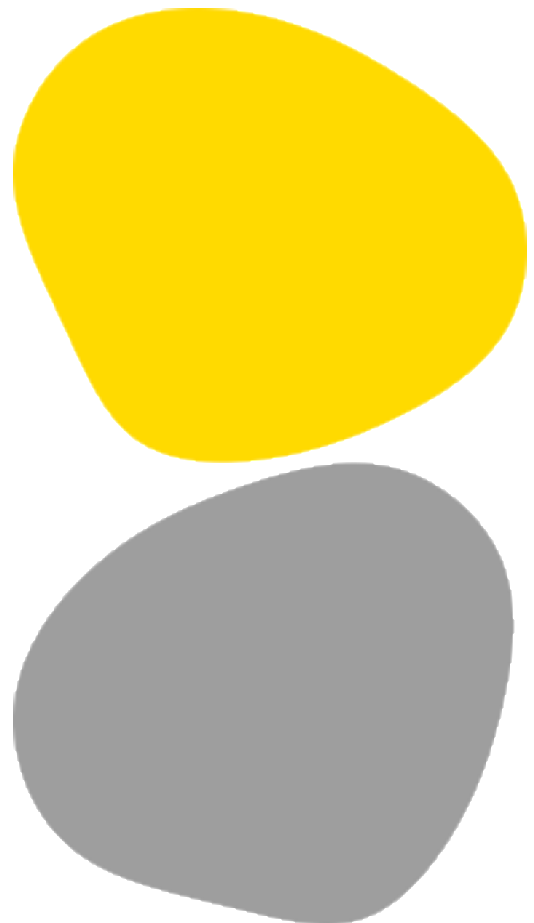




# Força endurance dos músculos respiratórios – valores normativos e equações de referência: Estudo piloto

Beatriz da Silva Tavares

09/2025





**Força endurance dos músculos respiratórios – valores normativos e equações de referência:  
Estudo piloto**

**Autor**

Beatriz da Silva Tavares

**Orientador(es)**

MSc, PhD/ António Soares Mesquita Montes / Professor Doutor Adjunto da ATC de  
Fisioterapia

MSc, PhD/ Andreia Raquel Santos Noites Soares de Pinho/ Professora Doutora  
Coordenadora da ATC de Fisioterapia

*Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em **Fisioterapia** – Ramo/Área de Especialização em **Cardiorrespiratória** pela Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto.*



## **Agradecimentos**

Gostaria de expressar o meu profundo agradecimento a todos aqueles que, de diferentes formas, contribuíram para a realização desta dissertação.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao meu orientador António Soares Mesquita Montes e co-orientadora Andreia Raquel Santos Noites Soares de Pinho pelo apoio, pela paciência, pela dedicação e pelas valiosas orientações que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Quero também deixar um especial agradecimento ao meu colega de investigação e amigo, Francisco Tiago da Costa Borges, com quem tive a oportunidade de partilhar este percurso. A sua dedicação e colaboração foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, o que tornou esta experiência não só mais produtiva, mas também enriquecedora.

Agradeço ainda aos professores(as) e colegas/amigos de licenciatura e mestrado pelas contribuições, sugestões e incentivos ao longo desta caminhada.

Não poderia deixar de reconhecer o apoio incondicional da minha família e amigos, sempre presentes com compreensão, amor e apoio.

Aos meus amigos de longa data – Adriana, Bárbara, Carlos, Francisco, Isabele e Renata – agradeço pela amizade e companheirismo, que me acompanharam muito para além deste percurso académico.

Ao meu namorado, Francisco, agradeço profundamente pelo carinho, pela paciência e pela motivação constante. O seu apoio emocional foi essencial para ultrapassar as dificuldades e manter a determinação até ao fim desta jornada.

A todos, o meu muito obrigada.



## Resumo

**Objetivo:** Estabelecer equações de referência e valores normativos para a força endurance dos músculos respiratórios na população portuguesa, considerando características sociodemográficas e antropométricas.

**Metodologia:** Estudo piloto em adultos saudáveis portugueses entre os 18 e os 82 anos. Foram recolhidos dados sociodemográficos e antropométricos, avaliada a pressão inspiratória máxima (PIM) e aplicado o teste de carga incremental (TCI), que resultou em dois *outcomes* principais: tempo (segundos) e %PIM atingida. A análise estatística incluiu estatística descritiva para determinar valores normativos, correlações de Spearman, teste t para variáveis independentes e regressão linear múltipla (stepwise), com o objetivo de explorar associações entre as variáveis e desenvolver equações de referência, respetivamente, para um nível de significância de 0,05.

**Resultados:** Foram incluídos 82 indivíduos (65,9% do sexo feminino), com mediana de idades de 32,5 anos. Os homens apresentaram valores superiores em todas as variáveis do TCI. A altura, a massa corporal e o nível de atividade física revelaram-se preditores significativos, explicando cerca de 24% da variabilidade observada. Foram obtidas as seguintes equações de referência específicas para a população portuguesa:  $TCI (\%PIM) = -23,63 + (0,31 \times Altura) + (7,50 \times Atividade\ física) + (0,28 \times Massa\ corporal)$  e  $TCI (segundos) = -609,91 + (3,89 \times Altura) + (91,64 \times Atividade\ física) + (3,38 \times Massa\ corporal)$ .

**Conclusão:** O estudo apresenta valores normativos e equações de referência para os dois *outcomes* do TCI em adultos portugueses saudáveis, úteis na prática clínica e no diagnóstico precoce de alterações clínicas.

**Palavras-chave:** testes de função respiratória; pressão inspiratória máxima; atividade física; antropometria; função pulmonar



## Abstract

**Objective:** To establish reference equations and normative values for respiratory muscle endurance in healthy Portuguese adults, considering sociodemographic and anthropometric characteristics.

**Methods:** A pilot study was conducted with 82 healthy Portuguese adults aged 18 to 82 years. Sociodemographic and anthropometric data were collected, maximal inspiratory pressure (MIP) was assessed, and the incremental threshold loading test (ITL) was performed, yielding two outcomes: time (in seconds) and percentage of MIP achieved. Statistical analysis included descriptive statistics to determine normative values, Spearman's correlation, independent t-tests, and multiple linear regression (stepwise) to explore associations and develop reference equations, adopting a significance level of 0.05.

**Results:** A total of 82 individuals were included (65.9% female), with a median age of 32.5 years. Men showed higher values in all TCI variables. Height, body mass, and physical activity were identified as significant predictors, explaining approximately 24% of the observed variability. Specific reference equations for the Portuguese population were obtained:  $TCI (\%MIP) = -23.63 + (0.31 \times Height) + (7.50 \times Physical\ activity) + (0.28 \times Body\ mass)$  and  $TCI (seconds) = -609.91 + (3.89 \times Height) + (91.64 \times Physical\ activity) + (3.38 \times Body\ mass)$ .

**Conclusion:** This study provides normative values and reference equations for the TCI in healthy Portuguese adults, serving as a valuable tool for clinical practice and the early detection of respiratory impairments.

**Keywords:** respiratory function tests; maximal inspiratory pressure; physical activity; anthropometry; pulmonary function



## Índice

1.	Introdução.....	1
2.	Métodos.....	3
2.1.	Desenho de estudo.....	3
2.2.	Participantes.....	3
2.3.	Recolha de dados.....	4
2.3.1.	Questionário de caracterização da amostra.....	5
2.3.2.	Avaliação presencial.....	5
2.3.3.	Dados Antropométricos.....	6
2.3.4.	Força muscular máxima respiratória.....	6
2.3.5.	Força endurance respiratória.....	7
2.4.	Análise estatística.....	8
3.	Resultados.....	8
3.1.1.	Seleção e caracterização da amostra.....	8
3.2.	Caracterização da amostra: dados sociodemográficos e antropométricos.....	9
3.3.	Valores normativos.....	11
3.4.	Equações de referência.....	13
3.4.1.	Teste de Carga Incremental (segundos).....	13
3.4.2.	Teste de Carga Incremental (%PIM).....	14
4.	Discussão.....	15
5.	Conclusão.....	20

## **1. Introdução**

O desempenho dos músculos respiratórios é determinante para a função ventilatória, dado que exerce influência direta na tolerância ao esforço, na capacidade funcional e na qualidade de vida. Neste sentido, a sua avaliação é essencial em contextos clínicos e de investigação (Laveneziana et al., 2019). Evidências sugerem que treinar a força endurance dos músculos respiratórios aumenta a resistência ventilatória – capacidade do sistema respiratório sustentar a ventilação durante longos períodos, dada uma carga resistiva –, melhora a função pulmonar e reduz a sensação de dispneia, o que traz benefícios tanto para indivíduos saudáveis quanto para quem possui condições de saúde específicas.

