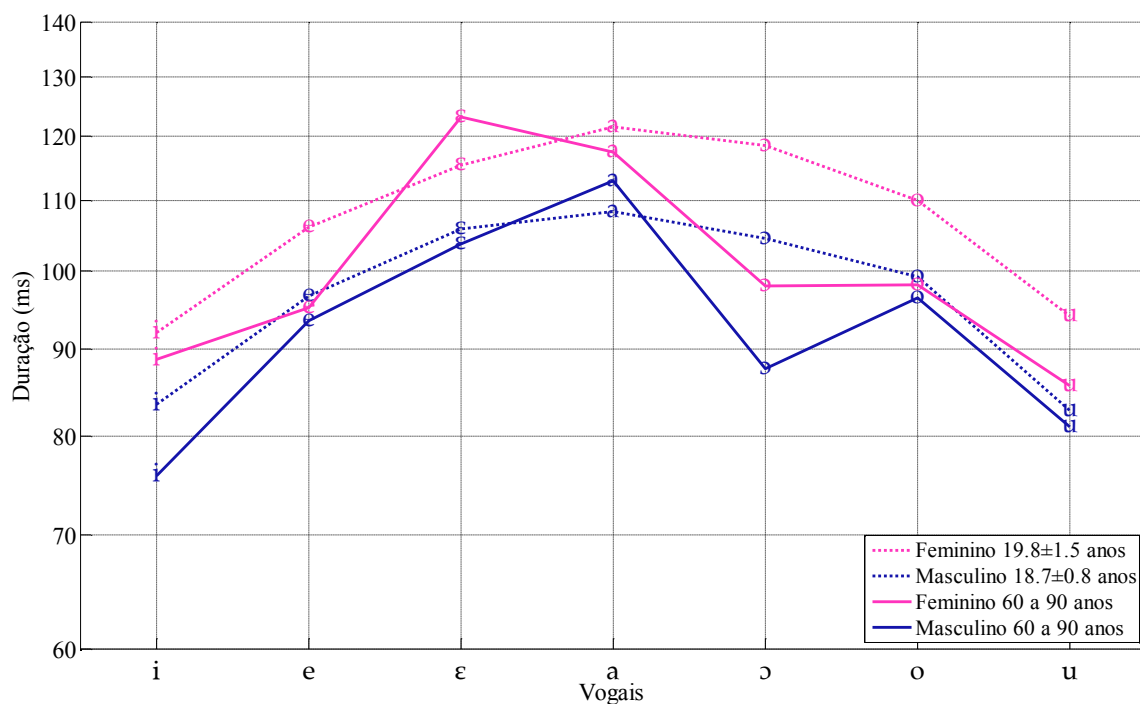


Figura 21: Comparação das médias da duração em função da vogal para os idosos e adultos (adaptado de Escudero et al., 2009)

## 6. CONCLUSÃO

---

Neste capítulo, é apresentada uma síntese do trabalho elaborado, salientando-se os aspetos de maior interesse, assim como as próprias limitações do estudo. Por fim, são enunciadas algumas sugestões de trabalhos futuros que permitirão complementar os resultados obtidos nesta dissertação.

### 6.1. Principais Resultados

Um dos objetivos deste estudo foi analisar as características acústicas das vogais orais do PE com o aumento da idade. Neste sentido, verificou-se que a duração é o único parâmetro que varia de forma significativa com o passar dos anos, sendo os seus valores superiores nos indivíduos de [81-90] anos. No entanto, na F0 também se observou um ligeiro aumento no género masculino e uma ligeira diminuição no género feminino, com o envelhecimento. O F1 diminuiu continuamente no género feminino, enquanto no género masculino aumentou na passagem dos [60-70] para os [71-80] anos e diminuiu ligeiramente na faixa etária seguinte. No que concerne ao F2, este parâmetro tendeu a diminuir ligeiramente com o avançar da idade, sendo os idosos de [81-90] anos aqueles que apresentam os valores mais baixos de F2.

Outro objetivo do estudo prendeu-se com a análise da variação de F0, F1, F2 e duração das vogais em função do género. Neste caso, todos os parâmetros, exceto a duração, revelaram diferenças estatisticamente significativas, sendo os valores de F0, F1 e F2 superiores no género feminino. Contudo, o género feminino também evidenciou valores ligeiramente superiores de duração em comparação com o género masculino.

Em relação à influência do tipo de vogal na variação dos parâmetros acústicos, também se concluiu que estes variam significativamente em função da vogal, permitindo distinguir as mesmas. Os parâmetros que permitiram uma melhor diferenciação são o F1 e o F2. Sendo que, o F1 varia de forma inversa ao movimento vertical da língua, enquanto o F2 varia negativamente com a posteriorização do dorso da língua.

Por fim, os resultados obtidos nos idosos foram comparados com os referidos na literatura para os adultos do PE. Relativamente à F0, observou-se que esta diminuiu no género feminino e aumentou no género masculino, com o envelhecimento, o que vem ao encontro do mencionado na literatura para outras línguas. No que concerne ao F1, verificou-se um aumento generalizado nos idosos de ambos os géneros, o que não está de acordo com o referido na maioria da literatura, embora alguns estudos mencionem um aumento de F1 em determinadas vogais. Por outro lado, o F2 aumentou nas vogais posteriores e diminuiu nas vogais anteriores, o que está em concordância com a tendência enunciada em alguns estudos para outras línguas, de centralização das vogais com o aumento da idade.

Em relação à duração, esta foi inferior nos idosos comparativamente aos adultos, ao contrário do enunciado noutros trabalhos, que preconizam uma diminuição da velocidade de fala nos idosos e, por consequência, um aumento da duração dos fonemas.

Em suma, este estudo contribuiu para o conhecimento das características acústicas das vogais do PE, ao permitir: caracterizar acusticamente as vogais orais produzidas por idosos falantes do PE; comparar os resultados obtidos entre os informantes dos dois géneros e das três faixas etárias em estudo; comparar os resultados obtidos para os idosos com os referidos na literatura para os adultos do PE; analisar os resultados obtidos em função dos resultados de estudos acústicos direcionados à população idosa de outras línguas.

### 6.2. Limitações do Estudo

O presente estudo apresenta determinadas limitações que não devem ser ignoradas e, por conseguinte, os resultados obtidos devem ser interpretados com uma certa cautela.

A principal limitação deste estudo prende-se com o facto de não ter sido possível criar um grupo de controlo composto por indivíduos adultos. Deste modo, apesar da metodologia aplicada ser baseada em Escudero et al. (2009), existem algumas diferenças metodológicas que não foi possível suprimir. Estas diferenças repercutem-se a vários níveis: na obtenção dos dados, no *corpus*, na amostra e na análise estatística.



Estas diferenças, para além de poderem afetar os resultados provenientes da comparação entre os dois estudos, também podem afetar os resultados obtidos para os idosos.

A nível da obtenção de dados, a principal diferença prende-se com as condições de gravação e do tipo de microfone, que neste estudo não foi possível controlar.

Relativamente ao *corpus*, apesar das vogais alvo serem as mesmas, em Escudero et al. (2009) estas correspondem a vogais tónicas em pseudo-palavras (CVCV) produzidas numa frase suporte. Neste estudo, as palavras dissilábicas anotadas não se restringem apenas ao centro do enunciado (podendo surgir em contexto isolado, no início e no fim de frase) e a frases declarativas (podendo surgir em frases interrogativas) e as vogais não se limitam apenas ao contexto de consoantes oclusivas e fricativas surdas (podendo surgir entre consoantes oclusivas e fricativas sonoras).

