

Capacidade Vital Forçada: Estudo piloto de dados portugueses e modelo preditivo

Forced Vital Capacity: Pilot study of Portuguese data and predictive model

Ana P. Mendes^{1*} , Ana C. Urbano² , Ana Jorge³ 

¹Escola Superior de Saúde, Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, Portugal

²Galf – Gabinete de Avaliação da Linguagem e Fala, Lda. Divertimento Infinito, São João da Madeira, Portugal

³Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa, Lisboa, Portugal

*Autor correspondente/Corresponding author: ana.paula.mendes@ess.ips.pt

Recebido/Received: 12-08-2025; Revisto/Revised: 02-09-2025; Aceite/Accepted: 22-09-2025

Resumo

A capacidade vital forçada (CVF) é uma medida de referência para o suporte respiratório e produção fonatória. **Objetivos:** 1) Obter dados da CVF da população portuguesa e 2) Propor um modelo de regressão linear múltipla para prever a CVF na prática clínica. **Métodos:** Participaram 195 sujeitos (97 homens de 10 a 53 anos e 98 mulheres de 11 a 50 anos). Peso, altura e hábitos tabágicos foram obtidos. A CVF foi medida três vezes, com espirómetro digital e analógico, com e sem clipe nasal. A maior medida foi analisada com One-Way ANOVA, T-Test, Pearson e Kolmogorov-Smirnov; $\alpha = 0,05$. **Resultados:** A média da CVF foi significativamente: 1) maior nos homens do que nas mulheres ($p=0,000$); 2) aumentou com a idade em ambos os sexos ($p=0,002$ e $p=0,003$), atingindo o valor máximo em [20-30[anos; 3) aumentou com o peso nos homens ($p=0,004$) até [90-110[kgs e diminuiu nas mulheres; 4) aumentou com a altura nos homens ($p=0,001$) e nas mulheres até [1,75-1,85[m e 5) maior nos nunca-fumadores do que nos fumadores, em ambos os sexos ($p=0,000$). A média da CVF foi maior quando obtida com espirómetro digital e com oclusão por clipe nasal. **Conclusão:** Este estudo apresenta valores de CVF para a população caucasiana portuguesa para aplicação na prática clínica nas áreas respiratória e vocal. O modelo matemático obtido explica 95,8% da variação da CVF.

Palavras-chave: Testes de função respiratória, Medições de volume pulmonar, Capacidade vital, Capacidade pulmonar total, Capacidade vital forçada.

Abstract

The forced vital capacity (FVC) is a reference measure for respiratory support and phonatory production. **Objectives:** 1) To obtain FVC data of the Portuguese population and 2) To propose a multiple linear regression model to predict the FVC for clinical practice. **Methods:** 195 subjects participated (97 men with 10-53 years old and 98 women with 11-50 years old). Weight, height and smoking habits were obtained. FVC was measured three times, with a digital and analog spirometer, as well as with and without a nose clip. The largest measure was analyzed with One-Way ANOVA, T-Test, Pearson e Kolmogorov-Smirnov; $\alpha=.05$. **Results:** The FVC mean was significantly: 1) higher in males than in females ($p=0,000$); 2) increased with age in both sexes ($p=0,002$ and $p=0,003$), reaching the maximum value at [20-30[years; 3) increased with weight in men ($p=0,004$) up to [90-110[kgs and decreased in women; 4) increased with height in men ($p=0,001$) and in women up to [1,75-1,85[m and 5) greater in never-smokers than in smokers, in both sexes ($p=0,000$). The FVC mean was higher when taken with a digital spirometer and with a nose clip occlusion. **Conclusion:** This study presents FVC values for the Portuguese Caucasian population to be applied in clinical practice in the respiratory and vocal areas. The mathematical model obtained explains 95,8% of the FVC variation

Keywords: Respiratory function tests, Lung volume measurements, Vital capacity, Total lung capacity, Forced vital capacity.

1. INTRODUÇÃO

As avaliações aerodinâmicas fornecem dados sobre a interação dos sistemas respiratório e fonatório. Tempo máximo de fonação, capacidade vital forçada e quociente fonatório são algumas medidas objetivas e quantitativas utilizadas por diversos especialistas, como terapeutas da fala, otorrinolaringologistas, técnicos de cardiopneumologia, fisioterapeutas, foniatrizes e profissionais da voz. Existe uma relação significativa entre estes parâmetros da avaliação aerodinâmica e os tipos de disfonia (orgânica, funcional e neurológica) (Aghajanzadeh *et al.*, 2016; Colton, Casper & Leonard, 2011).

A respiração, ventilação pulmonar, pode ser avaliada através dos volumes de ar pulmonar utilizando vários métodos, tarefas e medidas de função. A capacidade vital (CV) é uma medida pulmonar estática e reflete as propriedades elásticas dos pulmões, da parede torácica e do abdômen. Isto permite estudar a função do sistema respiratório, identificar alterações pulmonares (para melhor ou para pior) e avaliar a evolução da terapêutica respiratória (Zemlin, 2000). Qualquer valor de CV abaixo dos valores de referência é indicativo de uma perturbação respiratória. O que se pode refletir em: 1) inspirações frequentes; 2) contrações musculares extrínsecas e intrínsecas da laringe; 3) contração glótica inadequada para manter a pressão do limiar fonatório (PTP); 4) pausas inadequadas no discurso; 5) dificuldades em sustentar a fonação; e 6) diminuição da inteligibilidade da fala (Belau, 2004; Zemlin, 2000).

A CV acompanha o desenvolvimento físico pulmonar. Esta medida aumenta e atinge o seu valor máximo entre os 20 e os 30 anos. A partir desta idade, há uma diminuição da CV e uma diminuição dos movimentos diafragmáticos. Os valores da CV alteram-se com os fatores mecânicos, o peso, a altura, o sexo, a etnia, o estado de saúde, os hábitos tabágicos e a prática de exercício físico, incluindo o treino vocal. Os fatores mecânicos estão relacionados com a simetria e o ângulo costovertebral que alteram a mobilidade da caixa torácica (CT), impedindo a sua expansão completa. Nestes casos, a CV diminui, pois é inversamente proporcional às limitações de mobilidade da CT (Olson, Wilson, Johnson & Hyatt, 2010; Ruivo, Viana, Martins & Baeta, 2009; Zemlin, 2000).

O peso está associado à função respiratória. (Guimarães, Martins & Moutinho, 2012). Em relação à altura, o valor da CV é diretamente proporcional ao aumento desta variável. A estrutura pulmonar acompanha o crescimento do sujeito (Pereira, 2002; Zemlin, 2000). Em relação ao sexo, a CV tende a ser maior nos homens do que nas mulheres. Nos homens, a estrutura pulmonar e a força muscular são superiores, resultando num aumento da medição da CV (Pereira, 2002). Também alguns estudos demonstraram diferenças significativas nos valores da espirometria em diferentes grupos étnicos (Cid-Juárez *et al.*, 2019; Llapur *et al.*, 2013). Este fenómeno pode dever-se ao crescimento superior do volume pulmonar a grandes altitudes (Llapur *et al.*, 2013). O estado de saúde tem uma relação direta com os valores da CV. Os hábitos tabágicos alteram a CV. Isto é inversamente proporcional à duração do tabagismo e ao seu consumo diário (Wang *et al.*, 2018; Kumar *et al.*, 2010; Zemlin, 2000).

O exercício físico tem uma relação positiva com a CV, uma

1. INTRODUCTION

Aerodynamic assessments provide data on the respiratory and phonatory interaction systems. Maximum phonation time, forced vital capacity and phonatory quotient are some objective and quantitative measures used by various specialists, such as speech-language pathologists, otolaryngologists, cardiopulmonary technicians, physical therapists, phoniatrists, and voice professionals. There is a significant relationship between these aerodynamic assessment parameters and the types of dysphonia (organic, functional, and neurological) (Aghajanzadeh *et al.*, 2016; Colton, Casper & Leonard, 2011).

Respiration, or pulmonary ventilation, can be assessed through lung air volumes using various methods, tasks, and functional measures. Vital capacity (VC) is a static lung measurement and reflects the elastic properties of the lungs, chest wall, and abdomen. This allows us to study respiratory system function, identify lung changes (for better or worse), and assess the progress of respiratory therapy (Zemlin, 2000). Any VC value below the reference values indicates a respiratory disorder. This can be reflected in: 1) frequent inspirations; 2) extrinsic and intrinsic laryngeal muscle contractions; 3) inadequate glottal contraction to maintain phonatory threshold pressure (PTP); 4) inadequate pauses in speech; 5) difficulty sustaining phonation; and 6) decreased speech intelligibility (Belau, 2004; Zemlin, 2000).

VC follows physical lung development. This measurement increases and reaches its peak between the ages of 20 and 30. From this age onward, VC decreases and diaphragmatic movements decrease. VC values change with mechanical factors, weight, height, gender, ethnicity, health status, smoking habits, and physical exercise, including vocal training. Mechanical factors are related to symmetry and the costovertebral angle, which alter rib cage (RC) mobility, preventing its full expansion. In these cases, VC decreases, as it is inversely proportional to RC mobility limitations (Olson, Wilson, Johnson & Hyatt, 2010; Ruivo, Viana, Martins & Baeta, 2009; Zemlin, 2000).

Weight is associated with respiratory function (Guimarães, Martins & Moutinho, 2012). Regarding height, the VC value is directly proportional to the increase in this variable. Lung structure accompanies the individual's growth (Pereira, 2002; Zemlin, 2000). Regarding gender, VC tends to be higher in men than in women. In men, lung structure and muscle strength are stronger, resulting in an increase in VC measurements (Pereira, 2002). Some studies have also demonstrated significant differences in spirometry values across ethnic groups (Cid-Juárez *et al.*, 2019; Llapur *et al.*, 2013). This phenomenon may be due to the greater growth of lung volume at high altitudes (Llapur *et al.*, 2013). Health status is directly related to VC values. Smoking habits alter VC. This is inversely proportional to the duration of smoking and daily consumption (Wang *et al.*, 2018; Kumar *et al.*, 2010; Zemlin, 2000).