Tradicionalmente, a função muscular respiratória tem sido avaliada pela força máxima dos músculos respiratórios, medida através da pressão inspiratória máxima (PIM) e da pressão expiratória máxima (PEM). Estes testes fornecem uma estimativa da capacidade do sistema respiratório gerar pressões intratorácicas máximas e, por esse motivo, são amplamente utilizados tanto em indivíduos saudáveis como em populações com condições clínicas específicas (Shah et al., 2024; Tudorache et al., 2010). Contudo, estudos mostram que pressões máximas raramente são atingidas em atividades do dia a dia, levantando dúvidas sobre sua importância clínica como indicador funcional (Gokcen et al., 2021).

Neste contexto, destaca-se a força endurance respiratória que corresponde à capacidade de manter a ventilação contra uma carga resistiva por um período prolongado ("ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing," 2002; Larribaut et al., 2020). Este parâmetro assume grande importância, uma vez que a fadiga respiratória limita a execução de atividades quotidianas, desencadeia respostas metabólicas e autonómicas e ativa o metaborreflexo (André & Souza, 2020). Este reflexo corresponde à ativação de recetores localizados nos músculos respiratórios, que enviam sinais ao sistema nervoso central, levando a uma redistribuição do fluxo sanguíneo dos músculos periféricos para os músculos respiratórios, de forma a garantir a ventilação (Ren et al., 2025). Este mecanismo de proteção, embora seja essencial para a manutenção da ventilação, resulta em redução do aporte sanguíneo e de oxigénio aos músculos locomotores, comprometendo assim o desempenho físico (Dempsey et al., 2006; McConnell & Lomax, 2006; Romer et al., 2006).

Assim, a avaliação da força endurance respiratória revela-se complementar às medidas máximas convencionais, fornecendo uma perspetiva mais representativa das

exigências funcionais do dia a dia, como caminhar ou subir escadas, e permitindo a detecção precoce de condições clínicas que poderiam não ser identificadas por outros métodos (ERS, 2005; Larribaut et al., 2020). Para este fim, o teste de carga incremental é muito útil, pois permite avaliar de forma mais ampla como os músculos respiratórios reagem durante atividades mais prolongadas no tempo, apresentando resultados consistentes e com alta reprodutibilidade mesmo em indivíduos que não conhecem a técnica (Gokcen et al., 2021; Johnson et al., 1997). Avanços recentes em dispositivos portáteis e sistemas digitais também melhoraram a disponibilidade e a precisão das medições, o que veio a fortalecer a aplicação desse teste em diversas populações e contextos clínicos (Stavrou et al., 2021).

Embora tenha havido avanços nas metodologias, a avaliação clínica e funcional da força endurance respiratória ainda carece de valores normativos e de equações de referência. Estes parâmetros são fundamentais para comparar o desempenho individual com os padrões da população, identificar défices significativos e orientar intervenções precoces, minimizando as consequências funcionais e clínicas a longo prazo (Marques et al., 2020; Pessoa et al., 2014). No entanto, os valores normativos não são universais, estes variam de acordo com diversos fatores, como idade, sexo, altura, composição corporal, nível de atividade física, assim como de aspetos culturais ou étnicos (Park et al., 2023). Pesquisas indicam que, por exemplo, os homens tendem a apresentar pressões respiratórias máximas superiores às das mulheres, que o processo de envelhecimento está ligado a uma redução gradual na força máxima e endurance respiratória, e que variáveis antropométricas, como a altura e a massa magra, possuem uma correlação positiva com o desempenho respiratório (Pessoa et al., 2014; Park et al., 2023; Hackett et al., 2020). Estas diferenças justificam a razão pela qual as equações de referência criadas em outros países podem não representar de maneira adequada a fisiologia de uma população específica.

Neste contexto, é fundamental criar equações de referência e valores normativos ajustados à população portuguesa, visando evitar avaliações subjetivas e promover diagnósticos mais precisos (American Thoracic Society & European Respiratory Society, 2002; Lista-Paz et al., 2023). Apesar de o teste de carga incremental ser reconhecido pela sua relevância clínica, reprodutibilidade elevada e pela habilidade de oferecer uma análise completa da força endurance respiratória (Johnson et al., 1997), até agora não foram publicados dados que abordem valores normativos em Portugal. Dado que os parâmetros de referência da força endurance respiratória variam entre diferentes grupos populacionais,

fica claro que há uma necessidade de desenvolver critérios específicos que representem a realidade do país.

Assim, o presente estudo teve como objetivo estabelecer equações de referência e valores normativos para a força endurance dos músculos respiratórios na população portuguesa, tendo em consideração características sociodemográficas e antropométricas, reconhecendo ainda que, independentemente da população em causa, a função destes músculos desempenha um papel determinante na saúde, no desempenho físico e na prevenção de limitações funcionais.

## **2. Métodos**

### **2.1. Desenho de estudo**

Este estudo é considerado um estudo piloto, aprovado pela comissão de ética da Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto, parecer ético CE0037F, 26/04/2025 (Anexo 3). A recolha de dados decorreu entre maio e agosto de 2025, em contexto comunitário, clínico e nas instalações da Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto.

### **2.2. Participantes**

Para o presente estudo, todos os indivíduos considerados saudáveis, maiores de 18 anos e residentes na área metropolitana do Porto foram selecionados. Para atingir uma maior representatividade da comunidade, foram incluídos indivíduos que apresentem as mais comuns comorbilidades relacionadas com a idade, como a diabetes, hipercolesterolemia e hipertensão arterial. Isto está de acordo com a Organização Mundial de Saúde que define “saúde” como “um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença”. Foram, também, incluídos ex-fumadores desde que sem diagnóstico de patologia respiratória (Marques et al., 2020).

Foram excluídos todos aqueles que apresentem doença respiratória aguda (<4 semanas) ou crónica; patologia cardíaca; sinais de afetação cognitiva e/ou neuromuscular (indivíduos que não são capazes de entender, preencher e/ou cooperar em tudo o que é necessário para a realização do estudo); problemas musculoesqueléticos significativos que possa interferir com a realização dos testes. Indivíduos que usem auxiliares de marcha e que

apresentem fatores de risco para patologia pulmonar (fumadores e profissões que estejam em contacto com fumos/gases) foram também excluídos (Pessoa et al., 2014).

A recolha de dados foi realizada de modo não probabilístico por conveniência através da divulgação do estudo nas redes sociais (Instagram, Facebook e Whatsapp) dos investigadores com a possibilidade de partilha do conteúdo pelos seguidores destas mesmas redes sociais. Os contactos iniciais incluíram informação sobre os objetivos do estudo, procedimentos, potenciais riscos e benefícios da participação. Os indivíduos que aceitaram participar voluntariamente foram posteriormente contactados telefonicamente ou por mensagem pela equipa de investigação para agendar uma sessão de recolha de dados presencial.

Para este estudo, o tamanho da amostra para realizar a regressão linear múltipla para estabelecer as equações de referência foi determinado de acordo com as recomendações de Green (1991), onde  $N$  é o tamanho total da amostra e  $m$  é o número de variáveis independentes. Neste estudo foram recolhidas variáveis independentes relacionadas com características sociodemográficas, antropométricas e de nível de atividade física (idade, sexo, altura, massa corporal, IMC, circunferência da anca e da cintura, rácio cintura–anca, nível de atividade física e comorbilidades). Considerando que o objetivo era introduzir 5 destas variáveis nos modelos de regressão linear (idade, sexo, altura, massa corporal e atividade física), procedeu-se previamente à análise das relações entre as variáveis antropométricas, para evitar redundâncias nos modelos. Segundo Green (1991), seria necessário recrutar um mínimo de 90 participantes para a construção das equações de referência, contudo, a amostra final foi constituída apenas por 82 indivíduos, valor ligeiramente abaixo do suposto. A melhor performance no TCI (segundos, %PIM) de 82 participantes foi usada para gerar as equações de referência.

$$N > 50 + 8m$$

### **2.3. Recolha de dados**

A recolha de dados foi realizada num único momento de avaliação, dividido em duas fases. Fase de seleção e caracterização da amostra, onde foi preenchido um questionário online desenvolvido no "Microsoft Forms" (Anexo 1) e fase de avaliação presencial, realizada apenas com os participantes elegíveis após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. Este

momento serviu para avaliar os dados antropométricos, assim como teste da pressão inspiratória máxima (PIM) e o teste de carga incremental (TCI).