Quanto à amostra, neste estudo a amostra selecionada provem da região centro do país, enquanto em Escudero et al. (2009) advém da zona metropolitana de Lisboa. Para além disso, na maioria dos estudos semelhantes para outras línguas, os informantes com histórico de alterações vocais e/ou fumadores foram excluídos (ou identificados), fator que neste estudo não foi possível averiguar.

Na análise estatística deste estudo, a maior limitação advém do facto de existirem informantes com vogais em falta, o que levou à utilização de um método de imputação de dados para poder analisar a totalidade dos dados anotados.

Pala além do mencionado anteriormente, o facto da amostra de indivíduos idosos não incluir indivíduos com mais de 90 anos também pode ter sido um impedimento à observação de diferenças significativas entre as faixas etárias.

### 6.3. Sugestões de Continuidade

Em estudos futuros, seria importante ter em consideração as limitações referidas anteriormente, de modo a poder controlar algumas delas.

Sugere-se a criação de um *corpus* semelhante ao que serviu de base a este estudo, que se destine a ser gravado por falantes do PE de várias idades, alargando, deste modo, a amostra a faixas etárias cujas características acústicas ainda não foram amplamente estudadas.

Por fim, este estudo poderá servir como ponto de partida para um estudo mais alargado, com um maior número de informantes e faixas etárias, recorrendo a um *corpus* uniforme, que possibilite analisar as alterações nos parâmetros acústicos das vogais orais dos falantes do PE desde a infância até à idade avançada. Poder-se-á, ainda, alargar o tipo de *corpus* a discurso espontâneo de modo a analisar as diferenças entre os dois tipos de estímulos. À análise acústica poderão ainda associar-se outras técnicas de investigação de produção de fala, como a ultrassonografia, de modo a estudar a relação entre as alterações acústicas e articulatórias que ocorrem durante o desenvolvimento e o envelhecimento cronológico.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Acock, A.C. (2005). Working With Missing Values. *Journal of Marriage and Family*, 67(4), 1012-1028
- Arviso, L.C., & Johns III, M.M. (2009). The Aging Voice. *Journal of ENT Masterclass*, 2(1), 44
- Bailey, B. (2004). Segmenting Adult Web Users into Meaningful Age Categories. *Usability University Presentation*. Jointly sponsored by GSA, HHS and AARP.
- Baker, K.K., Ramig, L.O., Sapir, S., Luschei, E.S., & Smith, M.E. (2001). Control of Vocal Loudness in Young and Old Adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44(2), 297-305
- Baraldi, A.N., & Enders, C.K. (2010). An introduction to modern missing data analyses. *Journal of School Psychology*, 48(1), 5-37
- Barbosa, J.M. (1994). *Introdução ao estudo da fonologia e morfologia do português*. Coimbra: Livraria Almedina.
- Behlau, M. (2001). *Voz: O Livro do Especialista - Volume I*. Rio de Janeiro: Revinter.
- Benjamin, B.J. (1981). Frequency Variability in the Aged Voice. *Journal of Gerontology*, 36(6), 722-726
- Benjamin, B.J. (1982). Phonological performance in gerontological speech. *Journal of Psycholinguistic Research*, 11(2), 159-167
- Birren, J.E., & Schaie, K.W. (2001). *Handbook of the psychology of aging* (5<sup>a</sup> ed.). San Diego: Academic Press.
- Boersma, P., & Weenink, D. (2012). Praat: doing phonetics by computer (Version 5.3.23). University of Amsterdam. Retirado de <http://www.praat.org/>
- Boone, D.R., McFarlane, S.C., Berg, S.L.V., & Zraick, R.I. (2010). *The voice and voice therapy* (8a ed.). Upper Saddle River, N.J.: Pearson Education.
- Carrilho, M., & Gonçalves, C. (2004). Dinâmicas territoriais do envelhecimento: análise exploratória dos resultados dos Censos 91 e 2001. *Revista de Estudos Demográficos*, 36, 175-191.
- Cerceau, J.d.S.B., Alves, C.F.T., & Gama, A.C.C. (2009). Análise Acústica da Voz de Mulheres Idosas. *Revista CEFAC*, 11, 142-149.
- Colton, R.H., & Casper, J.K. (1996). *Compreendendo os Problemas de Voz: uma perspectiva fisiológica ao diagnóstico e ao tratamento* (S. Costa, Trans.). Porto Alegre: Artes Médicas.
- Costa, F. (2004). *Intrinsic Prosodic Properties of Stressed Vowels in European Portuguese*. Artigo apresentado em Speech Prosody Japan.
- Cunha, M. (2011). *Varição Acústica das Vogais Orais de Crianças no Português Europeu*. (Mestrado em Ciências da Fala e da Audição), Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Decoster, W., & Debruyne, F. (2000). Longitudinal Voice Changes: Facts and Interpretation. *Journal of Voice* 14(2), 184-193
- Escudero, P., Boersma, P., Rauber, A.S., & Bion, R. (2009). A cross-dialect acoustic description of vowels: Brazilian and European Portuguese. *Acoustical Society of America*, 126(3)
- Fant, G. (1960). *Acoustic theory of speech production*: Mouton.
- Ferrand, C.T. (2002). Harmonics-to-Noise Ratio: An Index of Vocal Aging. *Journal of Voice*, 16(4), 480-487
- Ferreira, D.I. (2007). *Aspectos Qualitativos e Quantitativos da Voz na Terceira Idade*. (Mestrado em Distúrbios da Comunicação), Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba.

- Gonçalves, C., & Carrilho, M.J. (2007). Envelhecimento crescente mas espacialmente desigual. *Revista de Estudos Demográficos*, 40, 21 - 38.
- Gorham-Rowan, M.M., & Laures-Gore, J. (2006). Acoustic-perceptual correlates of voice quality in elderly men and women. *Journal of Communication Disorders*, 39(3), 171–184
- Guimarães, I. (2007). *A Ciência e a Arte da Voz Humana*. Portugal: Escola Superior de Saúde do Alcoitão.
- Hagen, P., Lyons, G.D., & Nuss, D.W. (1996). Dysphonia in the Elderly: Diagnosis and Management of Age-Related Voice Changes. *Southern Medical Journal*, 89(2), 204-207
- Hämäläinen, A., Pinto, F.M., Dias, M.S., Júdice, A., Freitas, J., Pires, C.G., . . . Braga, D. (2012). *The First European Portuguese Elderly Speech Corpus*. Artigo apresentado em IberSPEECH 2012: "VII Jornadas en Tecnología del Habla" and "III Iberian SLTech", Madrid, Spain.
- Harnsberger, J.D., Shrivastav, R., Jr., W.S.B., Rothman, H., & Hollien, H. (2008). Speaking Rate and Fundamental Frequency as Speech Cues to Perceived Age. *Journal of Voice*, 22(1), 58-69
- Higgins, M.B., & Saxman, J.H. (1991). A Comparison of Selected Phonatory Behaviors of Healthy Aged and Young Adults. *J Speech Hear Res*, 34(5), 1000-1010
- Hillenbrand, J., & Clark, M. (2009). The role of  $f_0$  and formant frequencies in distinguishing the voices of men and women. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71(5), 1150-1166
- Hillenbrand, J., Getty, L.A., Clark, M., & Wheeler, K. (1995). Acoustic characteristics of American English vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97(5 Pt 1), 3099-3111
- Hoit, J.D., & Hixon, T.J. (1987). Age and Speech Breathing. *J Speech Hear Res*, 30(3), 351-366
- Hoit, J.D., & Hixon, T.J. (1992). Age and Laryngeal Airway Resistance During Vowel Production in Women. *J Speech Hear Res*, 35(2), 309-313
- Hoit, J.D., Hixon, T.J., Altman, M.E., & Morgan, W.J. (1989). Speech Breathing in Women. *J Speech Hear Res*, 32(2), 353-365
- Hoit, J.D., Watson, P.J., Hixon, K.E., McMahon, P., & Johnson, C.L. (1994). Age and Velopharyngeal Function During Speech Production. *J Speech Hear Res*, 37(2), 295-302
- Hollien, H., & Shipp, T. (1972). Speaking Fundamental Frequency and Chronologic Age in Males. *J Speech Hear Res*, 15(1), 155-159
- Hooper, C.R., & Cralidis, A. (2009). Normal Changes in the Speech of Older Adults: You've still got what it takes; it just takes a little longer! *Perspectives on Gerontology*, 14(2), 47-56
- Huber, J.E., & Spruill, J., III. (2008). Age-Related Changes to Speech Breathing with Increased Vocal Loudness. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51(3), 651-668
- Hutchinson, J.M., Robinson, K.L., & Nerbonne, M.A. (1978). Patterns of nasalance in a sample of normal gerontologic subjects. *Journal of Communication Disorders*, 11(6), 469-481
- INE. (2009). *Projeções de População Residente em Portugal 2008-2060*: Instituto Nacional de Estatística.
- INE. (2012). *Censos 2011 - Resultados Definitivos. Destaque*.
- Janssens, J.-P. (2005). Aging of the respiratory system: impact on pulmonary function tests and adaptation to exertion. *Clinics in chest medicine*, 26(3), 469-484
- Júdice, A., Freitas, J., Braga, D., Calado, A., Dias, M., Teixeira, A., & Oliveira, C. (2010). *Elderly Speech Collection for Speech Recognition Based on Crowd Sourcing*. Artigo apresentado em DSAI'2010, DSAI Software Development for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion, Oxford, UK.