Physical exercise has a positive relationship with VC, as it strengthens the necessary muscles for breathing (Belau, 2004; Zemlin, 2000). Athletes (i.e., swimmers and runners) can increase their VC by approximately 70% when compared to individuals with no physical exercise habits (Belau, 2004;

vez que fortalece os músculos necessários à respiração (Belau, 2004; Zemlin, 2000). Os atletas (i.e., nadadores e corredores) podem aumentar cerca de 70% na CV quando comparados com indivíduos sem hábitos de exercício físico (Belau, 2004; Silvatti, 2012). O canto lírico e o seu treino respiratório também promovem alterações respiratórias (Mendes *et al.*, 2017; Mendes, Sapienza, Rothman, & Brown, 2006; Mendes, Brown, Rothman & Sapienza, 2004; Mendes, Rothman, Sapienza & Brown, 2003). Os cantores aprendem os princípios fisiológicos da produção vocal e treinam os músculos do tórax e abdominais regularmente (Irzaldy, Wiyasihati & Purwanto, 2016).

O Grupo de Interesse em Voz e Perturbações Vocais da *American Speech-Language-Hearing Association* (ASHA) recomenda o uso de instrumentação para avaliar objetivamente a função respiratória para fins de produção da fala (Carmichael, 2005). A *European Respiratory Society* (ERS) e a *American Thoracic Society* (ATS) afirmam que a medição da CV ajuda a determinar a presença de alterações respiratórias, ou seja, obstruções e restrições (Barros *et al.*, 2021). Estas podem ter impacto na funcionalidade e na qualidade de vida do indivíduo, incluindo as competências comunicativas, especificamente, a produção de fala.

A CV pode ser medida através de vários procedimentos diferentes. A capacidade vital forçada (CVF) é a medida pulmonar mais estudada, fácil e utilizada em fisiologia respiratória, sendo uma inspiração profunda seguida de uma expiração máxima (Barros *et al.*, 2021).

A CVF é obtida por espirometria, uma técnica não invasiva, indolor, rápida, válida, fiável e acessível. Permite obter resultados rápidos sem qualquer prejuízo para o utente. Esta técnica tende a apresentar resultados semelhantes, se aplicada nas mesmas condições (por exemplo, observador, metodologia e ambiente) e num curto espaço de tempo. Esta é obtida por médicos, enfermeiros, terapeutas, técnicos e outros profissionais de saúde (Dancer & Thickett, 2012; Ferreira, Befi-Lopes & Limongi, 2004; Pereira, 2002).

Desde 2005 que a ERS tem vindo a trabalhar na normalização dos valores pulmonares, para obter bases de dados de laboratórios de todo o mundo. Estes dados integram o ERS e o ATS, *Global Function Initiative* (GLI) através de *task forces*. Em Portugal, foi realizado um estudo com 64 sujeitos para estimar equações de referência para a CVF e comparar os valores estimados com os valores estimados pela *European Coal and Steel Community* (ECSC) e GLI. As equações de referência deste estudo foram significativamente diferentes das equações da ECSC para o sexo feminino e da CVF para o sexo masculino, e significativamente diferentes das equações de referência da GLI (Carvalho, Rosa, Clérigo & Silva, 2018). A GLI produziu equações de referência para os valores pulmonares, com base em dados de função respiratória obtidos por investigadores e profissionais de saúde. Para calcular os dados de espirometria, a GLI inclui o fator étnico com a seguinte divisão: caucasiano, afro-americano, nordeste asiático, sudeste asiático e outros/mistos. Sabe-se que os caucasianos incluem pessoas que vivem a diferentes altitudes e pressões atmosféricas. Ambos os fatores influenciam os valores de medição pulmonar.

O objetivo do presente estudo piloto foi obter dados da CVF da população caucasiana portuguesa. Em segundo lugar, pretendeu-se propor um modelo matemático de regressão linear

Silvatti, 2012). Opera singing and its respiratory training also promote respiratory changes (Mendes *et al.*, 2017; Mendes, Sapienza, Rothman, & Brown, 2006; Mendes, Brown, Rothman & Sapienza, 2004; Mendes, Rothman, Sapienza & Brown, 2003). Singers learn the physiological principles of vocal production and train their chest and abdominal muscles regularly (Irzaldy, Wiyasihati & Purwanto, 2016).

The American Speech-Language-Hearing Association (ASHA)'s Voice and Vocal Disorders Interest Group recommends the use of instrumentation to objectively assess respiratory function for speech production (Carmichael, 2005). The European Respiratory Society (ERS) and the American Thoracic Society (ATS) state that measuring VC helps determine the presence of respiratory disorders, i.e., obstructions and restrictions (Barros *et al.*, 2021). These can impact an individual's functionality and quality of life, including communication skills, specifically speech production.

VC can be measured through several different procedures. Forced vital capacity (FVC) is the most studied, easiest, and most widely used pulmonary measurement in respiratory physiology, consisting of a deep inhalation followed by a maximal exhalation (Barros *et al.*, 2021).

FVC is obtained by spirometry, a noninvasive, painless, rapid, valid, reliable, and accessible technique. It allows for rapid results without any harm to the patient. This technique tends to yield similar results when applied under the same conditions (e.g., observer, methodology, and environment) and in a short period of time. It is obtained by physicians, nurses, therapists, technicians, and other healthcare professionals (Dancer & Thickett, 2012; Ferreira, Befi-Lopes & Limongi, 2004; Pereira, 2002).

Since 2005, the ERS has been working to standardize lung values by obtaining databases from laboratories around the world. These data are integrated into the ERS and the ATS, *Global Function Initiative* (GLI) through task forces. In Portugal, a study was conducted with 64 subjects to estimate reference equations for FVC and compare the estimated values with those estimated by the European Coal and Steel Community (ECSC) and GLI. The reference equations in this study were significantly different from the ECSC equations for females and FVC for males, and significantly different from the GLI reference equations (Carvalho, Rosa, Clérigo & Silva, 2018). The GLI produced reference equations for lung values based on respiratory function data obtained by researchers and healthcare professionals. To calculate spirometry data, the GLI includes the ethnicity factor with the following breakdown: Caucasian, African American, Northeast Asian, Southeast Asian, and Other/Mixed. It is known that Caucasians include people living at different altitudes and atmospheric pressures. Both factors influence lung measurement values.

The objective of this pilot study was to obtain FVC data from the Caucasian Portuguese population. Second, we proposed a mathematical multiple linear regression model to predict FVC values based on the following variables: gender, age, weight, height, and smoking habits.

múltipla para prever os valores da CVF com base nas variáveis: sexo, idade, peso, altura e hábitos tabágicos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. SUJEITOS

195 sujeitos portugueses caucasianos residentes em Portugal Continental foram recrutados com recurso a uma amostra de conveniência: 97 homens, com idades entre os 10 e os 53 anos, e 98 mulheres, com idades entre os 11 e os 50 anos. Os critérios de inclusão foram: 1) nacionalidade portuguesa; 2) idade superior a 10 anos; e 3) boa saúde física e mental. Os critérios de exclusão foram: 1) história clínica positiva para perturbações respiratórias, enfarte do miocárdio, bem como perturbações da voz; 2) alterações da expansão torácica devido à gravidez; e 3) sintomas respiratórios, alérgicos, de obstipação ou gripe, bem como dor abdominal, torácica ou oral nos dias da recolha de dados (Ver Tabela 1).

Tabela/Table 1: Caracterização da amostra/Sample characterization.

Sexo/Gender	Masculino/Male			Feminino/Female				
	N	Média/Mean	DP/SD	Min-Max	N	Média	DP	Min-Max
Idade (anos)/ Age (years)	97	30,29	10,79	10-53	98	28,31	10,20	11-50
Peso (Kgs)/Weight (Kgs)	97	74,27	10,05	34-133	98	63,13	9,82	41,10-90,10
Altura (m)/Height (m)	97	1,76	0,07	1,46-1,98	98	1,64	0,07	1,50-1,80
Nunca-fumador/Never-smoker	64				67			
Fumador/Smoker	33				31			
Subtotal	97				98			
Total N				195				

Legenda/Legend: DP = Desvio padrão; Kgs = Kilogramas; m = metros; Max = Máximo; Min = Mínimo; N= Número/SD = Standard deviation; Kgs = Kilograms; m = meters; Max = Maximum; Min = Minimum; N = Number.

O tamanho da amostra estimado para este estudo foi de 220 indivíduos, considerando um efeito grande (0,5), e de 608 indivíduos, considerando um efeito médio (0,3). É importante realçar que esta estimativa não serve para generalizar à população portuguesa, mas sim para garantir que o efeito desejado é alcançado. Esta estimativa foi calculada através do software GPower 3.1, tendo em conta as suas variáveis e os testes utilizados na análise dos dados recolhidos (Aslan, McKay Singh & Ovechkin, 2019).

2.2. PROCEDIMENTOS

Todos os sujeitos assinaram o formulário de consentimento informado n.º 8/2014A aprovado pela Comissão de Ética Especializada em Investigação da Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal. Também preencheram o Questionário de Saúde Física e Vocal, composto por questões fechadas, organizado em três dimensões: dados pessoais e clínicos, bem como hábitos passados e/ou presentes.

A CVF foi medida com dois espirómetros: digital ou analógico. O espirómetro analógico consistia num recipiente invertido suspenso num reservatório de água. Este equipamento era de fácil utilização, permitindo medições precisas da CVF. No entanto, não era um instrumento portátil, necessitando de drenagem periódica e limpeza da água (Pereira, 2002; Phipps

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. SUBJECTS

195 Caucasian Portuguese subjects living in Portugal mainland were recruited by a convenience sample: 97 men, aged 10–53 years old, and 98 women, aged 11–50 years old. Inclusion criteria were: 1) Portuguese nationality; 2) age over 10 years old; and 3) good physical and mental health. Exclusion criteria were: 1) positive clinical history of respiratory disorders, myocardial infarction, or voice disorders; 2) changes in chest expansion due to pregnancy; and 3) respiratory, allergic, constipation, or flu-like symptoms, as well as abdominal, chest or oral pain on the days of data collection (See Table 1 - Sample characterization).