### **2.3.1. Questionário de caracterização da amostra**

A primeira secção do questionário incluiu dados sociodemográficos (idade, sexo e profissão), antropométricos (massa corporal e altura) e clínicos (comorbilidades e estado tabágico, ou seja, se o indivíduo é fumador atual, ex-fumador ou nunca fumou). Além de fornecer informações iniciais sobre o perfil dos participantes, esta secção também teve como finalidade aplicar os critérios de elegibilidade do estudo. Com base nas respostas fornecidas, foi possível verificar a conformidade dos indivíduos com os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos.

A segunda secção avaliava os níveis de atividade física (AF), utilizando o instrumento de avaliação "*Brief physical activity assessment tool*", este questionário consiste em duas perguntas que consideram a frequência e a duração da AF moderada e vigorosa durante uma semana normal. Cada pergunta é classificada numa escala de 0 a 4. A pontuação total varia de 0 a 8 e permite classificar o indivíduo como "insuficientemente ativo" (pontuação 0-3) ou "suficientemente ativo" (pontuação  $\geq 4$ ) (Mainho et al, 2025). A terceira secção avaliou a severidade das comorbilidades, utilizando o *Charlson Comorbidity Index* (CCI), onde os indivíduos foram divididos em quatro grupos: score total CCI de 0, 1 a 2, 3 a 4 e  $\geq 5$  (Charlson et al., 1987).

### **2.3.2. Avaliação presencial**

Para diminuir o risco de viés de observador, um protocolo "passo a passo" e vídeos da realização dos testes foram criados, uniformizando as recolhas, assim como a explicação dos testes aos participantes.

Antes de iniciar a avaliação presencial, todos os participantes assinaram um termo de consentimento informado (Anexo 2), a confirmar que estavam cientes dos riscos envolvidos na avaliação e das medidas implementadas para minimizá-los. Para este fim, os sinais vitais — saturação periférica de oxigênio, frequência cardíaca e pressão arterial — foram monitorizados antes, durante e após os testes. Os critérios de segurança e de interrupção dos testes foram estabelecidos de acordo com *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (10ª edição). O documento também esclarecia que o participante

poderia recusar ou desistir da participação a qualquer momento, sem sofrer nenhuma penalização.

### **2.3.3. Dados Antropométricos**

Foi medida a circunferência da cintura, da anca e posteriormente calculado o rácio cintura-anca (cm) dado que mostram ser fatores de risco independentes com mais evidência do que o IMC, para identificar os participantes que têm aumento do risco de morbilidade relacionada à obesidade devido ao acúmulo de gordura abdominal (World Health Organization, 2008).

As medidas foram recolhidas através de uma fita métrica flexível, que permaneceu sempre em contacto com a pele sem qualquer pressão sobre o tecido adiposo subcutâneo. As medições foram realizadas com os participantes na posição de pé, relaxados e com os braços ao longo do corpo.

Para a avaliação da circunferência da anca, a fita métrica foi posicionada ao nível dos grandes trocânteres, para a circunferência da cintura, a fita métrica foi posicionada no ponto médio entre o limite inferior da última costela e a espinha íliaca ântero-superior no final do ciclo respiratório. Foram realizadas 3 medições de cada circunferência e posteriormente realizada a média de cada uma. De seguida, com os valores das médias obtidas, foi realizado o rácio cintura-anca que se calcula através da divisão entre a média obtida da circunferência da cintura pela média obtida da circunferência da anca.

Para medir a altura (cm) os participantes estavam descalços, com os pés juntos e os calcanhares a tocar na parede, mantendo uma postura reta, com a cabeça alinhada e a olhar em frente. Colocou-se um objeto reto, sobre a cabeça, garantindo que estivesse horizontal, e fez-se uma marca na parede no ponto de contacto. Com uma fita métrica, mediu-se a distância entre o chão e a marca feita na parede, assegurando que a fita estivesse esticada corretamente. Para maior precisão, a medição foi repetida, garantindo que a pessoa estivesse na postura adequada. Foi também medida a massa corporal (kg) de todos os participantes através de uma balança digital.

### **2.3.4. Força muscular máxima respiratória**

A força muscular máxima foi avaliada usando o *POWERbreathe K5* da POWERbreathe International Ltd, sediada em Warwickshire, Inglaterra. A Pressão Inspiratória Máxima (PIM) foi usada para quantificar força muscular máxima respiratória, além disso permitiu,

também, definir o patamar inicial para a medição do Teste de Carga Incremental (TCI), usado para quantificar a força *endurance* dos músculos respiratórios.

A medição da PIM foi realizada com os participantes na posição de sentado, utilizando uma peça bucal descartável e de formato oval firmemente mantida em torno dos lábios, o que assegurou a vedação completa e minimizou as fugas de ar durante a manobra. Foi, também, utilizado um clipe nasal descartável para prevenir a respiração nasal. Para avaliar a PIM, foi realizada uma inspiração forçada e máxima (manobra de Muller) partindo do volume residual. Cada manobra foi incentivada verbalmente. Foram registradas três manobras reproduzíveis ( $\pm 15\%$ ) num máximo de 5 manobras, de acordo com os padrões da ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing, 2002. Destas, foi selecionado o valor máximo obtido, sendo que quanto maior a pressão alcançada neste teste, melhor o desempenho conseguido.

### **2.3.5. Força *endurance* respiratória**

A força *endurance* respiratória foi avaliada usando o mesmo aparelho que na força máxima respiratória. A PIM foi usada para definir os patamares para a medição do teste de carga incremental que, por sua vez, foi usado para quantificar a força *endurance* respiratória. O teste de carga incremental foi realizado com os mesmos pressupostos (posição de sentado, peça bucal e clipe nasal) que a medição da PIM. Neste teste, os participantes foram instruídos a ventilar continuamente através de uma válvula com resistência inspiratória que, no patamar inicial, correspondia a 30% da PIM. A cada 2 minutos aumentou-se um patamar, correspondendo a um aumento de 10% da PIM. Os participantes foram encorajados a continuar cada vez que a resistência era aumentada ("Este patamar terminou, irei aumentar a resistência. Continue com o bom trabalho"). O tempo atingido neste teste foi apresentado em segundos e o patamar como uma % da PIM (%PIM). Se houvesse uma alteração significativa do volume corrente, padrão e frequência respiratória o teste era parado pelo investigador. O desempenho neste teste é refletido pelo tempo sustentado e pelo patamar máximo alcançado, sendo valores mais elevados indicativos de melhor performance.

## **2.4. Análise estatística**

A análise estatística foi realizada através do programa *IBM SPSS Statistics*, versão 29.0 (*Statistical Package for the Social Sciences®*, IBM Lisboa, Portugal). O nível de significância estatística foi de 0.050. A normalidade dos dados foi testada através do teste *Kolmogorov-Smirnov*. Estatística descritiva foi usada para caracterizar a amostra, e os valores normativos foram definidos por sexo e faixa etária através de medianas e percentis 25 e 75.

Foi usado o teste – t para variáveis independentes para correlacionar o TCI (%PIM) e TCI (segundos) com a atividade física e o sexo. Dado que a normalidade dos dados não foi observada, foram calculados coeficientes de correlação de *spearman* ( $\rho$ ) para explorar a associação entre variáveis dependentes – TCI (%PIM) e TCI (segundos) – e as variáveis independentes (idade, massa corporal, altura, IMC, circunferência da anca e cintura, rácio cintura-anca e comorbilidades associadas). A força das correlações foi classificada de acordo com a *British Medical Journal guidelines*: coeficientes de correlação significativos 0–0.19 como muito fracos, 0.2–0.39 como fracos, 0.4–0.59 como moderado, 0.6–0.79 como forte, e 0.8–1 como muito fortes (The BMJ., 2021). As variáveis independentes selecionadas para integrar o modelo de regressão linear *stepwise* foram: idade, sexo, altura, massa corporal e nível de atividade física, sendo o desempenho de cada modelo avaliado pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

## **3. Resultados**

### **3.1.1. Seleção e caracterização da amostra**

Foram obtidas 130 respostas ao questionário, das quais 4 indivíduos não aceitaram participar no estudo. Foram excluídos 20 participantes de acordo com os critérios de elegibilidade. Dos 106 participantes elegíveis para o estudo, 24 não deram resposta ao contacto ou não aceitaram participar na avaliação presencial, resultando numa amostra final de 82 participantes.