- Kart, C.S., & Kinney, J.M. (2001). *The realities of aging : an introduction to gerontology*. Boston: Allyn & Bacon.
- Kay Elemetrics Corp. (1993). Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) Model 4305. Operations Manual. Pine Brook: New Jersey, USA.
- Kendall, K. (2007). Presbyphonia: a review. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*, 15(3), 137-140
- Kent, R.D. (1993). Vocal tract acoustics. *Journal of Voice*, 7(2), 97-117
- Kent, R.D., & Read, C. (2002). *The Acoustic analysis of speech* (2ª ed.). Australia; Canada; Mexico: Singular, Thomson Learning.
- Ladefoged, P. (2001). *Vowels and Consonants*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Ladefoged, P. (2003). *Phonetic data analysis*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Linville, S.E. (1992). Glottal Gap Configurations in Two Age Groups of Women. *J Speech Hear Res*, 35(6), 1209-1215
- Linville, S.E. (1996). The Sound of Senescence. *Journal of Voice*, 10(2), 190-200
- Linville, S.E. (2000). The Aging Voice. Em R. D. Kent & M. J. Ball (Eds.), *Voice quality measurement*. San Diego: Singular Pub. Group.
- Linville, S.E. (2001). *Vocal aging*. Australia; San Diego: Singular Thomson Learning.
- Linville, S.E. (2004). The aging voice. *The ASHA Leader*
- Linville, S.E., & Fisher, H.B. (1985). Acoustic Characteristics of Women's Voices with Advancing Age. *Journal of Gerontology*, 40(3), 324-330
- Linville, S.E., & Rens, J. (2001). Vocal Tract Resonance Analysis of Aging Voice Using Long-Term Average Spectra. *Journal of Voice*, 15(3), 323-330
- Liss, J.M., Weismer, G., & Rosenbek, J.C. (1990). Selected acoustic characteristics of speech production in very old males. *Journal of Gerontology*, 45(2), P35-P45
- Ma, E.P.M., & Love, A.L. (2010). Electroglottographic Evaluation of Age and Gender Effects During Sustained Phonation and Connected Speech. *Journal of Voice*, 24(2), 146-152
- Madruga de Melo, E.C., Lemos, M., Aragão Ximenes Filho, J., Sennes, L.U., Nascimento Saldiva, P.H., & Tsuji, D.H. (2003). Distribution of Collagen in the Lamina Propria of the Human Vocal Fold. *The Laryngoscope*, 113(12), 2187-2191
- Martins, M.R.D. (1973). Análise acústica das vogais orais tónicas em Português. *Boletim de Filologia*, Vol. tomo XXII, 303-314
- Martins, M.R.D. (1992). *Ouvir falar: introdução à fonética do português*. Lisboa: Caminho.
- Mateus, M.H.M., Andrade, A., Viana, M.d.C., & Villalva, A. (1990). *Fonética, Fonologia e Morfologia do Português*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Mateus, M.H.M., Falé, I., & Freitas, M.J. (2005). *Fonética e Fonologia do Português*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Mautner, H. (2011). *A Cross-System Instrumental Voice Profile of the Aging Voice: With Considerations of Jaw Posture Effects*. (Tese de Doutoramento), University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Melcon, M.C., Hoit, J.D., & Hixon, T.J. (1989). Age and Laryngeal Airway Resistance during Vowel Production. *J Speech Hear Disord*, 54(2), 282-286

- Mendes, A., Guerreiro, D., Simões, M., & Moreira, M. (2013). *Fisiologia da Técnica Vocal*. Lisboa: Lusociência.
- Meyerson, M.D. (1976). The Effects of Aging on Communication. *Journal of Gerontology*, 31(1), 29-38
- Mifune, E., Justino, V.S.S., Camargo, Z., & Gregio, F. (2007). Análise Acústica da Voz do Idoso: Caracterização da Frequência Fundamental. *Revista CEFAC*, 9, 238-247.
- Moraes, E.N.d., Moraes, F.L.d., & Lima, S.d.P.P. (2010). Características biológicas e psicológicas do envelhecimento. *Revista Médica Minas Gerais*, 20, 67-73.
- Morris, R.J., & Brown Jr, W.S. (1994). Age-Related Differences in Speech Intensity among Adult Females. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 46(2), 64-69
- Moutinho, L.d.C. (2000). *Uma introdução ao estudo da fonética e fonologia do português: seguida de exercícios de aplicação*. Lisboa: Plátano.
- Netto, M.P. (1996). *Gerontologia: a velhice e o envelhecimento em visão globalizada*. Sao Paulo: Atheneu.
- Nishio, M., & Niimi, S. (2008). Changes in speaking fundamental frequency characteristics with aging. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 60(3), 120
- Oliveira, C., Albuquerque, L., Hämäläinen, A., Pinto, F.M., Dias, M.S., Júdice, A., . . . Braga, D. (2013). Tecnologias de fala para pessoas idosas. Em A. Teixeira, N. Rocha & A. Queirós (Eds.), *Laboratório Vivo de Usabilidade (Living Usability Lab)*: ARC Publishing (no prelo).
- Oliveira, C., Cunha, M.M., Silva, S., Teixeira, A., & Sá-Couto, P. (2012). Acoustic Analysis of European Portuguese Oral Vowels Produced by Children. *Advances in Speech and Language Technologies for Iberian Languages* (Vol. CCIS 328, pp. 129-138): Springer.
- Paulsen, F.P., & Tillmann, B.N. (1998). Degenerative changes in the human cricoarytenoid joint. *Archives of Otolaryngology—Head & Neck Surgery*, 124(8), 903
- Penny, L., Russell, A., & Pemberton, C. (1994). *Some Speech and Acoustic Measures of the Aging Voice*. Artigo apresentado em 5th Australian International Conference on Speech Science & Technology, Canberra.
- Peterson, G.E., & Barney, H.L. (1952). Control methods used in a study of the vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 24, 175
- Pickles, B., Compton, A., Cott, C., Simpson, J., & Vandervoort, A. (2000). *Fisioterapia na Terceira Idade* (2<sup>a</sup> ed.). São Paulo: Editora Santos.
- Pires, C.G., Pinto, F.M., Teixeira, V.D., Freitas, J., & Dias, M.S. (2012). *Living Home Center - A personal assistant with multimodal interaction for elderly and mobility impaired e-inclusion*. Artigo apresentado em International Conference on Computational Processing of Portuguese, Coimbra.
- Pontes, P., Brasolotto, A., & Behlau, M. (2005). Glottic Characteristics and Voice Complaint in the Elderly. *Journal of Voice*, 19(1), 84-94
- Ptacek, P.H., Sander, E.K., Maloney, W.H., & Jackson, C.C.R. (1966). Phonatory and Related Changes with Advanced Age. *J Speech Hear Res*, 9(3), 353-360
- Ramig, L., & Ringel, R. (1983). Effects of Physiological Aging on Selected Acoustic Characteristics of Voice. *J Speech Hear Res*, 26(1), 22-30
- Rastatter, M.P., & Jacques, R.D. (1990). Formant frequency structure of the aging male and female vocal tract. *Folia phoniatica*, 42(6), 312-319
- Rastatter, M.P., McGuire, R.A., Kalinowski, J., & Stuart, A. (1997). Formant frequency characteristics of elderly speakers in contextual speech. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 49(1), 1-8