The estimated sample size for this study was 220 individuals, assuming a large effect size (0.5), and 608 individuals, assuming a medium effect size (0.3). It is important to emphasize that this estimate is not intended to generalize to the Portuguese population, but rather to ensure that the desired effect is achieved. This estimation was calculated using GPower 3.1 software, taking into account its variables and the tests used in the collected data analysis (Aslan, McKay Singh & Ovechkin, 2019).

2.2. PROCEDURES

All subjects signed an informed consent form No. 8/2014A, approved by the Research Ethics Committee of the Health Science School of the Polytechnic Institute of Setúbal. They also completed the Physical and Vocal Health Questionnaire, which consisted of closed-ended questions and was organized into three dimensions: personal and clinical data, as well as past and/or current habits.

FVC was measured with two spirometers: digital or analog. The analog spirometer consisted of an inverted container suspended in a water reservoir. This equipment was easy to use and allowed accurate FVC measurements. However, it was not portable, requiring periodic draining and cleaning of the water (Pereira, 2002; Phipps & Bird, 2000). The digital spirometer

& Bird, 2000). O espirômetro digital determinava o volume de ar pelo número de rotações da lâmina após uma expiração máxima no tubo descartável. Era portátil e permitia a criação de uma base de dados digital, o que facilitava o processo de análise dos valores recolhidos (Phipps & Bird, 2000).

Durante a expiração máxima para a medição da CVF, ocorre um encerramento involuntário do esfíncter velo-faríngeo; no entanto, pode ocorrer fuga de ar nasal. Assim sendo, esta tarefa pode ser realizada com ou sem clipe nasal. Na espirometria com clipe nasal, a oclusão nasal foi garantida duas vezes (i.e., encerramento velo-faríngeo e oclusão das narinas com clipe nasal). Esta tarefa, com ou sem clipe nasal, foi realizada três vezes. A maior medida registada foi a selecionada para análise e/ou avaliação clínica (Mendes & Castro, 2005; Miller et al., 2005).

Antes da recolha dos dados espirométricos, todos os sujeitos foram submetidos a uma avaliação orofacial por um terapeuta da fala licenciado, para despistar eventuais perturbações estruturais ou funcionais. Durante o procedimento de CVF com oclusão nasal com clipe, o sujeito colocou primeiro o clipe nasal, realizou uma inspiração oral máxima e, de seguida, uma expiração oral máxima no tubo descartável do espirômetro, com fecho labial total em torno do bocal do tubo descartável. Por outro lado, durante o procedimento de CVF sem clipe nasal, o sujeito realizou uma inspiração nasal máxima seguida de uma expiração oral máxima no tubo descartável do espirômetro, garantindo também o fecho labial completo no bocal (Dancer & Thickett, 2012; Ferreira, Befi-Lopes & Limongi, 2004; Pereira, 2002).

A tarefa respiratória de esforço máximo foi realizada três vezes em pé. As três medidas de CVF foram registadas, mas apenas a maior medida foi considerada para o processamento e análise dos dados.

2.3. EQUIPAMENTO

O peso e a altura foram medidos e registados através da balança SECA modelo 220. A CVF foi recolhida com o espirômetro analógico Phipps & Bird 9-L Wet Spirometer e o espirômetro digital Micro Medical modelo MicroPlus. Independentemente do tipo de espirômetro utilizado, foram garantidas as medidas de segurança e proteção dos sujeitos. Foram utilizados tubos de papel descartáveis. A oclusão nasal foi realizada com e sem clipe nasal.

2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Este estudo descritivo transversal teve a CVF como variável dependente. As variáveis independentes qualitativas nominais foram o sexo, o tabagismo, a oclusão nasal e o tipo de espirômetro. A idade, o peso e a altura foram as variáveis independentes quantitativas. A variável idade foi dividida em 5 grupos etários para os homens e 4 para as mulheres. A variável peso foi dividida em 5 intervalos para homens e 3 para mulheres. A altura foi dividida em 5 intervalos para homens e 4 para mulheres.

A análise estatística descritiva e inferencial foi realizada com o *Software Statistical Package for Social Sciences (SPSS)*, V22. A estatística descritiva incluiu médias, desvios padrão, máximos e mínimos. A estatística inferencial incluiu o teste de análise de variância (ANOVA) unidirecional para determinar se

determined air volume by the blade rotation number after maximum exhalation into the disposable tube. It was portable and allowed a digital database construction, which facilitated the collected values analysis (Phipps & Bird, 2000).

During maximal expiration for FVC measurement, the velopharyngeal sphincter involuntarily closes; however, nasal air leaks may occur. Therefore, this task can be performed with or without a nose clip. In nose clip spirometry, nasal occlusion was ensured twice (i.e., velopharyngeal closure and nostril occlusion with a nose clip). This task, with or without a nose clip, was performed three times. The highest measurement recorded was selected for analysis and/or clinical evaluation (Mendes & Castro, 2005; Miller et al., 2005).

Before spirometric data collection, all subjects underwent an orofacial evaluation by a certified speech-language pathologist to rule out possible structural or functional disorders. During the FVC procedure with nasal clip occlusion, the subject first applied the nose clip, performed a maximal oral inhalation, and then a maximal oral exhalation into the disposable spirometer tube, with the lips fully closed around the mouthpiece. Conversely, during the FVC procedure without the nose clip, the subject performed a maximal nasal inhalation followed by a maximal oral exhalation into the disposable spirometer tube, also ensuring the lips were fully closed around the mouthpiece (Dancer & Thickett, 2012; Ferreira, Befi-Lopes & Limongi, 2004; Pereira, 2002).

The maximal effort breathing task was performed three times while standing. All three FVC measurements were recorded, but only the highest measurement was used for data processing and analysis.

2.3. EQUIPMENT

Weight and height were measured and recorded using a SECA model 220 scale. FVC was collected using a Phipps & Bird 9-L Wet Spirometer analog spirometer and a Micro Medical MicroPlus digital spirometer. Regardless of the type of spirometer used, subject safety and protection measures were ensured. Disposable paper tubes were used. Nasal occlusion was performed with and without a nose clip.

2.4. STATISTICAL ANALYSIS

This descriptive cross-sectional study used FVC as the dependent variable. The nominal qualitative independent variables were gender, smoking status, nasal occlusion and spirometer type. Age, weight, and height were quantitative independent variables. The age variable was divided into five age groups for men and four for women. The weight variable was divided into five intervals for men and three for women. Height was divided into five intervals for men and four for women.

Descriptive and inferential statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) software, V22. Descriptive statistics included means, standard deviations, maximum and minimum values. Inferential statistics included *One-way* analysis of variance (ANOVA) to determine whether there were significant differences between the mean FVC values for the following interval variables: age, weight, and height. The independent samples *t-Test* were used to determine

existiam diferenças significativas entre as médias da CVF das variáveis intervalares: idade, peso, altura. O teste de amostras independentes (teste T) foi utilizado para determinar se existiam diferenças significativas entre as médias da CVF para as variáveis: sexo, hábitos tabágicos, tipo de espirômetro (digital vs. analógico) e oclusão nasal (com vs. sem clipe nasal). O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para verificar se os dados seguiam uma distribuição normal. O valor de α foi de 0,05 com um intervalo de confiança de 95%.

Foi realizado um modelo preditivo com base nos resultados de dados quantitativos recolhidos junto de 195 sujeitos. Para a seleção das variáveis explicativas da CVF a incluir no modelo matemático, foi realizada uma análise de correlação de Pearson. As variáveis sexo, idade, altura, peso e hábitos tabágicos apresentaram uma correlação significativa com a CVF ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS

As médias da CVF foram significativamente mais elevadas no sexo masculino do que no feminino ($4,13 \pm 0,91$ L e $2,78 \pm 0,79$ L, $p = 0,000$) (ver Tabela 2). A partir de agora, todos os resultados são apresentados separadamente por sexo.

A idade foi dividida em 5 e 4 grupos para homens e mulheres, respetivamente. As médias da CVF aumentaram significativamente com a idade em ambos os sexos ($p = 0,002$ e $p = 0,003$, homens e mulheres, respetivamente). As médias da CVF atingiram o valor máximo na faixa etária dos [20-30[anos, sendo de 4,43 L nos homens e de 3,17 L nas mulheres. A partir desta faixa etária, as médias da CVF diminuíram e foram inversamente proporcionais aos seus incrementos (ver Tabela 3 e Figura 1).

whether there were significant differences between the mean FVC values for the following variables: gender, smoking habits, spirometer type (digital vs. analog), and nasal occlusion (with vs. without nose clip). The Kolmogorov-Smirnov test was used to verify whether the data followed a normal distribution. The α value was 0.05 with a 95% confidence interval.

A predictive model was developed based on quantitative data collected from 195 subjects. Pearson's correlation analysis was used to select the explanatory variables for FVC to be included in the mathematical model. The variables gender, age, height, weight, and smoking habits showed significant correlations with FVC ($p < 0.05$).

3. RESULTS

FVC mean values were significantly higher in males than in females (4.13 ± 0.91 L and 2.78 ± 0.79 L, $p = 0.000$) (see Table 2). From now on, all results are separately presented by gender.

Age was divided into five and four groups for men and women, respectively. FVC mean increased significantly with age in both genders ($p = 0.002$ and $p = 0.003$, men and women, respectively). FVC mean reached its peak in the 20-30 age group, being 4.43 L in men and 3.17 L in women. From this age group onwards, FVC means decreased and were inversely proportional to their increments (see Table 3 and Figure 1).

Tabela/Table 2: Capacidade vital forçada por sexo/Forced vital capacity by gender.