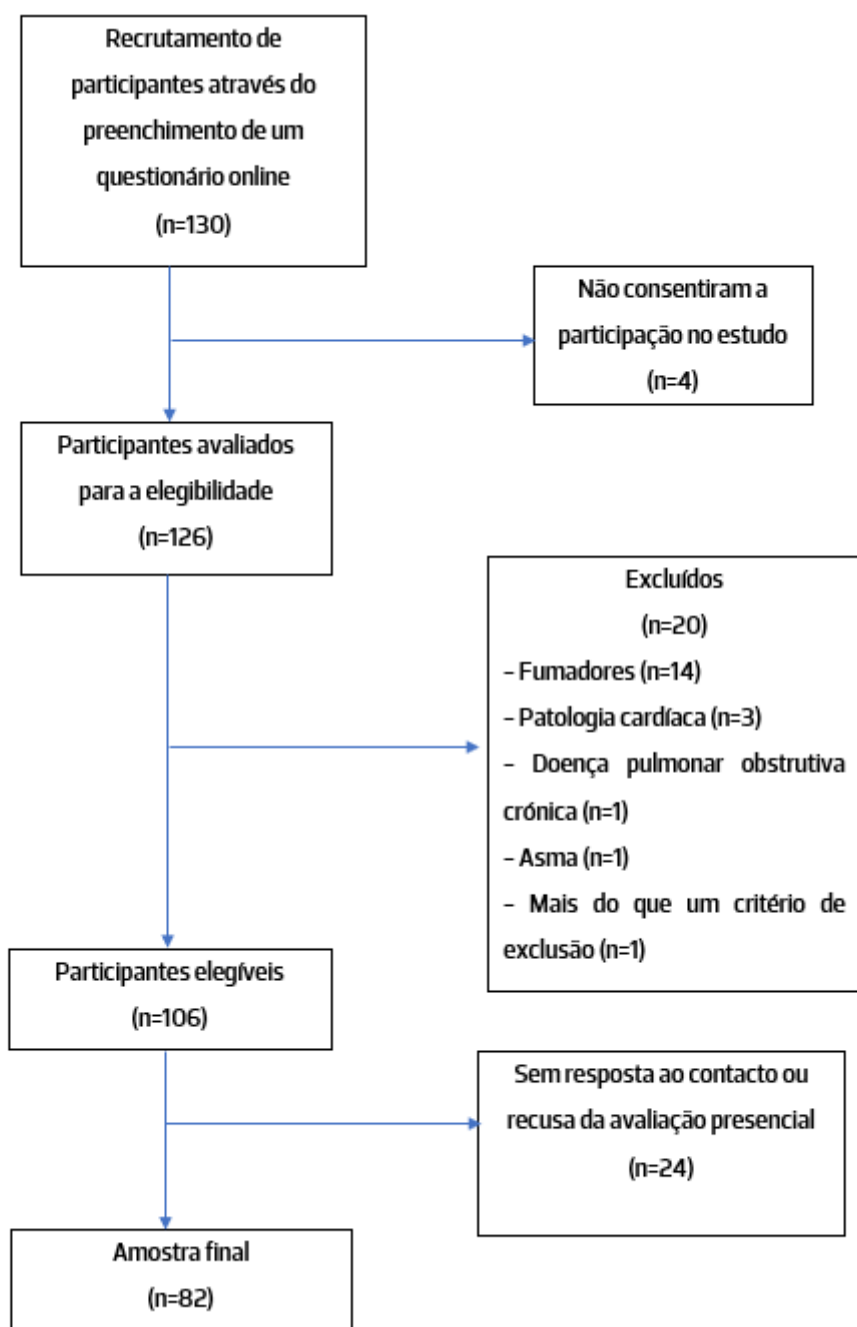


Figura 1 – Seleção e caracterização da amostra

### 3.2. Caracterização da amostra: dados sociodemográficos e antropométricos

A amostra deste estudo foi constituída por 82 participantes com idades compreendidas entre os 18 e os 82 anos, observando-se uma predominância do sexo feminino (65,9%). A distribuição por faixas etárias demonstrou uma concentração expressiva nos grupos mais jovens, sendo dos 18–29 anos a mais numerosa, com 26 participantes do sexo feminino e

10 do sexo masculino. A faixa etária dos 30–39 anos registou uma distribuição equitativa com 6 elementos em cada sexo, já a faixa etária dos 40–49 anos registou 4 participantes do sexo feminino e 5 do sexo masculino. Segue-se a faixa etária dos 50–59 anos com 9 participantes do sexo feminino e 4 do sexo masculino, a faixa etária dos 60–69 anos contabilizou 5 participantes, todos do sexo feminino e a faixa etária dos 70–79 anos com 4 participantes do sexo feminino e 2 do sexo masculino. Por fim, a faixa etária  $\geq 80$ , foi a menos representada, com apenas 1 participante, este do sexo masculino.

Em relação às características antropométricas, a altura mínima foi de 149,75cm e a máxima foi de 190,00cm, enquanto a massa corporal variou entre 40,00kg e 120,00kg. O índice de massa corporal (IMC) apresentou um intervalo de 17,72 a 35,44 kg/m<sup>2</sup>. No que diz respeito às circunferências corporais, a circunferência da cintura mínima foi de 59,90cm e a máxima foi de 127,67 cm, já a circunferência da anca variou entre 64,00cm e 133,00 cm, o rácio cintura/anca apresentou um mínimo de 0,69 e um máximo de 1,03.

De acordo com o CCI, podemos inferir que a maioria dos participantes não apresenta comorbilidades (categoria 0, 89%), o que indica que apenas uma pequena percentagem da amostra (restantes categorias, 11%) apresentava múltiplas condições associadas. Quanto ao nível de atividade física, nenhuma das categorias foi predominante. Os intervalos do TCI (segundos) e do TCI (%PIM) localizaram-se entre os 78 e os 860 segundos e entre os 30 e os 100% da PIM, respetivamente.

Tabela 1 – Caracterização da amostra: dados sociodemográficos, e antropométricos

Características	Amostra total (n=82)
Idade, anos, mediana [p25–75]	32,50 [24,00–53,50]
Sexo (feminino), n (%)	54 (65,9)
Sexo (masculino), n (%)	28 (34,1)
Faixa etária, n (%)	
18–29 anos	36 (43,9)
30–39 anos	12 (14,6)
40–49 anos	9 (11,0)

50-59 anos	13 (15,9)
60-69 anos	5 (6,1)
70-79 anos	6 (7,3)
≥ 80 anos	1 (1,2)
Altura, cm, mediana [p25-75]	166,75 [160,00-175,00]
Massa corporal, kg, média (± desvio padrão)	72,45 (± 15,15)
IMC, kg/m <sup>2</sup> , média (± desvio padrão)	25,64 (± 4,06)
Circunferência cintura, cm, média (± desvio padrão)	87,06 (± 13,82)
Circunferência anca, cm, média (± desvio padrão)	103,16 (± 9,75)
Rácio cintura/anca, cm, média (± desvio padrão)	0,84 (± 0,09)
CCI (categorias), n (%)	
0	73 (89,0)
1	6 (7,3)
2	2 (2,4)
3	1 (1,2)
Nível de Atividade física, n (%)	
Insuficientemente ativo	42 (51,2)
Suficientemente ativo	40 (48,8)
TCl (segundos), mediana [p25-75]	296,50 [190,00 – 399,25]
TCl (%PIM), mediana [p25-75]	50 [40 – 60]

**Legenda:** cm, centímetro; kg, quilograma; IMC, índice de massa corporal; kg/m<sup>2</sup>, quilograma por metro quadrado; CCI, *charlson comorbidity index*; TCl, teste de carga incremental.

### 3.3. Valores normativos

As figuras 2 e 3 mostram os valores da mediana do teste de carga incremental (segundos e %PIM, respetivamente) por sexo para cada faixa etária.