- Rauber, A. (2008). An acoustic description of Brazilian Portuguese oral vowels. *Diacrítica, Ciências da Linguagem*(22), 229-238
- Redish, J., & Chisnell, D. (2004). Designing Web sites for older adults: A review of recent research. *American Association of Retired People*
- Reubold, U., Harrington, J., & Kleber, F. (2010). Vocal aging effects on F0 and the first formant: A longitudinal analysis in adult speakers. *Speech Communication, 52*, 638–651
- Rocha, P.A., & Santos, D. (2000). CETEMPúblico: Um corpus de grandes dimensões de linguagem jornalística portuguesa. In Maria das Graças Volpe Nunes (ed.), *V Encontro para o processamento computacional da língua portuguesa escrita e falada (PROPOR 2000)* (pp. 131-140). São Paulo: ICMC/USP.
- Ryan, W.J. (1972). Acoustic Aspects of the Aging Voice. *Journal of Gerontology, 27*(2), 265-268
- Santos, D., & Rocha, P.A. (2001). *Evaluating CETEMPúblico, a free resource for Portuguese*. Artigo apresentado em 39th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Toulouse.
- Santos, I.R. (2005). *Análise Acústica da Voz de Indivíduos na Terceira Idade*. (Mestrado em Bioengenharia), Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Santos, R.J.F. (2009). *Avaliação de Pacientes com Paralisia Unilateral das Pregas Vocais*. (Mestrado em Ciências da Fala e da Audição), Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Sataloff, R.T., Caputo Rosen, D., Hawkshaw, M., & Spiegel, J.R. (1997). The aging adult voice. *Journal of Voice, 11*(2), 156-160
- Saunders, J.A., Morrow-Howell, N., Spitznagel, E., Doré, P., Proctor, E.K., & Pescarino, R. (2006). Imputing Missing Data: A Comparison of Methods for Social Work Researchers. *Social Work Research, 30*(1), 19-31
- Scheffer, J. (2002). Dealing with missing data. *Research letters in the information and mathematical sciences, 3*(1), 153-160
- Schötz, S. (2006). *Perception, analysis and synthesis of speaker age*: Linguistics and Phonetics.
- Schötz, S. (2007). Acoustic Analysis of Adult Speaker Age. Em C. Müller (Ed.), *Speaker Classification I* (Vol. 4343, pp. 88-107): Springer Berlin / Heidelberg.
- Schötz, S., & Müller, C. (2007). A Study of Acoustic Correlates of Speaker Age. Em C. Müller (Ed.), *Speaker Classification II* (Vol. 4441, pp. 1-9): Springer Berlin / Heidelberg.
- Scukanec, G.P., Petrosino, L., & Squibb, K. (1991). Formant frequency characteristics of children, young adult, and aged female speakers. *Perceptual and motor skills, 73*(1), 203-208
- Seeley, R.R., Stephens, T.D., & Tate, P. (2005). *Anatomia e Fisiologia* (6ª ed.). Loures: Lusodidacta.
- Simões, A. (1982). Aspectos da gerontologia: no ano internacional da terceira idade. *Revista Portuguesa de Pedagogia, 40*-96.
- Smith, B.L., Wasowicz, J., & Preston, J. (1987). Temporal Characteristics of the Speech of Normal Elderly Adults. *J Speech Hear Res, 30*(4), 522-529
- Spar, J.E., & La Rue, A. (1998). *Guia de Psiquiatria Geriátrica*. Lisboa: Climepsi Editores.
- Spiriduso, W.W., Francis, K.L., & MacRae, P.G. (2005). *Physical dimensions of aging* (2ª ed.). Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Steffens, Y. (2011). *The Aging Voice*: GRIN Verlag.
- Stevens, K.N. (1998). *Acoustic phonetics*. Cambridge (Mass.); London: The MIT press.

- Tarafder, K.H., Datta, P.G., & Tariq, A. (2012). The Aging Voice. *Bangabandhu Sheikh Mujib Medical University Journal*, 5(1), 83-86
- Teixeira, A., Braga, D., Coelho, L., Fonseca, J.A., Alvarelhão, J., Martín, I., . . . Dias, M. (2009). *Speech as the basic interface for assistive technology*. Artigo apresentado em DSAI 2009-Proceedings of the 2th International Conference on Software Development for Enhancing Accessibility and Fighting Info-Exclusion.
- Teles, V.C., & Rosinha, A.C.U. (2008). Análise Acústica dos Formantes e das Medidas de Perturbação do Sinal Sonoro em Mulheres Sem Queixas Vocais, Não Fumantes e Não Etilista. *Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia*, 12, 523-530.
- Torre III, P., & Barlow, J.A. (2009). Age-related changes in acoustic characteristics of adult speech. *Journal of Communication Disorders*, 42, 324–333
- Verdonck-de Leeuw, I.M., & Mahieu, H.F. (2004). Vocal Aging and the Impact on Daily Life: A Longitudinal Study. *Journal of Voice*, 18(2), 193–202
- Vipperla, R., Renals, S., & Frankel, J. (2010). Ageing voices: The effect of changes in voice parameters on ASR performance. *EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing*, 2010, 5
- Watson, P.J., & Munson, B. (2007). *A comparison of vowel acoustics between older and younger adults*. Artigo apresentado em 16th International Congress of Phonetics Sciences, Saarbrücken.
- Whalen, D.H., & Levitt, A.G. (1995). The universality of intrinsic F0 of vowels. *Journal of Phonetics*, 23(3), 349-366
- Winkler, R. (2004). *Open Quotient and Breathiness in Aging Voices-Changes with Increasing Chronological Age and it's Perception*. Artigo apresentado em German-French Summerschool on "Cognitive and physical models of speech production, perception and perception-production interaction", Lubmin.
- Winkler, R., Brückl, M., & Sendlmeier, W. (2003). *The Aging Voice: an Acoustic, Electroglottographic and Perceptive: Analysis of Male and Female Voices*. Artigo apresentado em 15th International Congress of Phonetic Sciences, Barcelona.
- Woo, P., Casper, J., Colton, R., & Brewer, D. (1992). Dysphonia in the aging: Physiology versus disease. *The Laryngoscope*, 102(2), 139-144
- World Health Organization. (2002). *Active Ageing: A Policy Framework*. Madrid: World Health Organization.
- World Health Organization. (2012). Ageing. Retirado de <http://www.who.int/topics/ageing/en/index.html>
- World Health Organization. (2012). Definition of an older or elderly person. Retirado de <http://www.who.int/healthinfo/survey/ageingdefnolder/en/index.html>
- Xue, S.A., & Deliyski, D. (2001). Effects of aging on selected acoustic voice parameters: preliminary normative data and educational implications. *Educational Gerontology*, 27(2), 159-168
- Xue, S.A., & Hao, G.J. (2003). Changes in the Human Vocal Tract Due to Aging and the Acoustic Correlates of Speech Production: A Pilot Study. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46(3), 689-701
- Xue, S.A., Jiang, J., Lin, E., Glassenberg, R., & Mueller, P.B. (1998). Age-related changes in human vocal tract configurations and the effects on speakers' vowel formant frequencies: a pilot study. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 24(3), 132-137
- Zemlin, W.R. (2002). *Princípios de anatomia e fisiologia em fonoaudiologia*. Porto Alegre: Artmed.