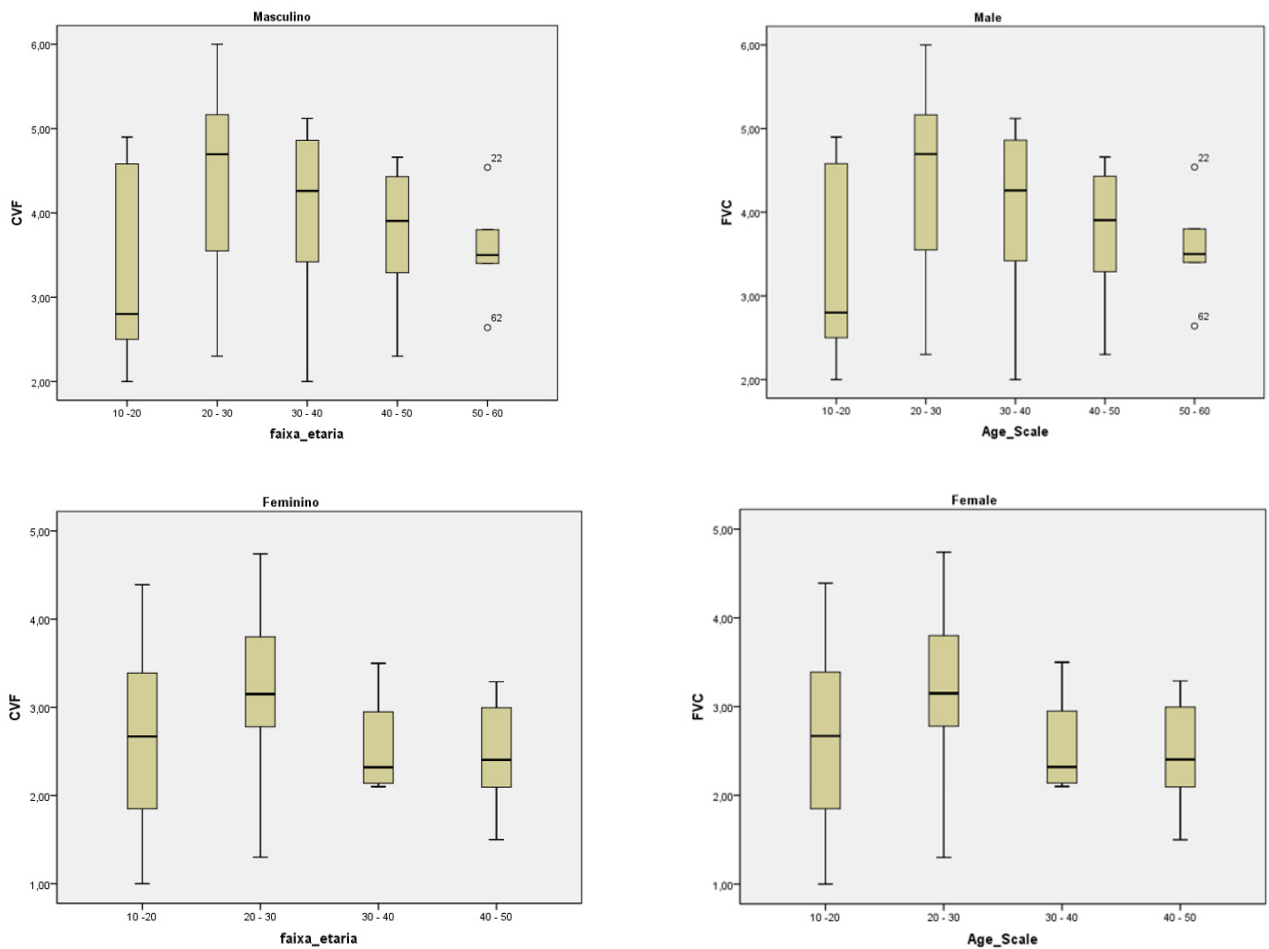
Sexo/Gender	Masculino/Male			Feminino/Female			p
	N	Média±DP(L)/ Mean±SD(L)	Min-Max	N	Média±DP(L)/ Mean±SD(L)	Min-Max	
	97	4,13±0,91	2,00-6,00	98	2,78±0,79	1,00-4,74	,000*

Legenda/Legend: DP = Desvio padrão; L = litros; Max = Máximo; Min = Mínimo; N= Número. T-Test * $p < 0,05$ /Standard deviation; L = liters; Max = Maximum; Min = Minimum; N = Number. T-Test * $p < 0.05$.

Tabela/Table 3: Capacidade vital forçada por sexo, idade, peso, altura e hábitos tabágicos/Forced vital capacity by gender, age, weight, height and smoking habits.

		Masculino/Male			Feminino/Female		
		N	Média±DP(L)/ Mean±SD(L)	p	N	Média±DP(L)/ Mean±SD(L)	p
Grupo etário (anos)/ Age interval (years)	[10-20[6	3,26±1,18	0,002*	27	2,61±0,95	0,003*
	[20-30[	48	4,43±0,87		34	3,17±0,78
	[30-40[	22	4,09±0,83		17	2,57±0,48
	[40-50[	16	3,74±0,73		20	2,51±0,51
	[50-60[	5	3,58±0,69		--	--
Peso (Kgs)/ Weight (Kgs)	[30-50[3	2,53±0,46	0,004*	4	3,31±1,07	0,324
	[50-70[	35	3,93±0,88		67	2,78±0,81
	[70-90[	44	4,25±0,90		27	2,68±0,68
	[90-110[	13	4,56±0,59		--	--
	[110-130[	2	4,38±1,18		--	--
Altura (m)/ Height (m)	[1,45-1,55[2	2,00±0,00	0,001*	5	2,69±0,33	0,732
	[1,55-1,65[	2	3,84±1,46		53	2,73±0,81
	[1,65-1,75[	29	3,89±0,73		32	2,90±0,86
	[1,75-1,85[	55	4,23±0,88		8	2,62±0,48
	[1,85-1,95[	9	4,77±0,84		--	--
Hábitos tabágicos/ Smoking habits	Nunca-fumador/ Never-smoker	64	4,35±0,93	0,000*	67	2,97±0,85	0,000*
	Fumador/ Smoker	33	3,68±0,69		31	2,34±0,35	

Legenda/Legend: DP = Desvio padrão; L = litros; m = metros; N= Número. One Way Anova Test * $p < 0,05$ /SD = Standard Deviation; L = liters; m = meters; N = Number. One Way Anova Test * $p < 0.05$.



Figura/Figure 1: Capacidade vital forçada por sexo e faixa etária/Forced vital capacity by gender and age group.

O peso foi dividido em 5 intervalos para homens e 3 intervalos para mulheres. As médias da CVF aumentaram significativamente com o peso nos homens ($p = 0,004$). A média da CVF atingiu o valor máximo no intervalo de peso [90-110] Kgs, sendo de $4,56 \pm 0,59$ L. Para as mulheres, as médias da CVF foram inversamente proporcionais ao peso, com o valor mais elevado no intervalo de peso [30-50] Kgs, ou seja, $3,31 \pm 1,07$ (ver Tabela 3).

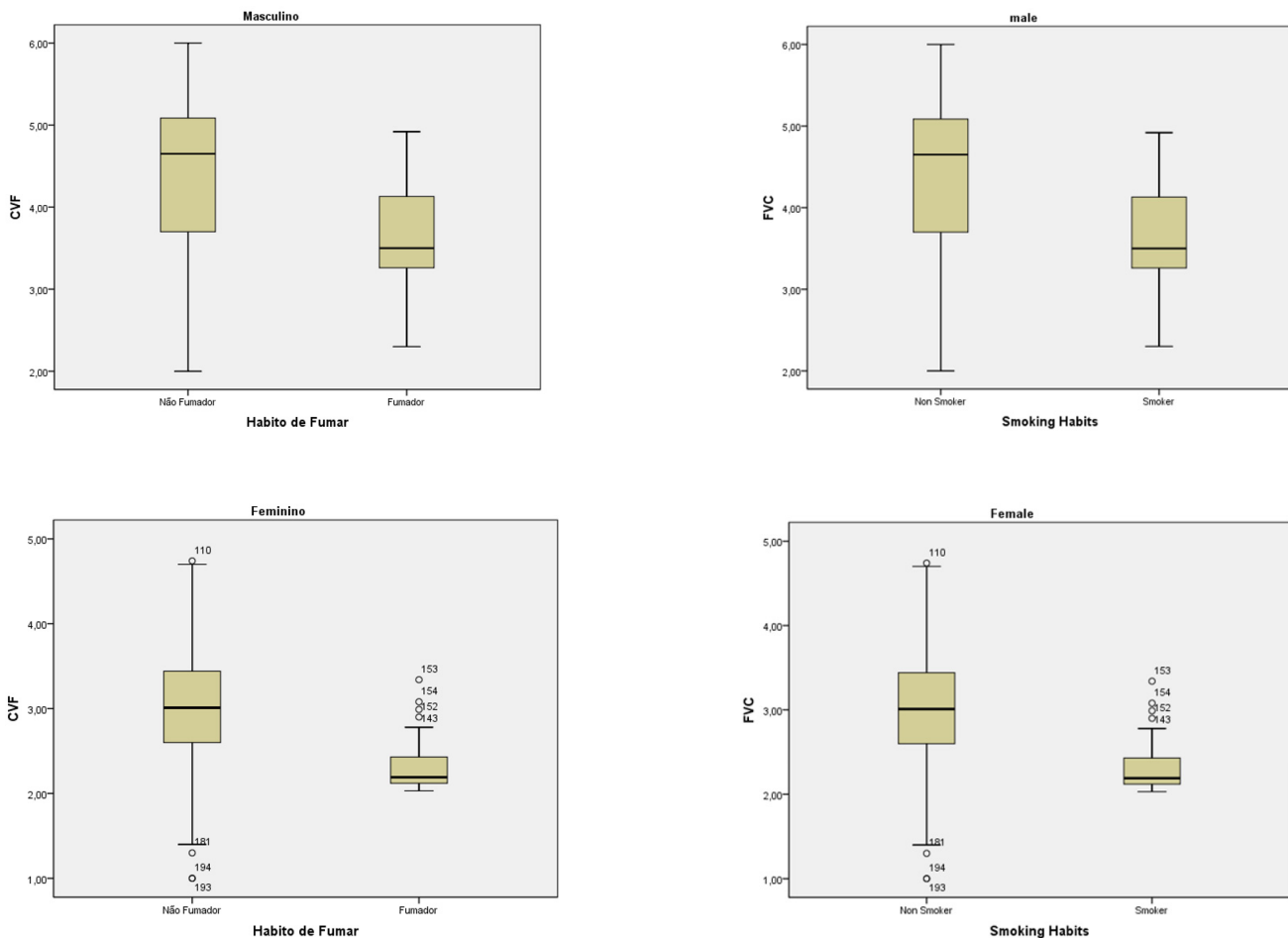
A altura foi dividida em 5 e 4 intervalos para o sexo masculino e feminino, respetivamente. Nos homens, as médias da CVF aumentaram significativamente ($p = 0,001$), sendo de $4,77 \pm 0,84$ L no intervalo [1,85-1,95] m. Nas mulheres, as médias da CVF foram mais elevadas no intervalo [1,65-1,75] m, com $2,9 \pm 0,86$ L (ver Tabela 3).