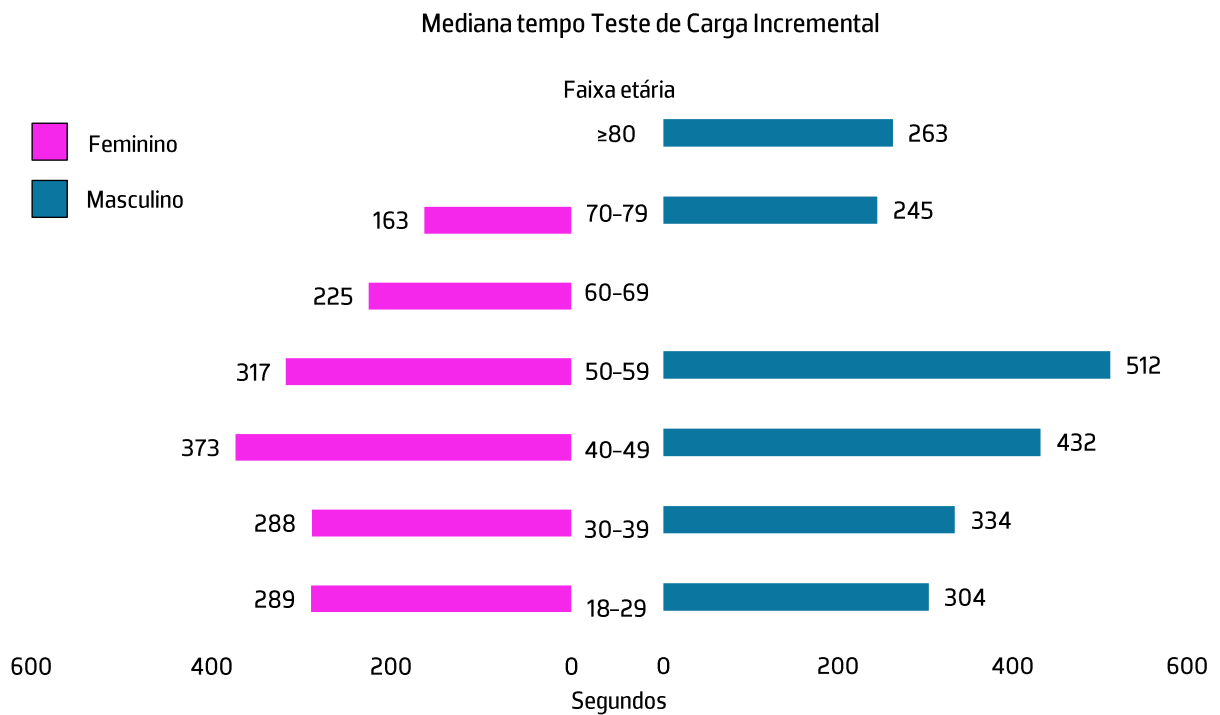


Figura 2 – valores normativos para o teste de carga incremental (segundos) por sexo para cada faixa etária

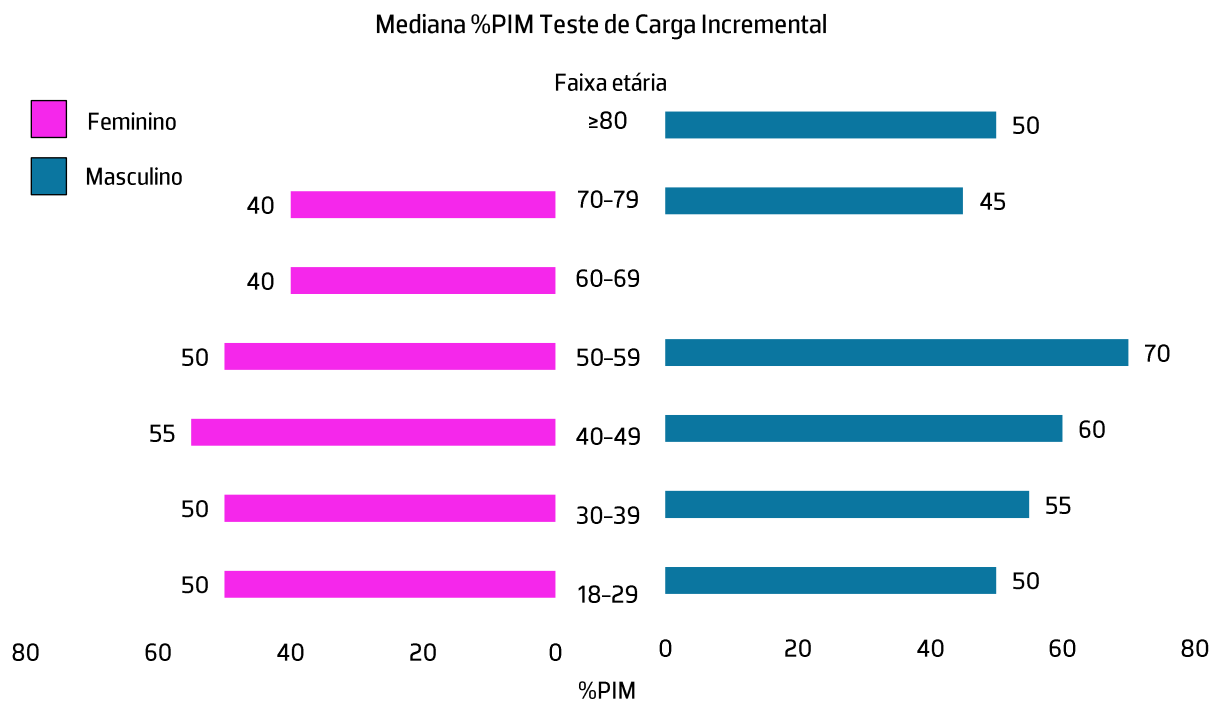


Figura 3 – valores normativos para o teste de carga incremental (%PIM) por sexo para cada faixa etária

### 3.4. Equações de referência

#### 3.4.1. Teste de Carga Incremental (segundos)

O sexo masculino apresentou em média um tempo superior (Média [M] = 383,75; desvio padrão [DP] = 194,63) em comparação com o sexo feminino (M = 303,70; DP = 170,42), existindo uma diferença de aproximadamente de 80 segundos entre os dois. No entanto, a diferença no TCI (segundos) entre sexos não foi significativa ( $p = 0,058$ ).

Verificaram-se correlações significativas positivas e moderadas entre o TCI (segundos) e a massa corporal ( $\rho = 0,48$ ,  $p < 0,001$ ) e entre o TCI (segundos) e a altura ( $\rho = 0,42$ ,  $p < 0,001$ ). O TCI (segundos) apresentou, também, correlações significativas positivas e fracas com o IMC ( $\rho = 0,29$ ,  $p = 0,008$ ) e com a circunferência da anca ( $\rho = 0,22$ ,  $p = 0,046$ ). Não foram observadas correlações significativas entre o TCI (segundos) e o CCI ( $\rho = -0,10$ ,  $p = 0,390$ ), idade ( $\rho = -0,131$ ,  $p = 0,242$ ), circunferência da cintura ( $\rho = 0,21$ ,  $p = 0,056$ ) e com rácio cintura/anca ( $\rho = 0,10$ ,  $p = 0,393$ ).

O TCI (segundos) é significativamente diferente entre pessoas mais ou menos ativas ( $p = 0,023$ ). Os indivíduos suficientemente ativos apresentaram maior tempo médio no TCI (segundos) (M = 377,68; DP = 190,24) em comparação com os insuficientemente ativos (M = 286,62; DP = 163,72), ocorrendo uma diferença de aproximadamente 91 segundos.

Foram escolhidas 5 variáveis a integrar o modelo de regressão linear (idade, sexo, atividade física e altura). Dado que as variáveis antropométricas (IMC, circunferência da cintura e anca, rácio cintura/anca e massa corporal) se correlacionaram entre si ( $r > 0,50$ ;  $p \leq 0,05$ ) foi escolhida a variável "massa corporal" dado que foi aquela que apresentou maior correlação com o TCI (segundos) ( $\rho = 0,48$ ,  $p < 0,001$ ).