## ANEXO A

**Alterações anatómicas e fisiológicas, decorrentes do envelhecimento, nos diversos sistemas** (adaptado de Kart & Kinney, 2001; Netto, 1996; Pickles et al., 2000; Seeley et al., 2005; Spar & La Rue, 1998; Spirduso et al., 2005)

Sistema	Alterações Anatómicas	Alterações Fisiológicas
<b>Tegumentar</b>	Epiderme mais fina e diminuição do colagénio na derme	Maior ocorrência de infeções e recuperação mais lenta
	Diminuição das fibras elásticas da derme e perda de gordura da hipoderme	Aumento da flacidez e aspeto enrugado da pele
	Diminuição da atividade das glândulas sebáceas	Pele mais seca, quebradiça e fina
	Diminuição da atividade das glândulas sudoríparas e da irrigação sanguínea da derme	Diminuição da capacidade de termorregulação; espessamento das unhas e perda generalizada de pelos corporais e de cabelo
	Diminuição de melanócitos em funcionamento → diminuição da produção de melanina	Aparecimento de cabelos grisalhos ou brancos e perda da cor característica da pele
<b>Músculo-esquelético</b>	Perda de fibras tipo I e II (maior atrofia das tipo II) e consequente redução de massa muscular e aumento de gordura	Diminuição da força muscular; contração muscular mais lenta
	Diminuição do número de neurónios motores	Aumento do tempo de reação de resposta e controlo muscular menos preciso
	Desmineralização e diminuição da densidade óssea	Aumento do risco de fraturas e deformidades; diminuição da estatura, dor, rigidez e perda de dentes
	Perda de elastina e colagénio nas articulações, diminuição da produção de líquido sinovial e aumento de cálcio nas cartilagens	Aumento do desgaste das superfícies articulares, diminuição da flexibilidade articular e da amplitude dos movimentos
<b>Nervoso</b>	Diminuição dos recetores cutâneos e redução da sensibilidade dos remanescentes	Diminuição da sensibilidade discriminativa (táctil); dificuldades propriocetivas, nomeadamente dos membros e das articulações; maior suscetibilidade a lesões da pele
	Diminuição da sensibilidade dos barorreceptores e quimiorreceptores	Dificuldades na regulação da homeostasia
	Diminuição da eficiência dos neurotransmissores epinefrina e norepinefrina	Diminuição gradual da frequência cardíaca
	Diminuição das funções sinápticas e do número de neurotransmissores e recetores; acumulação interneuronal de lipofuscina	Diminuição da velocidade de condução de um estímulo pelas vias nervosas aferente e eferente (reflexos mais lentos)
	Degenerescência neurofibrilar de neurónios e perda de neurónios cerebrais → diminuição do volume e do peso do encéfalo	Diminuição da capacidade funcional dos neurónios → declínio cognitivo
	Acumulação de placas senis e de tranças neurofibrilares, em especial no hipocampo, amígdala e córtex frontal	Interrupção da comunicação neural → alterações cognitivas
<b>Sensorial</b>	<i>Visão</i> Tecido conjuntivo do cristalino torna-se mais rígido; coloração amarela do cristalino; atrofia dos tecidos e diminuição da drenagem lacrimal	Presbiopia; perda de acuidade visual, em especial na visão noturna; diminuição da sensação luminosa e da percepção da cor
	<i>Audição e equilíbrio</i> Diminuição do número de células pilosas da cóclea; perda de audição neuro-sensorial	Desorientação; presbiacusia; zumbido;
	<i>Paladar e olfato</i> Diminuição do número de recetores sensoriais; alteração da sensibilidade dos corpúsculos gustativos	Alterações gustativas; perda de apetite; declínio do olfato → diminuição da deteção de odores do quotidiano
<b>Endócrino</b>	Diminuição da hormona GH	Diminuição gradual de massa óssea e muscular e aumento do tecido adiposo (anatómico)
	Diminuição da secreção de melatonina	Alterações do padrão de sono e na secreção de outras hormonas (GH e testosterona)
	Diminuição de 30 a 40% da produção de renina	Redução da capacidade de responder às diminuições da pressão arterial
	Diminuição da produção de timosina, pelo timo	Redução do número de linfócitos e diminuição da proteção do organismo