Em relação aos hábitos tabágicos, existem duas categorias: Nunca-fumador e fumador. Em ambos os sexos, as médias da CVF foram significativamente mais elevadas na categoria nunca-fumador do que na categoria fumador, $4,35 \pm 0,93$ L e $2,97 \pm 0,85$ L, respetivamente ($p = 0,000$) (ver Tabela 3 e Figura 2).

Weight was divided into five intervals for men and three intervals for women. The FVC mean increased significantly with weight in men ($p = 0.004$). It reached its maximum value in the weight interval [90-110] kg, being 4.56 ± 0.59 L. For women, the FVC mean was inversely proportional to weight, with the highest value in the weight interval [30-50] kg, i.e., 3.31 ± 1.07 (see Table 3).

Height was divided into five and four intervals for males and females, respectively. In men, FVC mean increased significantly ($p = 0.001$), being 4.77 ± 0.84 L in the interval [1.85-1.95] m. In women, FVC mean was higher in the interval [1.65-1.75] m, with 2.9 ± 0.86 L (see Table 3).

Regarding smoking habits, there are two categories: never-smokers and smokers. In both genders, the FVC mean values were significantly higher in the never-smoker category than in the smoker category, 4.35 ± 0.93 L and 2.97 ± 0.85 L, respectively ($p = 0.000$) (see Table 3 and Figure 2).



Figura/Figure 2: Capacidade vital forçada por sexo e hábitos tabágicos/Forced vital capacity by gender and smoking habits.

Relativamente ao tipo de espirómetro (ie., digital vs. analógico), as médias de CVF foram significativamente mais elevadas quando recolhidas pelo espirómetro digital, em ambos os sexos, $p = 0,001$ e $p = 0,000$. As médias da CVF do

Regarding the type of spirometer (i.e., digital vs. analog), the FVC means were significantly higher when collected by the digital spirometer, in both genders, $p = 0.001$ and $p = 0.000$. The FVC means of the digital spirometer were 4.32 ± 0.83 L and

espirómetro digital foram de $4,32 \pm 0,83$ L e $2,96 \pm 0,69$ L, em comparação com o espirómetro analógico $3,69 \pm 0,94$ L e $2,20 \pm 0,80$ L, para os sujeitos do sexo masculino e feminino, respetivamente (ver Tabela 4). Estes resultados eram esperados, pois seguem as recomendações da ERS e da ATS (Carvalho, Rosa & Clérigo, 2018).

Em relação aos procedimentos de oclusão nasal, ou seja, com ou sem clipe nasal, as médias da CVF foram mais elevadas com o clipe nasal do que sem, em ambos os sexos. Com clipe nasal, as médias da CVF foram de $4,13 \pm 0,87$ L e $2,87 \pm 0,69$ L, em comparação com as médias recolhidas sem clipe nasal, de $4,09 \pm 1,11$ L e $2,55 \pm 0,98$ L, para homens e mulheres, respetivamente (ver Tabela 4). Também conforme esperado e recomendado pela ERS e ATS (Carvalho, Rosa & Clérigo, 2018).

2.96 ± 0.69 L, compared to the analog spirometer 3.69 ± 0.94 L and 2.20 ± 0.80 L, for male and female subjects, respectively (see Table 4). These results were expected, as they follow the recommendations of the ERS and ATS (Carvalho, Rosa & Clérigo, 2018).

Regarding nasal occlusion procedures, that is, with or without a nose clip, the FVC means were higher with the nose clip than without it in, both genders. With the nose clip, the FVC means were 4.13 ± 0.87 L and 2.87 ± 0.69 L, compared with the means collected without the nose clip, of 4.09 ± 1.11 L and 2.55 ± 0.98 L, for men and women, respectively (see Table 4). This is also as expected and recommended by the ERS and ATS (Carvalho, Rosa & Clérigo, 2018).

Tabela/Table 4: Capacidade vital forçada por sexo com espirómetro digital vs. analógico, bem como, com e sem clipe nasal/Forced vital capacity by gender, with digital vs. analog spirometer, as well as with and without nose clip

		Masculino/Male			Feminino/Female		
		N	Média±DP(L)/ Mean±SD(L)	p	N	Média±DP(L)/ Mean±SD(L)	p
Tipo de espirómetro/ Type of spirometer	Digital	67	4,32±0,83	0,001*	74	2,96±0,69	0,000*
	Analógico/Analog	30	3,69±0,94		24	2,20±0,80	
Tipo de oclusão nasal/ Type of nasal occlusion	Com clipe/With clip	81	4,13±0,87	0,892	70	2,87±0,69	0,122
	Sem clipe/Without clip	16	4,09±1,11		28	2,55±0,98	

Legenda/Legend: DP = Desvio padrão; L = litros; N= Número. T-Test * $p < 0,05$ /SD = Standard deviation; L = liters; N = Number. T-Test * $p < 0.05$.

Neste estudo piloto português (N=195), as variáveis CVF, idade, peso e altura não seguiram uma distribuição normal ($p < 0,05$). No entanto, dado o tamanho da amostra suficientemente grande, pode considerar-se que estas variáveis seguiram uma distribuição assintoticamente normal (Teorema do Limite Central).

Com base nos resultados obtidos e explanados, foi proposto um modelo matemático de regressão linear múltipla preditiva para estimar a CVF para a população portuguesa.

3.1. MODELO PREDITIVO

Os resultados quantitativos recolhidos junto de 195 sujeitos portugueses caucasianos permitiram a construção de um modelo preditivo da medida pulmonar CVF. Este modelo permite aos profissionais de saúde comparar os dados obtidos da espirometria com os dados da tabela apresentada neste artigo, e também conseguir calcular a CVF através do modelo preditivo apresentado. Neste modelo preditivo a variáveis idade, peso e altura foram tratadas como variáveis contínuas e não como variáveis intervalares.

As análises de correlação de Pearson revelaram que as variáveis sexo, idade, peso, altura e hábitos tabágicos apresentaram uma correlação significativa com a CVF ($p < 0,05$), sendo, por isso, selecionadas para o modelo matemático. Utilizou-se um modelo de regressão linear múltipla por mínimos quadrados, sem constante. Este modelo explicativo da população portuguesa é significativo ($p < 0,05$) e 95,8% da CVF é por ele explicada.

In this Portuguese pilot study (N=195), the variables FVC, age, weight, and height did not follow a normal distribution ($p < 0.05$). However, given the sufficiently large sample size, these variables can be considered to have followed an asymptotically normal distribution (Central Limit Theorem).

Based on the obtained and explained results, a mathematical model of predictive multiple linear regression was proposed to estimate FVC for the Portuguese population.

3.1. PREDICTIVE MODEL

The quantitative results collected from 195 Caucasian Portuguese subjects allowed the construction of a predictive model for pulmonary FVC measurement. This model allows healthcare professionals to compare spirometry data with the data presented in this article's tables and also to calculate FVC using the presented predictive model. In this predictive model, age, weight, and height were treated as continuous variables rather than interval variables.

Pearson's correlation analysis revealed that the variables gender, age, weight, height, and smoking habits correlated significantly with FVC ($p < 0.05$) and were therefore selected for the mathematical model. A multiple linear regression model using least squares without a constant was used. This explanatory model for the Portuguese population is significant ($p < 0.05$), and it explains 95.8% of FVC.

A CVF de um sujeito português pode ser prevista a partir da seguinte equação:

The FVC of a Portuguese subject can be predicted from the following equation:

Equação/Equation 1:

Modelo preditivo da CVF:
FVC predictive model:

CVF = – (idade x 0,005) + (peso x 0,004) + (altura x 3,28) – (sexo x 0,933) – (hábitos tabágicos x 0,659)
FVC = – (age x 0.005) + (weight x 0.004) + (height x 3.28) – (gender x 0.933) – (smoking habits x 0.659)

Legenda/Legend: CVF – Capacidade vital forçada; Idade em anos; Peso em Kgs; Altura em metros; Sexo (Masculino – 1/ Feminino – 2); Hábitos tabágicos (Nunca-fumador - 1/Fumador - 2)/FVC – Forced vital capacity; Age in years; Weight in kg; Height in meters; Gender (Male – 1/Female – 2); Smoking habits (Never-smoker - 1/Smoker - 2).

Como mostram os seguintes exemplos/As the following examples show:

Sujeito do sexo feminino, 21 anos, 52,4 kg de peso, 1,54 metros de altura e nunca-fumador.
Female subject, 21 years old, weighing 52.4 kg, 1.54 meters tall and never-smoker.

CVF = – (21x0,005) + (52,4x0,004) + (1,54x3,28) – (2x0,933) – (1x0,659) = 2,63L
FVC = – (21x0.005) + (52.4x0.004) + (1.54x3.28) – (2x0.933) – (1x0.659) = 2.63L

Sujeito do sexo feminino, 21 anos, 52,4 kg de peso, 1,54 metros de altura e fumadora.
Female subject, 21 years old, weighing 52.4 kg, 1.54 meters tall and smoker.

CVF = – (21x0,005) + (52,4x0,004) + (1,54x3,28) – (2x0,933) – (2x0,659) = 2,03L
FVC = – (21x0.005) + (52.4x0.004) + (1.54x3.28) – (2x0.933) – (2x0.659) = 2.03L

Analisando os coeficientes do modelo preditivo, verificou-se que a altura e o peso influenciam a CVF de forma positiva, ou seja, sujeitos mais altos e pesados apresentaram valores de CVF mais elevados (sinal do coeficiente positivo). Para as restantes variáveis, verifica-se o oposto (coeficientes com sinal negativo), ou seja, os fumadores (valor mais elevado para esta variável) apresentam valores de CVF mais baixos. Estes padrões estão em linha com os resultados anteriormente referidos.