Um modelo de regressão múltipla *stepwise* indicou que a altura, a atividade física e a massa corporal explicaram 24,4% ( $R^2$  ajustado = 0,244,  $p < 0,001$ ) da variabilidade no TCI (segundos). A massa corporal foi o preditor mais forte ( $\beta = 0,28$ ), seguida pela atividade física ( $\beta = 0,25$ ) e pela altura ( $\beta = 0,22$ ). Assim, a equação de referência para o tempo em segundos no teste de carga incremental é:

$$TCI \text{ (segundos)} = -609,91 + (3,89 \times \text{Altura}) + (91,64 \times \text{Atividade física}) + (3,38 \times \text{Massa corporal}), \text{ onde } (0 = \text{insuficientemente ativo; } 1 = \text{suficientemente ativo)}$$

Tabela 2 – Regressão linear múltipla com o TCI (segundos) como variável dependente

	R <sup>2</sup> ajustado	Coeficientes não-padronizados		Coeficientes padronizados			
		B	Erro padrão	$\beta$	IC 95%	Valor de p	Erro padrão estimado
TCI (segundos)	0.244						
Constante		-609.91	327.77		[-1262.45; 42.63]	0.067	158.19
Altura		3.89	2.36	0.22	[-0.81; 8.58]	0.103	
Atividade física		91.64	35.22	0.25	[21.53; 161.75]	0.011	
Massa corporal		3.38	1.58	0.28	[0.24; 6.52]	0.035	

Legenda: R<sup>2</sup>ajustado, coeficiente de determinação; IC, Intervalo de Confiança

### 3.4.2. Teste de Carga Incremental (%PIM)

O sexo masculino apresentou uma média superior (M = 56,43; DP = 15,221) em comparação com o sexo feminino (M = 50,00; DP = 14,41). Apesar da diferença de aproximadamente 6,43 pontos percentuais, o resultado não foi estatisticamente significativo ( $p = 0,064$ ).

Verificaram-se correlações significativas positivas e moderadas entre o TCI (%PIM) e a massa corporal ( $\rho = 0.48$ ,  $p < 0.001$ ) e entre o TCI (%PIM) e a altura ( $\rho = 0.42$ ,  $p < 0.001$ ). O TCI (%PIM) apresentou, também, correlações significativas positivas e fracas com o IMC ( $\rho = 0.30$ ,  $p = 0.007$ ), circunferência da cintura ( $\rho = 0.25$ ,  $p = 0.026$ ) e com a circunferência da anca ( $\rho = 0.24$ ,  $p = 0.030$ ). Não foram observadas correlações estatisticamente significativas entre o TCI (%PIM) e o CCI ( $\rho = -0.06$ ,  $p = 0.598$ ), idade ( $\rho = -0.100$ ,  $p = 0.373$ ) e rácio cintura/anca ( $\rho = 0.12$ ,  $p = 0.271$ ).

O TCI (%PIM) é significativamente diferente entre pessoas mais ou menos ativas ( $p = 0,023$ ). Indivíduos considerados suficientemente ativos apresentaram médias mais altas de TCI (%PIM) (M = 56,00; DP = 14,99) em comparação com os indivíduos insuficientemente ativos (M = 48,57; DP = 14,07). Assim, podemos inferir que a prática de atividade física está associada a melhores resultados no TCI em termos de percentual para a PIM.

Foram escolhidas 5 variáveis a integrar o modelo de regressão linear (idade, sexo, atividade física e altura). Dado que as variáveis antropométricas (IMC, circunferência da cintura e anca, rácio cintura/anca e massa corporal) se correlacionaram entre si ( $r > 0,50$ ;  $p \leq 0,05$ ), foi escolhida a variável “massa corporal” dado que foi aquela que apresentou maior correlação com este teste ( $\rho = 0.48$ ,  $p < 0.001$ ).

Um modelo de regressão múltipla *stepwise* mostrou que a altura, atividade física e massa corporal explicaram 24,1% ( $R^2$  ajustado = 0.241,  $p < 0.001$ ) da variabilidade do TCI (%PIM). A massa corporal apresentou a relação mais forte ( $\beta = 0.29$ ), seguida pela atividade física ( $\beta = 0.25$ ) e pela altura ( $\beta = 0.21$ ). Assim, a equação de referência para o teste de carga incremental (%PIM) é:

$$TCI(\%PIM) = -23,63 + (0,31 \times \text{Altura}) + (7,50 \times \text{Atividade física}) + (0,28 \times \text{Massa corporal}), \text{ onde } (0 = \text{insuficientemente ativo; } 1 = \text{suficientemente ativo)}$$

Tabela 3 – Regressão linear múltipla com o TCI (%PIM) como variável dependente

	R <sup>2</sup> ajustado	Coeficientes não-padronizados		Coeficientes padronizados			
		B	Erro padrão	$\beta$	IC 95%	Valor de p	Erro padrão estimado
<b>TCI (%PIM)</b>	0.241						
Constante		-23.63	26.92		[-77,22; 29.97]	0.383	12.992
Altura		0.31	0.20	0.21	[-0.77; 0.70]	0.114	
Atividade física		7.50	2.89	0.25	[1.73; 13.25]	0.011	
Massa corporal		0.28	0.13	0.29	[0.02; 0.54]	0.034	

Legenda: R<sup>2</sup>ajustado, coeficiente de determinação; IC, Intervalo de Confiança

#### 4. Discussão

O presente estudo forneceu valores normativos e equações de referência para a força endurance respiratória em adultos portugueses considerados saudáveis através do teste de carga incremental (TCI).

Observamos uma tendência para valores mais altos nos homens em todas as variáveis (segundos e %PIM) do TCI. Embora esta diferença não tenha sido estatisticamente significativa, pode ser comparada a outros estudos e explicada do ponto de vista anatómico e fisiológico. Homens tendem a ter volumes pulmonares absolutos superiores, uma maior massa muscular respiratória e uma área de secção do diafragma mais ampla (Pessoa et al., 2014, Johnson et al., 1997, Park et al., 2023). Por outro lado, as mulheres apresentam vias aéreas consideravelmente menores e uma capacidade pulmonar total inferior, o que limita a ventilação durante o exercício (Dominelli & Molgat-Seon, 2022). Apesar de alguns estudos sugerirem que as mulheres têm uma maior

resistência à fadiga dos músculos inspiratórios, os resultados deste estudo revelaram valores absolutos mais elevados nos homens, assim esta aparente discrepância pode ser justificada pelo protocolo utilizado. Dado que o teste de carga incremental envolve aumentos progressivos da resistência até à exaustão, as diferenças anatómicas e fisiológicas — maior massa muscular respiratória e volumes pulmonares nos homens — têm um impacto mais significativo no desempenho global do que a resistência à fadiga observada nas mulheres (Molgat-Seon et al., 2018; Welch et al., 2018).

Os resultados obtidos mostraram um aumento gradual da força endurance respiratória até à faixa etária 40–59, seguido de uma redução nas idades posteriores. Este padrão reflete o pico da massa muscular inspiratória e da capacidade ventilatória na vida adulta, seguido por uma perda relacionada ao envelhecimento, sarcopenia e alteração da mecânica pulmonar (Watsford et al., 2007; Kowalski et al., 2024; Rodriguez-Roisin et al., 1999). É fundamental destacar que a faixa etária dos 18–29 anos obteve valores de desempenho menores do que a meia-idade. A literatura descreve que os valores de força e de endurance muscular respiratória atingem o seu pico apenas entre a terceira e quinta décadas de vida (Kowalski et al., 2024; Watsford et al., 2007), então os adultos jovens poderiam ainda não ter atingido a maturidade funcional máxima dos músculos inspiratórios, que justificaria o seu desempenho inferior em relação aos de meia-idade. Ademais, a queda foi observada de forma mais antecipada no sexo feminino (a partir dos 50 anos), enquanto nos homens ocorreu apenas na década seguinte. Esta diferença pode estar ligada às mudanças hormonais e metabólicas que acontecem na menopausa, as quais afetam a perda de massa muscular e a diminuição da função ventilatória no sexo feminino. Por outro lado, nos homens, a maior reserva muscular parece retardar esse declínio (Lomauro & Aliverti, 2018; Melo et al., 2014).

As equações de referência criadas confirmaram que a altura, a massa corporal e o nível de atividade física são preditores significativos do desempenho no TCI em todas as variáveis. A influência da altura já foi documentada em vários estudos (Pessoa et al., 2014; Park et al., 2023), refletindo a relação direta entre dimensões corporais, volumes pulmonares e capacidade ventilatória. Indivíduos mais altos apresentam volumes pulmonares absolutos maiores e uma caixa torácica de maiores dimensões, o que favorece pressões inspiratórias máximas mais elevadas e uma maior resistência respiratória.