<b>Circulatório</b>	<b>Coração</b>	Acumulação de lipofuscina e lípidos nas células do miocárdio; aumento de fibras de colagénio no tecido cardíaco	Diminuição da elasticidade do tecido; diminuição da frequência cardíaca máxima, do débito cardíaco e do consumo de oxigénio sob stresse
		Aumento do volume do ventrículo esquerdo	Aumento da pressão na aurícula esquerda e nos capilares pulmonares, podendo conduzir a edema pulmonar
		Dilatação e espessamento do músculo cardíaco no ventrículo esquerdo	Maior consumo de oxigénio para bombear a mesma quantidade e sangue
		Atrofia e substituição das células do ramo esquerdo do feixe de His; diminuição do número de células no nóculo SA	Alteração do sistema de condução elétrica do coração → maior incidência de arritmias
		Infiltração lipídica e calcificação das válvulas aórtica e mitral	Diminuição da flexibilidade das válvulas e maior tendência para anomalias valvulares
<b>Artérias</b>		Aumento da rigidez das paredes das grandes artérias → diminuição gradual da elasticidade da aorta	Aumento da pressão aórtica
		Aumento do colagénio e diminuição da elastina nas paredes arteriais; calcificação; aumento da espessura e diminuição do lúmen das arteríolas	Perda de elasticidade da parede das artérias; aumento da pressão aórtica e da tensão arterial sistólica
		Formação de placas nas paredes dos vasos sanguíneos (depósitos de colagénio, lípidos e cálcio)	Diminuição da irrigação dos tecidos e maior suscetibilidade a bloqueios e ruturas
<b>Imunológico</b>		Involução e atrofia do timo; aumento das células T supressoras e diminuição das células T auxiliares; aumento de IgA e IgG; redução de IgM	Diminuição da resposta primária e secundária dos anticorpos; resposta imunitária mais lenta, são produzidos menos anticorpos e formam-se menos células de memória → maior suscetibilidade a infeções e ao cancro
		Aumento de autoanticorpos	A resposta imunitária destrói os próprios tecidos saudáveis (doença autoimune)
<b>Respiratório</b>		Redução da elasticidade da caixa torácica e atrofia dos músculos respiratórios	Redução da capacidade de expansão do tórax
		Perda de elasticidade do tecido das vias respiratórias, incluindo dos alvéolos pulmonares; diminuição da profundidade dos alvéolos	Diminuição da capacidade vital, da ventilação total e das trocas gasosas
		Dilatação dos bronquíolos respiratórios, ductos alveolares e alvéolos	Aumento do volume residual; dificuldades respiratórias
		Diminuição do número de cílios e da sua taxa de movimentação	Acumulação de muco nas vias aéreas e consequente aumento da suscetibilidade a infeções respiratórias e à bronquite
<b>Gastrointestinal</b>		Diminuição da espessura da camada de esmalte e retração das gengivas	Aumenta a exposição da dentina, que pode ser dolorosa e alterar hábitos alimentares
		Enfraquecimento dos músculos da mastigação	Redução da mastigação dos alimentos
		Atrofia da mucosa gástrica, as camadas de tecido conjuntivo, a submucosa e a serosa tornam-se mais finas; redução da quantidade de muco protetor	Diminuição da proteção a agressões externas, quer sejam mecânicas ou tóxicas
		Atrofia da musculatura gástrica	Diminuição da força e do tónus do tecido muscular e das suas estruturas de apoio
		Perda de células musculares lisas	Diminuição da motilidade do tubo digestivo → refluxo gastroesofágico
		Diminuição do aporte sanguíneo ao tubo digestivo	Diminuição da metabolização de fármacos
<b>Urinário</b>		Perda de massa renal, de glomérulos, atrofia da árvore arterial e diminuição do fluxo de sangue aos rins	Diminuição gradual de tamanho e peso do rim, e da eficiência funcional do sistema
		Redução do número de nefrónios funcionais	Diminuição da filtração glomerular; alteração da capacidade de concentrar a urina (diminuição da capacidade de eliminar ácido úrico, ureia, creatinina e toxinas, maior risco de desidratação)
		Diminuição da secreção de renina e capacidade de participar na síntese da vitamina D	Contribuição para a deficiência de cálcio, osteoporose e fraturas ósseas
		Diminuição da elasticidade da bexiga, em especial na mulher	Menor capacidade de esvaziamento da bexiga
		Alterações nos neurónios sensoriais e na área frontal do córtex cerebral	Atraso do reflexo de micção → conduz à extrema urgência em urinar ou à incontinência

<b>Reprodutor</b>	♀	Ovulação irregular ou ausente → redução drástica na produção de hormonas femininas (estrogénio e progesterona)	Menopausa
		Diminuição do tamanho do útero (torna-se mais fibrosado e com menos glândulas endométricas) e do colo uterino; redução do diâmetro do canal cervical; trompas de Falópio ficam mais finas e os ovários tomam uma forma irregular	Diminuição da eficiência do sistema reprodutivo
		Diminuição do número de glândulas e de secreção, da vascularização e da elasticidade da vagina	Maior suscetibilidade a infeções vaginais
		Redução da produção de estrogénio	Alteração do metabolismo ósseo; aumento da frequência de processos cardíaco e cerebrovasculares
	♂	Aumento da quantidade de tecido conjuntivo fibroso nos testículos; restrição do aporte sanguíneo e diminuição do tamanho e do peso dos testículos; diminuição do diâmetro dos túbulos seminíferos	Redução da taxa de produção de espermatozoides
		Secreção de hormonas do sistema reprodutor (testosterona) diminui de forma gradual	Possibilidade de entrar na andropausa
		Hipertrofia da próstata	Dificuldades na micção
<b>Legenda</b>		IgA (imunoglobulina A); IgG (imunoglobulina G); IgM (imunoglobulina M); SNC (Sistema Nervoso Central); GH (hormona do crescimento)	



## ANEXO B

**Efeitos do envelhecimento no desempenho cognitivo** (adaptado de Pickles et al., 2000; Spar & La Rue, 1998)

	<b>Aptidão</b>	<b>Sentido da mudança</b>	<b>Observações</b>
<b>Inteligência</b>	<i>Fluida (capacidade para decorar; raciocínio indutivo)</i>	Em declínio	Mantém relação com a capacidade para a memória de curto prazo e para a compreensão de relações complexas
	<i>Cristalina (vocabulário e conhecimentos gerais)</i>	Estável a ligeiro declínio	Pode ter um leve declínio em idades muito avançadas, mais pronunciado em novas tarefas
	<i>Prática (aplicação das capacidades intelectuais no quotidiano)</i>	Estável a ligeiro declínio	Mantem relações com a inteligência cristalizada; a experiência e a motivação afetam esta aptidão
	<i>Execução de tarefas perceptivomotoras</i>	Em declínio	O declínio começa pelos 50-60 anos
<b>Atenção</b>	<i>Campo de atenção</i>	Estável a ligeiro declínio	Problemas em dividir a atenção, filtrar ruído, deslocar a atenção
	<i>Atenção complexa</i>	Ligeiro declínio	
<b>Linguagem</b>	<i>Comunicação</i>	Estável	Na ausência de défice sensorial
	<i>Sintaxe, conhecimento de palavras</i>	Estável	Varia com o nível escolar
	<i>Fluência, nomeação</i>	Ligeiro declínio	Lapsos ocasionais em encontrar palavras
	<i>Compreensão</i>	Estável a ligeiro declínio	Ligeiras dificuldades no processamento de mensagens complexas
	<i>Discurso</i>	Variável	Pode ser mais impreciso e repetitivo
<b>Memória</b>	<i>Sensorial</i>	Ligeiro declínio	Inclui: impressões óticas e acústicas, odores e paladar
	<i>De curto prazo ou imediata</i>	Moderado declínio	Diminui quando o material precisa de ser manipulado ou a pessoa desvia a atenção; prolongamento do período necessário para processamento e recuperação
	<i>De longo prazo ou remota</i>	Estável a ligeiro declínio	<u>Memórias semânticas</u> permanecem inalteradas e <u>memórias episódicas</u> são mais vulneráveis; défices de codificação e recuperação; armazenagem intacta
<b>Visuoespacial</b>	<i>Copiar desenhos</i>	Variável	Intacta para figuras simples Alterada para figuras complexas
	<i>Orientação topográfica</i>	Em declínio	Mais notável em terreno não familiar
<b>Raciocínio</b>	<i>Resolução lógica de problemas</i>	Em declínio	Alguma redundância e desorganização
	<i>Raciocínio prático</i>	Variável	Intacto para situações familiares
	<b>Funções de execução</b>	Ligeiro declínio	Planeamento/monitorização menos eficiente de comportamentos complexos
	<b>Rapidez</b>	Em declínio	Lentidão do pensamento e da ação é a mudança mais constante no envelhecimento