4. DISCUSSÃO

A respiração é um processo biomecânico que dá suporte à produção da voz e sua funcionalidade deve ser medida por profissionais de saúde vocal, para garantir os pré-requisitos para vibrações das pregas vocais. Um dos objectivos da intervenção clínica destes profissionais é frequentemente o aumento do suporte respiratório, contudo raramente o mesmo é avaliado objectiva- e quantitativamente.

A CVF é uma medida válida, confiável e sensível das alterações respiratórias, podendo ser facilmente obtida por espirometria digital não invasiva associada à oclusão do clipe nasal (Olson, Wilson, Johnson & Hyatt, 2010; Ruivo, Viana, Martins & Baeta, 2009; Pereira, 2002; Cid-Juárez *et al.*, 2019; Barros, 2021; Dancer & Thickett, 2012; Miller *et al.*, 2005; Mendes & Castro, 2005; Barreto, 2002; Stavem *et al.*, 2005). Para sua

Analyzing the predictive model's coefficients, it was found that height and weight positively influence FVC; that is, taller and heavier individuals had higher FVC values (positive coefficient sign). For the remaining variables, the opposite is true (negative coefficients), that is, smokers (higher values for this variable) have lower FVC values. These patterns are consistent with the results previously reported.

4. DISCUSSION

Breathing is a biomechanical process that supports voice production, and its functionality should be measured by vocal health professionals to ensure the prerequisites for vocal fold vibrations. One of the goals of these professionals' clinical intervention is often to increase respiratory support, but this is rarely assessed objectively and quantitatively.

FVC is a valid, reliable, and sensitive measure of respiratory changes and can be easily obtained through noninvasive digital spirometry combined with nose clip occlusion (Olson, Wilson, Johnson, & Hyatt, 2010; Ruivo, Viana, Martins, & Baeta, 2009; Pereira, 2002; Cid-Juárez *et al.* 2019; Barros, 2021; Dancer & Thickett, 2012; Miller *et al.*, 2005; Mendes & Castro, 2005; Barreto, 2002; Stavem *et al.*, 2005). For its use in clinical practice, data for comparison and decision-making procedures are required. This measure can also be used for evidence-based

utilização na prática clínica, é necessário dispor de dados para procedimentos de comparação e tomada de decisão. Essa medida também pode ser utilizada para intervenções baseadas em evidências e avaliação da eficiência da reabilitação.

Este estudo piloto (N=195) fornece dados respiratórios da CVF de portugueses caucasianos. Em segundo lugar, propõe um modelo de regressão linear múltipla entre as variáveis: sexo, idade, peso, altura e hábitos tabágicos, por meio de uma função matemática, para prever o valor da medida respiratória da CVF.

Da amostra recolhida de 195 sujeitos, as médias da CVF foram significativamente maiores ($p = 0,000$) nos homens do que nas mulheres, independentemente da idade, peso, altura, tabagismo, tipo de espirômetro e oclusão nasal. Esses resultados estão de acordo com estudos anteriores americanos e brasileiros (Aslan, McKay, Singh & Ovechkin, 2019; Pereira, Sato & Rodrigues, 2007; Tavares, Garcez & Mendes, 2017; Zemlin, 2000). Os homens apresentam estrutura pulmonar e força muscular superiores às mulheres, o que resulta em maiores volumes das diversas medidas das capacidades vitais, sejam elas inspiratórias, expiratórias, forçadas ou lentas (Pereira, 2002).

Em relação à idade, a CVF aumentou significativamente em ambos os sexos (masculino $p = 0,002$; feminino $p = 0,003$). Após o pico de [20-30]anos, os valores médios da CVF diminuíram, conforme também mencionado em estudos brasileiros e americanos (Pereira, Sato & Rodrigues, 2007; Zemlin, 2000). Essa diminuição tem sido explicada pela perda de elasticidade e força dos músculos respiratórios com a idade (Pereira, 2002; Zemlin, 2000).

Em relação ao peso, as médias da CVF aumentaram significativamente nos homens ($p = 0,004$) até o intervalo [90-110] Kgs, onde atingiu $4,56 \pm 0,59$ L, e diminuíram no intervalo [110-130] Kgs. Nas mulheres, as médias da CVF foram inversamente proporcionais ao peso, com o maior valor no intervalo [30-50] Kgs, ou seja, $3,31 \pm 1,07$ L. A literatura científica relata uma relação direta entre o aumento da função pulmonar com o ganho de peso. Entretanto, na faixa de sobrepeso, ou seja, 24,9-30 Kg/m² índice de massa corporal, a CVF diminui, devido à redução da capacidade respiratória. Além disso, sujeitos com sobrepeso e levemente obesos apresentaram volume de reserva expiratória e capacidade funcional residual significativamente menores (Jones & Nzekwu, 2006).

Em relação à altura, as médias da CVF aumentaram em ambos os sexos, sendo significativas no sexo masculino ($p = 0,001$). A estrutura pulmonar acompanha o crescimento do sujeito, pois os valores da CVF são diretamente proporcionais ao aumento da altura (Pereira, 2002; Zemlin, 2000). No sexo feminino, esse padrão foi verificado até o intervalo [1,65-1,75]m, após o qual houve diminuição. Talvez isso se deva ao número reduzido de sujeitos nesse intervalo (N = 8), o que pode ser uma fragilidade deste estudo.

Os hábitos tabágicos tiveram impacto na média da CVF. Sujeitos nunca-fumantes de ambos os sexos apresentaram médias de CVF significativamente maiores do que sujeitos fumadores ($p = 0,000$). Esses resultados também foram verificados por Stavem *et al.* (2005) que indicaram baixo volume expiratório e aumento da taxa de mortalidade em ex- e fumadores, em comparação com sujeitos que nunca

interventions and rehabilitation efficiency evaluation.

This pilot study (N=195) provides respiratory FVC data from Caucasian Portuguese individuals. Second, it proposes a multiple linear regression model for the variables gender, age, weight, height, and smoking habits, using a mathematical function, to predict the value of the respiratory FVC measurement.

Of the sample of 195 subjects, the FVC mean values were significantly higher ($p = 0.000$) in men than in women, regardless of age, weight, height, smoking status, spirometer type, and nasal occlusion. These results agree with previous American and Brazilian studies (Aslan, McKay, Singh & Ovechkin, 2019; Pereira, Sato & Rodrigues, 2007; Tavares, Garcez & Mendes, 2017; Zemlin, 2000). Men have stronger lung structure and muscle strength than women, resulting in larger volumes of various vital capacity measures, whether inspiratory, expiratory, forced, or slow (Pereira, 2002).

Regarding age, FVC increased significantly in both genders (male $p = 0.002$; female $p = 0.003$). After the 20-30 year peak, the FVC mean values decreased, as also mentioned in Brazilian and American studies (Pereira, Sato & Rodrigues, 2007; Zemlin, 2000). This decrease has been explained by the loss of elasticity and strength of the respiratory muscles with age (Pereira, 2002; Zemlin, 2000).

Regarding weight, the FVC mean increased significantly in men ($p = 0.004$) up to the range [90-110] kg, where it reached 4.56 ± 0.59 L, and decreased in the range [110-130] kg. In women, the FVC mean was inversely proportional to weight, with the highest value in the range [30-50] kg, i.e., 3.31 ± 1.07 L. The scientific literature reports a direct relationship between increased lung function and weight gain. However, in the overweight range, i.e., 24.9-30 kg/m² body mass index, FVC decreased due to reduced respiratory capacity. Furthermore, overweight and slightly obese subjects had significantly lower expiratory reserve volume and functional residual capacity (Jones & Nzekwu, 2006).

Regarding height, the FVC mean values increased in both genders, being significant in males ($p = 0.001$). Lung structure follows the subject's growth, as FVC values are directly proportional to increased height (Pereira, 2002; Zemlin, 2000). In females, this pattern was observed up to the interval [1.65-1.75]m, after which there was a decrease. This may be due to the small number of subjects in this interval (N = 8), which may be a weakness of this study.

Smoking habits had an impact on FVC mean. Never-smokers of both genders had significantly higher mean FVCs than current smokers ($p = 0.000$). These results were also verified by Stavem *et al.* (2005), who indicated low expiratory volume and increased mortality rates in former and current smokers compared to never-smokers. Smokers have short respiratory cycles and difficulty in using their lung volume fully, which reduces their lung function and FVC (Pereira, 2002).

Regarding the equipment, the FVC results from the digital spirometer were significantly higher compared to those from the analog spirometer for both genders (male $p = 0.001$; female $p = 0.000$). The latter spirometer, due to its mechanical pulley system, is slower to collect data and presents greater variability, as can be seen from the standard deviations. This is consistent with previous studies and the recommendations of the ERS and

fumaram. Os fumadores apresentam ciclos respiratórios curtos e dificuldades em utilizar totalmente o volume pulmonar, o que reduz a sua função pulmonar e a CVF (Pereira, 2002).

Em relação ao equipamento, os resultados de CVF do espirômetro digital foram significativamente maiores quando comparados aos do espirômetro analógico, para ambos os sexos (masculino $p = 0,001$; feminino $p = 0,000$). Este último espirômetro, devido às suas propriedades mecânicas do sistema de polias, é mais lento na recolha de dados e apresenta maior variação, como pode ser observado pelos desvios-padrão. Isso está de acordo com estudos anteriores e com as recomendações da ERS e da ATS (Miller, 2005).

Nos procedimentos de oclusão nasal, as médias da CVF foram maiores com o uso do clipe nasal do que sem ele. Embora, na expiração oral forçada, haja um encerramento velo-faríngeo involuntário, com a compressão do clipe nasal, qualquer escape de ar pela narina é bloqueado, garantindo uma saída do ar pulmonar totalmente oral. Este resultado também está de acordo com estudos anteriores e com as recomendações da ERS e da ATS (Miller, 2005).