A massa corporal também se mostrou relevante, provavelmente devido ao impacto da massa muscular magra na função ventilatória (Hackett, 2020). A massa muscular inspiratória, em particular a dos músculos diafragma e intercostais, tem sido apontada como determinante na geração de pressões respiratórias máximas e na capacidade de sustentar cargas ventilatórias (ATS/ERS, 2002; Hackett, 2020), dado serem os principais músculos responsáveis pela ventilação. Contudo, é importante realçar que a massa corporal total inclui tanto a massa magra quanto a massa gorda. Assim, em indivíduos com uma predominância de tecido adiposo, o excesso de massa corporal pode ter efeitos adversos, reduzindo a eficiência respiratória (Salome et al., 2010). A associação positiva observada no presente estudo deve ser interpretada dado as características da amostra, composta maioritariamente por adultos jovens e saudáveis. O IMC médio nesta faixa etária foi de 23,6 kg/m<sup>2</sup>, o que segundo a Organização Mundial da Saúde, está dentro da categoria “normal” (WHO,2004). Isto pode indicar que a massa corporal nesta faixa etária tenderá a refletir sobretudo massa muscular magra. Em populações mais heterogêneas ou com maior prevalência de excesso de gordura abdominal, o impacto da massa corporal poderá ser diferente, assumindo até um efeito negativo sobre a função ventilatória.

A atividade física, conforme descrito acima, revelou ser um preditor importante do desempenho no TCI, o que reforça a evidência de que estilos de vida considerados ativos e a prática regular de atividade física desempenham um papel fundamental na preservação da função respiratória. Um indivíduo considerado suficientemente ativo tem mais facilidade em conseguir adaptações estruturais, como hipertrofia das fibras tipo I, aumento da densidade capilar e da capacidade oxidativa dos músculos responsáveis pela inspiração (McConnell & Romer L.M., 2003). Para além destas alterações estruturais, existem também adaptações funcionais, como a melhoria na coordenação neuromuscular dos músculos respiratórios, permitindo uma ativação mais sincronizada dos mesmos, reduzindo o recrutamento excessivo dos músculos respiratórios acessórios, o que contribui para uma maior eficiência ventilatória e menor custo energético da ventilação (McConnell & Romer L.M., 2003). Outro aspeto relevante é a maior tolerância ao desconforto ventilatório, ou seja, a capacidade de suportar a sensação de dispneia durante o esforço, fator determinante para um melhor desempenho no TCI (Araújo et al., 2024; Kowalski et al., 2024). Estas adaptações reduzem a ativação do metaborreflexo respiratório e explicam a diminuição da dispneia durante atividades submáximas (McConnell & Romer L.M., 2003; Illi et al., 2012).

Estudos anteriores demonstraram ainda que o treino muscular inspiratório específico aumenta de forma significativa a força máxima e endurance respiratória, com benefícios referidos não só em indivíduos saudáveis, mas também em pessoas com DPOC, insuficiência cardíaca e/ou doenças neuromusculares, traduzindo-se em reduções consistentes da dispneia e aumento da capacidade funcional (Fernández-Lázaro et al., 2021; Illi et al., 2012; Zanchet et al., 2005). Estes resultados indicam que a atividade física não é apenas importante na função ventilatória na população geral, mas também tem grande importância na reabilitação em contextos clínicos.

Ao considerar o TCI em todas as variáveis, cerca de 24% da variabilidade do desempenho deste teste pode ser explicada pelos modelos propostos, o que vai ao encontro com pesquisas anteriores que também criaram equações de referência para variáveis respiratórias (Pessoa et al., 2014; Park et al., 2023). Este valor de  $R^2$  pode ser considerado moderado em relação à qualidade explicativa, segundo critérios estatísticos, o que indica que os modelos conseguem explicar uma parte significativa da variabilidade, mas não toda (Cohen, 1988). No entanto, a sua importância clínica é evidente, pois incorpora variáveis simples e de fácil recolha, como altura, massa corporal e nível de atividade física, que têm importância fisiológica reconhecida e são aplicáveis em contexto clínico.

Este resultado destaca que a força endurance respiratória é uma função complexa e multifatorial, sujeita a influências que não foram examinadas neste estudo, como a diferenciação da composição corporal, por exemplo distinguir massa gorda de massa magra dentro da massa corporal global (Enright et al., 2006), fatores genéticos e diferenças entre sexos (Molgat-Seon et al., 2018), além de aspetos nutricionais, motivacionais e de treino (Illi et al., 2012; McConnell & Romer L.M., 2003). Portanto, estudos futuros devem incorporar estas variáveis de modo a melhorar a capacidade explicativa dos modelos. Modelos preditivos mais robustos irão possibilitar previsões mais confiáveis do desempenho no TCI. Ao mesmo tempo, a sua maior utilidade clínica está na capacidade de identificar com mais precisão os fatores individuais que influenciam a capacidade de endurance respiratória, direcionando assim intervenções preventivas e de reabilitação mais personalizadas.

Este estudo apresenta algumas limitações que precisam de ser reconhecidas. Não foi possível a realização de um estudo-piloto o que impediu a análise da fiabilidade inter-observador. O uso de uma amostra de conveniência pode ter afetado os resultados. No

futuro, será importante recrutar participantes de várias localizações geográficas e diferentes ambientes, para obter uma amostra representativa da população portuguesa, resultando assim num aumento da validade externa deste estudo. É, também, relevante referir que este estudo não inclui indivíduos do sexo feminino para faixa etária  $\geq 80$  e indivíduos do sexo masculino dentro da faixa etária 60–69 anos, pelo que é necessário ter cuidado na extrapolação dos resultados.

Outra limitação é o tamanho da amostra. Foram incluídos 82 participantes, número que, embora próximo, ficou ligeiramente abaixo do recomendado para a construção de equações de referência. De acordo com a fórmula proposta por Green (1991), seriam necessários um mínimo de 90 participantes. A amostra final não é suficientemente ampla para a definição de valores normativos robustos, que em outros países foram estabelecidos com amostras substancialmente superiores (Araújo et al., 2024; Kowalski et al., 2024).

Além disso, uma vez que a amostra total do estudo foi utilizada para desenvolver as equações propostas, o desempenho destas não foi validado num grupo independente. Estudos futuros deverão avaliar a performance e a fiabilidade das equações desenvolvidas, comparando os valores previstos com os valores efetivamente observados.

Não foi possível calcular o percentil 90 para os valores normativos. Este parâmetro é frequentemente utilizado em estudos de referência para estabelecer limites superiores de normalidade e permitir uma melhor interpretação clínica (Quanjer et al., 2012; Kowalski et al., 2024). A impossibilidade de o calcular neste estudo deve-se ao tamanho reduzido da amostra, que não permitiu estimar de forma fiável os percentis extremos da distribuição. Estudos futuros, com maior tamanho amostral, deverão incluir a determinação destes valores para aumentar a aplicabilidade clínica das normas propostas.

Outra limitação é a heterogeneidade no número de participantes entre faixas etárias, idades mais avançadas tiveram menor representação na amostra, o que poderá ter condicionado os valores normativos obtidos nesses grupos.

Por fim, as comorbidades foram avaliadas apenas por autorrelato, através do *Charlson Comorbidity Index*, o que pode ter levado a uma subestimação das condições clínicas existentes e não reflete necessariamente as características reais da população, dado que, nesta amostra, a maior parte dos participantes referiu não apresentar quaisquer comorbidades.

## **5. Conclusão**

Valores normativos e equações de referência foram definidos/as para o teste de carga incremental (segundos e %PIM), que avaliou a força endurance respiratória em adultos saudáveis portugueses. Notou-se uma tendência de valores mais altos nos homens, ainda que não tenha existido significância estatística. Observou-se, também, um crescimento no desempenho até a meia-idade (40–59 anos), seguido por uma queda nas faixas etárias seguintes, tanto no sexo masculino como feminino. Em contrapartida, os adultos mais jovens (18–29 anos) tiveram uma pior performance no teste. As equações de referência validaram a altura, a massa corporal e o nível de atividade física como preditores relevantes do desempenho, explicando aproximadamente 24% da variabilidade observada.

Os resultados apresentados oferecem valores de referência inéditos para a população portuguesa, o que pode ser útil para fisioterapeutas e outros profissionais de saúde na interpretação do TCI, promovendo assim diagnósticos mais precisos, intervenções mais personalizadas e eficazes e melhor acompanhamento clínico.