## ANEXO C

### Dados de 17 estudos sobre a variação de F0 ao longo do envelhecimento

Ano	Autor	Língua *	Estímulo	Participantes	Resultados (F0)
1972	Hollien & Shipp	Eng	leitura de texto	<b>Total: 175</b> ♂ - [20-89]: 25 ♂ por década	♂- [20-29]: 120 Hz; [30-39]: 112 Hz; [40-49]: 107 Hz; [50-59]: 118 Hz; [60-69]: 112 Hz; [70-79]: 132 Hz; [80-89]: 146 Hz
1981	Benjamin	Eng	leitura de texto	<b>Total: 40</b> ♀♂ - [21-32]: 10 ♂ e 10 ♀; [68-82]: 10 ♂ e 10 ♀	♀- [21-32]: 197 Hz; [68-82]: 180 Hz ♂- [21-32]: 110 Hz; [68-82]: 103 Hz
1991	Higgins & Saxman	Eng	silaba [bæp] (sil); vogal [æ] sustentada	<b>Total: 41</b> ♀♂ - [20-31]: 10 ♂ e 10 ♀; [≥69]: 10 ♂ e 11 ♀	♀- vogal: [20-31]: 235 Hz; [≥69]: 211 Hz; sil: [20-31]: 231 Hz; [≥69]: 200 Hz ♂- vogal: [20-31]: 122 Hz; [≥69]: 132 Hz; sil: [20-31]: 122 Hz; [≥69]: 127 Hz
2001	Xue & Deliyski	Eng	vogal [a] sustentada	<b>Total: 97</b> ♀♂ - [20-55]: 20 ♂ e 33 ♀; [70-80]: 21 ♂ e 23 ♀	♀- [20-55]: 244 Hz; [70-80]: 188 Hz ♂- [20-55]: 145 Hz; [70-80]: 128 Hz
2002	Ferrand	Eng	vogal [ɑ] sustentada	<b>Total: 42</b> ♀ - [21-34]: 14 ♀; [40-63]: 14 ♀; [70-90]: 14 ♀	♀- [21-34]: 210 Hz; [40-63]: 204 Hz; [70-90]: 175 Hz
2004	Winkler	Deu	vogais sustentadas, palavras isoladas e discurso espontâneo	<b>Total: 48</b> ♀♂ - [18-30]: 11 ♂; [24-29]: 11 ♀; [59-82]: 13 ♂; [61-82]: 13 ♀	♀- [24-29]: 227 Hz; [61-82]: 204 Hz (discurso espontâneo) ♂- F0 aumenta ligeiramente com a idade (independentemente do estímulo) ♀- [43-49]: 184 Hz; [50-59]: 192 Hz; [60-69]: 183 Hz; [70-79]: 185 Hz; [80-84]: 185 Hz; (μ <sub>[43-84]</sub> =187 Hz); [21-45]: 209 Hz ♂- [50-59]: 115 Hz; [60-69]: 122 Hz; [70-79]: 123 Hz; [80-87]: 122 Hz; (μ <sub>[50-87]</sub> =120 Hz); [21-45]: 135 Hz
2005	Santos	Por (Brasil)	vogal [a] sustentada	<b>Total: 232</b> ♀♂ - [21-45]: 38 ♀ e 14 ♂; [43-84]: 128 ♀; [50-87]: 52 ♂	♀- [20-27]: 217 Hz; [23-36]: 213 Hz; [33-46]: 202 Hz; [43-56]: 192 Hz; [53-66]: 192 Hz; [63-76]: 196 Hz; [73-86]: 199 Hz; [83-89]: 194 Hz ♂- [20-27]: 120 Hz; [23-36]: 119 Hz; [33-46]: 113 Hz; [43-56]: 113 Hz; [53-66]: 118 Hz; [63-76]: 121 Hz; [73-86]: 123 Hz; [83-89]: 143 Hz
2006	Schötz	Swe	6 vogais em contexto CVC	<b>Total: 259</b> ♀ e <b>268</b> ♂ - [20-27]: 40 ♂ e 40 ♀; [23-36]: 66 ♂ e 60 ♀; [33-46]: 47 ♂ e 36 ♀; [43-56]: 41 ♂ e 42 ♀; [53-66]: 61 ♂ e 64 ♀; [63-76]: 68 ♂ e 69 ♀; [73-86]: 43 ♂ e 46 ♀; [83-89]: 5 ♂ e 6 ♀	♀- início de frase: 175 Hz; final de frase: 123 Hz ♂- início de frase: 117 Hz; final de frase: 93 Hz
2007	Mifune et al.	Por (Brasil)	vogal [a] em posição tónica	<b>Total: 8</b> ♀♂ - [60-76]: 4 ♂ e 4 ♀	♀- [60-90]: 191 Hz ♂- [60-85]: 139 Hz
2007	Ferreira	Por (Brasil)	vogal [ɛ] sustentada	<b>Total: 60</b> ♀♂ - [60-85]: 13 ♂; [60-90]: 47 ♀	♀- [19-34]: 225 Hz; [35-59]: 196 Hz; [≥60]: 179 Hz ♂- [19-34]: 122 Hz; [35-59]: 121 Hz; [≥60]: 128 Hz
2008	Nishio & Niimi	Jpn	Leitura de texto	<b>Total: 374</b> ♀♂ - [19-34]: 77 ♂ e 77 ♀; [35-59]: 55 ♀ e 55 ♂; [≥60]: 55 ♂ e 55 ♀	♀- [18-39]: 210 Hz; [40-60]: 202 Hz; [60-86]: 212 Hz
2008	Teles & Rosinha	Por (Brasil)	7 vogais sustentadas	<b>Total: 107</b> ♀ - [18-39]: 46 ♀; [40-60]: 47 ♀; [60-86]: 14 ♀	♀- [20-35]: 193 Hz; [60-89]: 172 Hz ♂- [20-35]: 110 Hz; [60-89]: 132 Hz
2009	Torre III & Barlow	Eng	6 vogais em contexto CVC	<b>Total: 84</b> ♀♂ - [20-35]: 12 ♂ e 15 ♀; [60-89]: 27 ♂ e 32 ♀	♀- [60-69]: 194 Hz; [70-79]: 196 Hz; [80-103]: 188 Hz
2009	Cerceau et al.	Por (Brasil)	vogal [a] sustentada	<b>Total: 96</b> ♀ - [60-69]: 51 ♀; [70-79]: 28 ♀; [80-103]: 17 ♀	♀- vogal- [20-32]: 224 Hz; [≥65]: 186 Hz; LF - [20-32]: 191 Hz; [≥65]: 160 Hz; LT - [20-32]: 197 Hz; [≥65]: 171 Hz ♂- vogal- [20-32]: 121 Hz; [≥65]: 124 Hz; LF - [20-32]: 108 Hz; [≥65]: 110 Hz; LT - [20-32]: 114 Hz; [≥65]: 115 Hz
2010	Ma & Love	Eng	vogal [a] sustentada; leitura de frase (LF); leitura de texto (LT)	<b>Total: 46</b> ♀♂ - [20-32]: 11 ♂ e 12 ♀; [≥65]: 12 ♂ e 11 ♀	♂- adultos: 144 Hz; idosos: 128 Hz
2010	Vipperla et al.	Eng	vogal /aa/ (discurso espontâneo)	<b>Total: 46</b> ♂ - 23 adultos e 10 idosos	♀- vogal- [35-59]: 195 Hz; [60-69]: 180 Hz; [70-79]: 189 Hz; [≥80]: 170 Hz; LF - [35-59]: 171 Hz; [60-69]: 162 Hz; [70-79]: 176 Hz; [≥80]: 159 Hz ♂- vogal- [35-59]: 104 Hz; [60-69]: 112 Hz; [70-79]: 127 Hz; [≥80]: 134 Hz; LF - [35-59]: 91 Hz; [60-69]: 102 Hz; [70-79]: 120 Hz; [≥80]: 118 Hz
2011	Mautner	Eng	vogal [a] sustentada e em leitura de frase (LF)	<b>Total: 56</b> ♀ e <b>29</b> ♂ - [35-59]: 14 ♀ e 5 ♂; [60-69]: 17 ♀ e 7 ♂; [70-79]: 14 ♀ e 8 ♂; [≥80]: 11 ♀ e 9 ♂	