Em todo o mundo, existem vários profissionais de saúde que avaliam e intervêm objetivamente na função respiratória, como médicos, enfermeiros, fisioterapeutas, técnicos em cardiopneumologia, terapeutas respiratórios, terapeutas ocupacionais, fisiologistas do exercício, nutricionistas, psicólogos, assistentes sociais, terapeutas da fala, entre outros. Destes profissionais, existem alguns que avaliam e intervêm especificamente em termos de volumes e capacidades pulmonares, utilizando uma metodologia quantitativa e objetiva. A medida da CVF é relatada como um melhor marcador de identificação clínica para obstruções e restrições respiratórias. Esta medida é objetiva, quantitativa, válida, confiável, sensível, específica e pode ser influenciada por diversas variáveis, como sexo, idade, peso, altura, etnia, estado de saúde, hábitos de vida, entre outras. Portanto, é relevante que dados rigorosos sejam obtidos de cada população, a fim de obter as normas e padrões de referência com os quais um utente possa ser comparado e identificar resultados desviantes, permitindo ao clínico tomar uma decisão consciente sobre: encaminhamento, adicionar testes, rastrear, avaliar, realizar diagnóstico e prognóstico, escolher a intervenção terapêutica, e verificar a sua eficácia (Dancer & Thickett, 2012).

A produção vocal é um processo multidimensional. A respiração é o suporte desta produção e é relevante avaliá-la e analisá-la através de medidas objetivas, quantitativas, rápidas, válidas, fáceis de utilizar e não invasivas, que possam ser comparadas com indivíduos sem sintomatologia vocal e/ou patologia. A CVF é uma dessas medidas.

Os resultados deste estudo permitiram: 1) obter dados de medidas de CVF de portugueses caucasianos; 2) criar o modelo preditivo de CVF para esta população; 3) mostrar os instrumentos e procedimentos que proporcionam médias de CVF mais elevadas (i.e., espirômetro digital e oclusão nasal com clipe) e 4) sensibilizar e consciencializar os profissionais de saúde vocal para a importância de medir com precisão a CVF.

Este estudo piloto (N=195) apresentou algumas limitações: 1) a amostra por conveniência não foi balanceada nas categorias de sexo, idade, peso, altura e tabagismo; 2) ausência

ATS (Miller, 2005).

In nasal occlusion procedures, the FVC mean values were higher with the use of a nose clip than without it. Although forced oral expiration causes involuntary velopharyngeal closure, compression of the nose clip blocks any air escape through the nostril, ensuring a fully oral exit from the lungs. This result is also consistent with previous studies and the recommendations of the ERS and ATS (Miller, 2005).

Worldwide, several healthcare professionals objectively assess and intervene in respiratory function, including physicians, nurses, physical therapists, cardiopulmonary technicians, respiratory therapists, occupational therapists, exercise physiologists, nutritionists, psychologists, social workers, speech-language pathologists, and others. Among these professionals, some specifically assess and intervene in terms of lung volumes and capacities, using a quantitative and objective methodology. FVC measurement is reported to be a better clinical marker for respiratory obstructions and restrictions. This measurement is objective, quantitative, valid, reliable, sensitive, and specific, and can be influenced by several variables, such as gender, age, weight, height, ethnicity, health status, lifestyle habits, and others. Therefore, it is relevant that rigorous data are obtained from each population in order to obtain the norms and reference standards with which a user can be compared and identify deviant results, allowing the clinician to make an informed decision about: referral, adding tests, screening, evaluating, performing diagnosis and prognosis, choosing the therapeutic intervention, and verifying its efficiency (Dancer & Thickett, 2012).

Vocal production is a multidimensional process. Breathing supports this production, and it is important to assess and analyze it through objective, quantitative, rapid, valid, reliable, easy-to-use, and non-invasive measures that can be compared with individuals without vocal symptoms and/or pathology. FVC is one such measure.

The results of this study allowed: 1) obtaining data on FVC measurements from Caucasian Portuguese individuals; 2) creating a predictive FVC model for this population; 3) showing the instruments and procedures that provide higher FVC averages (i.e., digital spirometer and nasal occlusion with a clip) and 4) raising awareness among vocal health professionals about the importance of accurately measuring FVC.

This pilot study (N=195) had some limitations: 1) the convenience sample was not balanced in the categories of gender, age, weight, height and smoking; 2) lack of FVC data in females for the age group [50-60] years, for the weight intervals [90-110] and [110-130] kg, and for the height interval [1.85-1.95] m; 3) lack of calibration procedures and 4) the rapid digital technology development applied to spirometry turn our equipment easily overtaken.

For future research, we propose: 1) updating equipment and including calibration procedures; 2) checking the validity and reliability of the predictive model; 3) continuing to expand the sample size (N>220); 4) collecting data from children under 10 years of age and adults over 50 years of age; 5) analyzing the variable sports practice and verifying the degree of association with the FVC means, as suggested in Brazilian studies; 6) building a database with more balanced categories of

de dados de CVF no sexo feminino para a faixa etária [50-60[anos, para os intervalos de peso [90-110[e [110-130[Kgs, e para o intervalo de altura [1,85-1,95[m]; 3) o rápido desenvolvimento da tecnologia digital, tornou o equipamento de espirometria utilizado para as medições de CVF ultrapassado; e 4) ausência de calibração dos mesmos.

Para investigações futuras, propõe-se: 1) atualizar equipamento e incluir procedimentos de calibração; 2) reverificar a validade do modelo preditivo; 3) continuar a ampliar o tamanho da amostra ($N > 220$); 4) recolher dados de crianças menores de 10 anos e de adultos com mais de 50 anos; 5) analisar a variável prática desportiva e verificar o grau de associação com as médias da CVF, conforme sugerido em estudos brasileiros; 6) construir uma base de dados com categorias mais equilibradas de sexo, idade, peso, altura e tabagismo; e 7) verificar a eficácia de intervenção terapêutica em suporte respiratório para produção vocal na área de terapia da fala, com medidas respiratórias objetivas e quantitativas.

O modelo preditivo da CVF pode ser útil para o terapeuta da fala e outros profissionais de saúde que atuam nas áreas da respiração, neurologia e voz. A utilização deste modelo poderá ser interessante durante a avaliação e intervenção de casos de voz e fala – como determinar se a CVF se encontra adequada para sustentar a fala, personalizar exercícios de respiração e fonação, e avaliar o impacto de alterações das medidas pulmonares na qualidade vocal. Este modelo fornece dados objetivos que podem ser usados para documentar a evolução terapêutica, justificar intervenções clínicas e prever resultados de recuperação. O modelo preditivo pode ser usado durante o trabalho de equipa com terapeutas da fala, fisioterapeutas e pneumologistas, no sentido de criar planos de intervenção multidisciplinares, partilhar informações clínicas relevantes e melhorar a comunicação interdisciplinar.

5. CONCLUSÕES

Este estudo piloto ($N=195$) fornece dados normativos da população portuguesa caucasiana para a prática clínica de profissionais de saúde que trabalham com a função respiratória, especificamente com a medida CVF.

Os resultados revelaram que, para a população caucasiana portuguesa, as médias da CVF foram significativamente ($p < 0,05$): 1) superiores nos homens do que nas mulheres, independentemente da idade, peso, altura e hábitos tabágicos; 2) aumentaram com a idade, atingindo um pico na faixa etária [20-30[anos], a partir do qual declinaram; 3) aumentaram com o peso nos homens até [90-110[kg] e diminuíram nas mulheres; 4) aumentaram com a altura nos homens e nas mulheres apenas até [1,75-1,85[m]; e 5) foram superiores em nunca-fumadores do que em fumadores, em ambos os sexos.

Este estudo corrobora com as recomendações da ERS e ATS, i.e., necessidade das medidas de CVF serem recolhidas com um espirómetro digital e com clipe nasal. Por último, mas não menos importante, este estudo propõe um modelo preditivo da CVF para a população caucasiana portuguesa.

Com este estudo foi possível identificar padrões relevantes da CVF que podem ser utilizados para decisões clínicas mais precisas, nomeadamente em contextos de rastreios e reabilitação respiratória. Como orientação para investigações

gender, age, weight, height, and smoking; and 7) verifying the effectiveness of therapeutic intervention in respiratory support for vocal production in the area of speech-language pathology, with objective and quantitative respiratory measures.

The FVC predictive model can be useful for speech-language pathologists and other healthcare professionals working in the fields of respiratory, neurology, and voice. This model may be useful during the assessment and intervention of voice and speech clinical cases – such as determining whether FVC is adequate to support speech, customizing breathing and phonation exercises, and assessing the impact of changes in lung measurements on vocal quality. This model provides objective data that can be used to document therapeutic progress, justify clinical interventions, and predict recovery outcomes. The predictive model can be used during teamwork with speech-language pathologists, physical therapists, and pulmonologists to create multidisciplinary intervention plans, share relevant clinical information, and improve interdisciplinary communication.

5. CONCLUSIONS

This pilot study ($N=195$) provides normative data from the Caucasian Portuguese population for the clinical practice of healthcare professionals working with respiratory function, specifically with FVC measurement.

The results revealed that, for the Caucasian Portuguese population, the FVC mean values were significantly ($p < 0.05$): 1) higher in men than in women, regardless of age, weight, height and smoking habits; 2) increased with age, reaching a peak in the age group [20-30[years], from which it declined; 3) increased with weight in men up to [90-110[kg] and decreased in women; 4) increased with height in men and in women only up to [1.75-1.85[m]; and 5) were higher in never-smokers than in smokers, for both genders.

This study corroborates the recommendations of the ERS and ATS, i.e., the need for FVC measurements to be collected with a digital spirometer and nose clip. And last but not least, this study proposes a predictive model of FVC for the Caucasian Portuguese population.

This study identified relevant FVC patterns that can be used for more accurate clinical decisions, particularly in screening and respiratory rehabilitation settings. As a guide for future research, we recommend expanding the sample and validating the predictive model in different population and clinical settings. A longitudinal study would also be beneficial to evaluate the FVC predictive model throughout clinical rehabilitation and even aid in clinical prognosis.