\*De acordo com o ISO 639-2



## ANEXO D

### Dados de 14 estudos sobre a frequência dos formantes das vogais de idosos

Ano	Autor	Língua*	Estímulo	Participantes	Dados
1982	Benjamin	Eng	Leitura de frases (/i/, /u/, /a/ e /æ/)	<b>Total: 40</b> ♀♂ - [21-32]: 10♂ e 10♀; [68-82]: 10♂ e 10♀	F1/F2
1985	Linville & Fisher	Eng	Vogal /æ/ sustentada e sussurrada	<b>Total: 75</b> ♀ - [25-35]: 25♀; [45-55]: 25♀; [70-80]: 25	F1 e F2
1990	Liss et al.	Eng	Leitura de frases (/u/, /a/, /ɪ/ e /æ/)	<b>Total: 14</b> ♂ [87-93]	F1 e F2
1990	Rastatter & Jacques	Eng	Vogais sustentadas (/u/, /a/, /ɪ/, /i/ e /æ/)	<b>Total: 40</b> ♀♂ - [20-22]: 10♂ e 10♀; [72-76]: 10♂ e 10♀	F1 e F2
1991	Scukanec et al.	Eng	Leitura de frases (/u/, /a/, /i/ e /æ/ (CVC))	<b>Total: 12</b> ♀ - [4,5-4,7]: 3♀; [19-22]: 6♀; [62-77]: 3♀	F1 e F2
1997	Rastatter et al.	Eng	Leitura de frases (/u/, /a/, /ɪ/, /i/ e /æ/)	<b>Total: 40</b> ♀♂ - [19-25]: 10♂ e 10♀; [65-80]: 10♂ e 10♀	F1 e F2
1998	Xue et al., 1998	Eng	Vogal /a/ sustentada	<b>Total: 22</b> ♀ - [33-48]: 10♀; [50-66]: 12♀	F1, F2 e F3
2001	Linville & Rens	Eng	Leitura de texto	<b>Total: 80</b> ♀♂ - [19-24]: 20♂ e 20♀; [62-79]: 20♂ e 20♀	F1, F2 e F3
2003	Xue & Hao	Eng	Leitura de frase (/u/, /a/, /i/, /i/, /o/, /e/, /ʊ/, /σ/, /æ/ (CVC))	<b>Total: 76</b> ♀♂ - [18-30]: 19♂; [20-30]: 19♀; [62-79]: 19♂; [65-87]: 19♀	F1, F2 e F3
2006	Schötz	Swe	6 palavras (/a/ /ɑ:/ /u:/ /ε:/ /y:/ e /ē:/ (CVC))	<b>Total: 259</b> ♀ e <b>268</b> ♂ - [20-27]: 40♂ e 40♀; [23-36]: 66♂ e 60♀; [33-46]: 47♂ e 36♀; [43-56]: 41♂ e 42♀; [53-66]: 61♂ e 64♀; [63-76]: 68♂ e 69♀; [73-86]: 43♂ e 46♀; [83-89]: 5♂ e 6♀	F1, F2, F3, F4 e F5
2007	Watson & Munson	Eng	32 palavras (/i/, /a/, /ei/, /e/, /æ/, /ou/ e /u/ (CVC))	<b>Total: 20</b> ♀♂ - [ $\bar{x}$ =23]: 5♂ e 5♀; [ $\bar{x}$ =76]: 5♀ e 5♂	F1 e F2
2008	Teles & Rosinha	Por (Brasil)	Vogais sustentadas (/a/, /e/, /e/, /i/, /o/, /ɔ/ e /u/)	<b>Total: 107</b> ♀ - [18-39]: 46♀; [40-60]: 47♀; [60-86]: 14♀	
2009	Torre III & Barlow	Eng	Leitura de frase (/i/, /ɪ/, /e/, /æ/, /u/ e /ɪ/ (CVC))	<b>Total: 84</b> ♀♂ - [20-35]: 12♂ e 15♀; [60-89]: 27♂ e 32♀	F1, F2 e F3
2011	Mautner	Eng	vogal [a] sustentada e em leitura de frase	<b>Total: 56</b> ♀ e <b>29</b> ♂ - [35-59]: 14♀ e 5♂; [60-69]: 17♀ e 7♂; [70-79]: 14♀ e 8♂; ≥80): 11♀ e 9♂	F1 e F2

\*De acordo com o ISO 639-2





## ANEXO E

### Palavras válidas no *corpus*

Palavra	Ocorrência	Vogal (IPA)
base	2	a
bebe	1	ɛ
Beja	1	ɛ
Beto	1	ɛ
Bica	1	i
bico	2	i
bife	1	i
boca	8	o
cabe	1	a
Cabo	1	a
casa	88	a
caso	16	a
cedo	7	e
cega	1	ɛ
cego	1	ɛ
chave	1	a
Checa	1	ɛ
chefe	2	ɛ
chega	9	e
chego	3	e
chegue	2	e
Chico	1	i
chuva	1	u
Couto	2	o
cova	2	ɔ
coxo	1	o
Cuba	2	u
cuja	2	u
dada	3	a
dado	4	a
data	6	a
dava	7	a
dessa	3	ɛ
desse	2	e
deve	8	ɛ
devo	1	e
Diga	7	i
digo	6	i
disse	19	i
disso	21	i
dito	8	i
doce	4	o
doze	74	o
Duque	1	u
faça	2	a
face	4	a
Faço	4	a
fado	1	a
Fafe	1	a
fase	4	a
fecho	1	e
fica	7	i
fique	1	i
fixo	1	i
foco	1	ɔ
fogo	3	o
fosse	7	o
gajo	1	a
gato	1	a

Palavra	Ocorrência	Vogal (IPA)
jogo	10	o
Paço	2	a
paga	4	a
pago	1	a
passa	4	a
passo	2	a
peça	6	ɛ
pede	1	ɛ
peso	3	e
Pico	2	i
piso	2	i
Pode	57	ɔ
pôde	2	o
possa	1	ɔ
posse	1	ɔ
posso	9	ɔ
pouca	4	o
pouco	24	o
povo	13	o
pude	1	u
queda	1	ɛ
Quito	1	i
sabe	24	a
sapo	1	a
seco	2	e
sede	1	ɛ
segue	1	ɛ
seja	15	e
sete	620	ɛ
sida	1	i
sido	15	i
sopa	1	o
soube	1	o
Sousa	12	o
Taça	2	a
Teve	14	e
tida	1	i
tido	3	i
tipo	10	i
tive	18	i
toda	25	o
todo	23	o
topo	4	o
toque	2	ɔ
tudo	62	u
vaca	1	a
Veja	3	ɛ
vejo	6	e
vida	28	i
Vide	1	i
Vigo	1	i
visse	1	i
vive	3	i
vivo	3	i
vossa	1	ɔ
voto	1	ɔ
Vouga	1	o
Zita	1	i

Legenda: IPA (International Phonetic Alphabet)



## ANEXO F

---

### Número e percentagem de *missing values* por vogal

	[i]	[e]	[ɛ]	[a]	[ɔ]	[o]	[u]
N	74	60	78	72	70	74	64
<i>Missing values</i>	4	18	0	6	8	4	14
%	5,1	23,1	0	7,7	10,3	5,1	17,9