CONFLICT OF INTEREST

Nothing to report. There are no conflicts of interest.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank to Engineers Nuno Nunes and Ricardo Cláudio, Psychologist and Statistician Célia Soares, and Physical therapist Rita Fernandes for their numerous contributions. They also thank the nine speech-language pathologists: Beatriz Conceição, Brígida Ortega, Catarina

futuras, recomenda-se a ampliação da amostra e a validação do modelo preditivo em diferentes contextos de população e clínicos. A realização de um estudo longitudinal também será interessante para avaliar o modelo preditivo da CVF ao longo da reabilitação clínica e até auxiliar no prognóstico clínico.

CONFLITO DE INTERESSES

Nada a reportar. Não existem conflitos de interesse.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos engenheiros Nuno Nunes e Ricardo Cláudio, à psicóloga e estatística Célia Soares e à fisioterapeuta Rita Fernandes pelos diversos contributos. Agradecem ainda aos 9 terapeutas da fala: Beatriz Conceição, Brígida Ortega, Catarina Martins, Daniela Tavares, Inês Carvalho, Inês Garcez, Joana Rama, Margarida Cunha e Rodrigo Teixeira. Por fim, uma nota de reconhecimento e agradecimento aos sujeitos que voluntariamente contribuíram com o seu tempo e dedicação neste estudo, sem eles este não seria possível. E por último, mas não menos importante, o agradecimento especial ao pneumologista Reis Ferreira pela sua contribuição científica.

CONTRIBUIÇÕES AUTORAIS

As três autoras Ana P. Mendes, Ana C. Urbano e Ana Jorge contribuíram equitativamente para a conceção e desenho deste projeto, validade e execução da investigação, escrita e revisão crítica do manuscrito. Ana P. Mendes foi responsável pela coordenação e validação do projeto. Ana C. Urbano foi responsável pela redação, preparação do manuscrito original, revisão e edição. A Ana Jorge foi responsável pela análise formal e interpretação dos resultados. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS/REFERENCES

- A Aghajanzadeh M, Darouie A, Dabirmoghaddam P, Salehi A, Rahgozar M. The Relationship Between the Aerodynamic Parameters of Voice and Perceptual Evaluation in the Iranian Population With or Without Voice Disorders. *J Voice* **31**:9-15, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.07.014>.
- Aslan SC, McKay WB, Singh G, Ovechkin AV. Respiratory muscle activation patterns during maximum airway pressure efforts are different in women and men. *Respir Physiol Neurobiol* **259**:143-8, 2019. <http://doi:10.1016/j.resp.2018.09.004>.
- Barreto SM. Volumes pulmonares. *J Bras Pneumol* **28**:83-94, 2002.
- Barros R, Raposo L, Moreira N, Rocha M, Calaça P, Spencer I, Caldeira D, Oliveira SA, Bárbara C. Slow Vital Capacity: Differences Between the Expiratory Vital Capacity and the Inspiratory Vital Capacity. *R Americ Medic Resp* **21**:177-186, 2021.
- Behlau M. Voz: O Livro do Especialista (Vol. I.). (ed. 2ª), Revinter, Rio de Janeiro, 2004.
- Carmichael CM. Instrumental Assessment of Respiratory and Laryngeal Function in Patients With Neurological Disorders. *Perspectives on Voice and Voice Disorders* **15**:16-20, 2005. <https://doi.org/10.1044/vvd15.2.16>.
- Carvalho S, Rosa P, Clérigo A, Silva C. Valores de referência espirométricos para uma população portuguesa adulta caucasiana: estudo piloto. *Saúde & Tecnologia* **20**:37-43, 2018. <https://doi.org/10.25758/set.2151>.
- Cid-Juárez S, Thiri6n-Romero I, Torre-Bouscoulet L, Gochicoa-Rangel L, Mart6nez-Brise6o D, Hern6ndez-Paniagua IY, Delgadillo-Ruiz O, Guerrero-Z6niga S, Del R6o-Hidalgo R, Cort6s-Medina D, Bapo-L6pez PE, Le6n-G6mez P, Bautista-Bernal A & P6rez-Padill R. Inspiratory Capacity and Vital Capacity of Healthy Subjects 9-81 Years of Age at Moderate-High Altitude. *Respir Care* **64**:153-60, 2019. <https://doi.org/10.4187/respcare.06284>.
- Colton RH, Casper JK & Leonard R. Understanding voice problems: A physiological perspective for diagnosis and treatment (4ª ed). Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins Philadelphia, 2011.
- Dancer R, Thickett D. Pulmonary function tests. *Medicine* **40**:186-9, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2012.01.009>.
- Ferreira LP, Befi-Lopes DM, Limongi SCO. *Tratado de Fonoaudiologia*. Roca, S6o Paulo, 2004.
- Guimar6es C, Martins M, Moutinho J. Fun66o pulmonar em doentes obesos submetidos a cirurgia bari6trica. *Rev Port Pneumol* **18**:115-9, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.rppneu.2012.01.005>.
- Irzaldy A, Wiyasihati SI, Purwanto B. Lung Vital Capacity of Choir Singers and Nonsingers: A Comparative Study. *J Voice* **30**:717-20, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.08.008>.
- Jones LR, Nzekwu MMU. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest* **130**:827-33, 2006. <https://doi.org/10.1378/chest.130.3.827>.

Martins, Daniela Tavares, Inês Carvalho, Inês Garcez, Joana Rama, Margarida Cunha, and Rodrigo Teixeira. Finally, a note of recognition and gratitude to the subjects who volunteered their time and dedication to this study; without them, it would not have been possible. And last but not least, special thanks to the pulmonologist Dr. Reis Ferreira for his scientific contribution.

AUTHORIAL CONTRIBUTIONS

The three authors Ana P. Mendes, Ana C. Urbano, and Ana Jorge contributed equally to the conception and design of this project, validation and execution of the research, and writing and critical review of the manuscript. Ana P. Mendes was responsible for project coordination and validation. Ana C. Urbano was responsible for writing, preparing the original manuscript, reviewing, and editing. Ana Jorge was responsible for the formal analysis and interpretation of the results. All authors read and agreed to the published version of the manuscript.

- Kumar R, Seibold MA, Aldrich MC, Williams LK, Reiner AP, Colangelo L, Galanter J, Gignoux C, Hu D, Sen S, Choudhry S, Peterson EL, Rodriguez-Santana J, Rodriguez-Cintron W, Nalls MA, Leak TS, O'Meara E, Meibohm B, Kritchevsky SB, Burchard EG. Genetic Ancestry in Lung-Function Predictions. *The New England Journal of Medicine* **363**:321-30, 2010. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0907897>.
- Llapur CJ, Martínez MR, Caram MM, Bonilla F, Cabana C, Yu Z & Tepper RS. Increased lung volume in infants and toddlers at high compared to low altitude. *Pediatr Pulmonol* **48**:1224-30, 2013. <https://doi.org/10.1002/ppul.22764>.
- Mendes AP, Brown WS, Rothman H & Sapienza C. Effects of singing training on the speaking voice of voice majors. *J Voice* **18**, 83-89, 2004.
- Mendes A, Castro E. Análise acústica de avaliação vocal I: Tarefas fonatórias e medidas acústicas. *Rev Port Otorrinol* **43**:127-35, 2005. <https://doi.org/10.34631/sporl.517>.
- Mendes AP, Ferreira L, Jorge A, Rothman H, Tavares, D & Garcez, I. Respiratory physiology during reading aloud tasks. *Revista de Distúrbios da Comunicação* **29** (3): 519-528, 2017. DOI: 10.23925/2176-2724.2017v29i3p519-528.
- Mendes AP, Rothman H, Sapienza C & Brown WS. Effects of vocal training on the acoustic parameters of the singing voice. *J Voice*, **17**, 529-543, 2003.
- Mendes AP, Sapienza C, Rothman H, & Brown WS. The effects of vocal training on respiratory physiology during singing tasks. *Folia Phoniatrica et Logopaedic* **58** (5) 363-377, 2006.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Crapo R, Enright P, van der Grinten CPM, Gustafsson P, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Virgínia G & Wagner J. Standardisation of spirometry". *Eur Respir J* **26**:319-38, 2005. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>.
- Olson TP, Wilson TA, Johnson BD, Hyatt RE. History dependence of vital capacity in constricted lungs. *J Appl Physiol* **109**:121-125, 2010. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01365.2009>.
- Pereira C. Espirometria. *J Bras Pneumol* **28**:1-82, 2002.
- Pereira C, Sato T, Rodrigues S. Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. *J Bras Pneumol* **33**:397-406, 2007. <http://doi.org/10.1590/S1806-37132007000400008>.
- Phipps & Bird. Operations Manual Assembly Instructions and Part List. Phipps & Bird, VA: Richmond, 2000.
- Ruivo S, Viana P, Martins C, Baeta C. Efeito do envelhecimento cronológico na função pulmonar. Comparação da função respiratória entre adultos e idosos saudáveis. *Rev Port Pneumol* **15**:629-53, 2009. [https://doi.org/10.1016/S0873-2159\(15\)30161-6](https://doi.org/10.1016/S0873-2159(15)30161-6).
- Stavem K, Aaser E, Sandvik L, Bjørnholt JV, Erikssen G, Thaulow E & Erikssen J. Lung function, smoking and mortality in a 26-year follow-up of health middle-aged males. *Europ Respir J* **25**:618-25, 2005. <http://doi.org/10.1183/09031936.05.00008504>.
- Silvatti A, Sarro K, Cerveri P, Baroni G, Barros R. A 3D kinematic analysis of breathing patterns in competitive swimmers. *J Sports Sci* **30**:1551-1560, 2012. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.713976>.
- Tavares D, Garcez I & Mendes A. Avaliação da função respiratória: Capacidade Vital dos sujeitos portugueses. [B.Sc Project] Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, 2017.
- Wang C, Xu J, Yang L, Xu Y, Zhang X, Bai C, Kang J, Ran P, Shen H, Wen F, Huang K, Yao W, Sun T, Shan G, Yang T, Lin Y, Wu S, Zhu J, Wang R, He J. Prevalence and risk factors of chronic obstructive pulmonary disease in China (the China Pulmonary Health [CPH] study): a national cross-sectional study. *Lancet* **391**:1706-17, 2018. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30841-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30841-9).
- Zemlin W. Princípios de Anatomia e Fisiologia em Fonoaudiologia. (ed 4ª), Artmed, Porto Alegre, 2000.