## Referências Bibliográficas

- American College of Sports Medicine. (2016). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (10th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- American Thoracic Society, & European Respiratory Society. (2002). ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166(4), 518–624. <https://doi.org/10.1164/rccm.166.4.518>
- André, R., & Souza, D. E. (2020). Efeito do treino muscular ventilatório no metaborreflexo respiratório e na performance de corredores do sexo masculino: Revisão bibliográfica.
- Charlson, M., Pompei, P., Ales, K., & McKenzie, R. (1987). A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: Development and validation. *Journal of Chronic Diseases*, 40(5), 373–383.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Dempsey, J. A., Romer, L., Rodman, J., Miller, J., & Smith, C. (2006). Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 151(2–3), 242–250. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2005.12.015>
- Dominelli, P. B., & Molgat-Seon, Y. (2022). Sex, gender and the pulmonary physiology of exercise. *European Respiratory Review*, 31(163). <https://doi.org/10.1183/16000617.0074-2021>
- Enright, S., Unnithan, V., Heward, C., Louise, W., & Davies, D. (2006). *Effect of High-Intensity Inspiratory Muscle Training on Lung Volumes, Diaphragm Thickness, and Exercise Capacity in Subjects Who Are Healthy*. 86(3). <https://academic.oup.com/ptj/article-abstract/86/3/345/2805157>
- European Respiratory Society. (2005). Lung function testing (R. Gosselink & H. Stam, Eds.; Vol. 10). European Respiratory Society. <https://doi.org/10.1183/1025448x.erm3105>
- Fernández-Lázaro, D., Gallego-Gallego, D., Corchete, L. A., Fernández Zoppino, D., González Bernal, J. J., García Gómez, B., & Mielgo-Ayuso, J. (2021). Inspiratory muscle training program using the POWERbreathe®: Does it have ergogenic potential for respiratory and/or athletic performance? A systematic review with meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), 6703. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136703>
- Gokcen, S., Inal-Ince, D., Saglam, M., Vardar-Yagli, N., Calik-Kutukcu, E., Arıkan, H., & Coplu, L. (2021). Sustainable inspiratory pressure and incremental threshold loading for

- respiratory muscle endurance in COPD: A pilot study. *Clinical Respiratory Journal*, 15(1), 19–25. <https://doi.org/10.1111/crj.13264>
- Green S. B. (1991). How Many Subjects Does It Take To Do A Regression Analysis. *Multivariate behavioral research*, 26(3), 499–510. [https://doi.org/10.1207/s15327906mbr2603\\_7](https://doi.org/10.1207/s15327906mbr2603_7)
- Hackett, D. A. (2020). Lung function and respiratory muscle adaptations of endurance- and strength-trained males. *Sports*, 8(12), 160. <https://doi.org/10.3390/sports8120160>
- Illi, S. K., Held, U., Frank, I., & Spengler, C. M. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 42(8), 707–724. <https://doi.org/10.2165/11631670-000000000-00000>
- Johnson, P. H., Cowley, A. J., & Kinnear, W. J. M. (1997). Incremental threshold loading: A standard protocol and establishment of a reference range in naive normal subjects. *European Respiratory Journal*, 10(12), 2868–2871. <https://doi.org/10.1183/09031936.97.10122868>
- Kowalski, T., Wilk, A., Klusiewicz, A., Pawliczek, W., Wiecha, S., Szczepańska, B., & Malczewska-Lenczowska, J. (2024). Reference values for respiratory muscle strength measured with the S-Index test in well-trained athletes, e-sports athletes, and age-matched controls. *Experimental Physiology*. <https://doi.org/10.1113/EP091938>
- Larribaut, J., Gruet, M., McNarry, M. A., Mackintosh, K. A., & Verges, S. (2020). Methodology and reliability of respiratory muscle assessment. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 273, 103321. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2019.103321>
- Laveneziana, P., Albuquerque, A., Aliverti, A., Babb, T., Barreiro, E., Dres, M., ... Spengler, C. M. (2019). ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. *European Respiratory Journal*, 53(6), 1801214. <https://doi.org/10.1183/13993003.01214-2018>
- Lista-Paz, A., Langer, D., Barral-Fernández, M., Quintela-del-Río, A., Gimeno-Santos, E., Arbillaga-Etxarri, A., ... González-Doniz, L. (2023). Maximal respiratory pressure reference equations in healthy adults and cut-off points for defining respiratory muscle weakness. *Archivos de Bronconeumología*, 59(12), 813–820. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2023.08.016>
- Lomauro, A., & Aliverti, A. (2018). Sex differences in respiratory function. *Breathe*, 14(2), 131–140. <https://doi.org/10.1183/20734735.000318>

- Marques, A., Rebelo, P., Paixão, C., Almeida, S., Jácome, C., Cruz, J., & Oliveira, A. (2020). Enhancing the assessment of cardiorespiratory fitness using field tests. *Physiotherapy*, 109, 54–64. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2019.06.003>
- McConnell, A. K., & Lomax, M. (2006). The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *Journal of Physiology*, 577(1), 445–457. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.117614>
- McConnell, A. K., & Romer L.M. (2003). *Respiratory Muscle Training in Healthy Humans: Resolving the Controversy*. 24, 1–10.
- Melo, L. C., Silva, M. A. M., & Calles, A. C. N. (2014). Obesity and lung function: A systematic review. *Einstein (São Paulo)*, 12(1), 120–125. <https://doi.org/10.1590/S1679-45082014RW2691>
- Molgaat-Seon, Y., Peters, C. M., & Sheel, A. W. (2018). Sex differences in the human respiratory system and their impact on pulmonary function and exercise response. *Current Opinion in Physiology*, 6, 21–27. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2018.03.007>
- Park, T. S., Tak, Y. J., Ra, Y., Kim, J., Han, S. H., Kim, S. H., ... Kang, J. H. (2023). Reference respiratory muscle strength values and a prediction equation using physical functions for pulmonary rehabilitation in Korea. *Journal of Korean Medical Science*, 38(40), e325. <https://doi.org/10.3346/jkms.2023.38.e325>
- Pessoa, I. M. B. S., Neto, M. H., Montemezzo, D., Silva, L. A. M., Andrade, A. D., & Parreira, V. F. (2014). Predictive equations for respiratory muscle strength according to international and Brazilian guidelines. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 18(5), 410–418. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0044>
- Quanjer, P. H., et al. (2012). Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: The Global Lung Function 2012 equations. *European Respiratory Journal*, 40(6), 1324–1343. <https://doi.org/10.1183/09031936.00080312>
- Rodriguez-Roisin, R., Burgos, F., Roca, J., Barbera, J. A., Marrades, R. M., & Wagner, P. D. (1999). Physiological changes in respiratory function associated with ageing. *European Respiratory Journal*, 14(6), 1454–1456. <https://doi.org/10.1183/09031936.99.14614549>
- Romer, L. M., Lovering, A. T., Haverkamp, H. C., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (2006). Effect of inspiratory muscle work on peripheral fatigue of locomotor muscles in healthy humans. *Journal of Physiology*, 571(2), 425–439. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2005.099697>

- Salome, C. M., King, G. G., & Berend, N. (2010). Physiology of obesity and effects on lung function. *Journal of Applied Physiology*, 108(1), 206–211. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00694.2009>
- Shah, R. V., Cahalin, L. P., Haus, J. M., Allsup, K., Delligatti, A., Wolf, C., ... Forman, D. (2024). The role of maximal inspiratory pressure on functional performance in adults with heart failure. *ESC Heart Failure*. <https://doi.org/10.1002/ehf2.14984>
- Stavrou, V. T., Turlakopoulos, K. N., Daniil, Z., & Gourgoulialis, K. I. (2021). Respiratory muscle strength: New technology for easy assessment. *Cureus*, 13(9), e14803. <https://doi.org/10.7759/cureus.14803>
- Tudorache, V., Oancea, C., & Fira Mladinescu, O. (2010). Clinical relevance of maximal inspiratory pressure: Determination in COPD exacerbation. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 5, 119–123. <https://doi.org/10.2147/COPD.S9566>
- Vilarinho, R., Amorim, L., Gomes, D., Teixeira, P., da Silva, A. A., Santos, J., ... Jácome, C. (2025). Validation of the brief physical activity assessment tool: Comparison of telephone and in-person administration. *PLoS ONE*, 20(1), e0317614. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0317614>
- Watsford, M. L., Murphy, A. J., & Pine, M. J. (2007). The effects of ageing on respiratory muscle function and performance in older adults. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(1), 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.05.002>
- Welch, J. F., Archiza, B., Guenette, J. A., West, C. R., & Sheel, A. W. (2018). Sex differences in diaphragmatic fatigue: The cardiovascular response to inspiratory resistance. *Journal of Physiology*, 596(17), 4017–4032. <https://doi.org/10.1113/JP275794>
- World Health Organization (2004). *BMI Classification. Global Database on Body Mass Index*. Geneva: WHO. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/obesity-and-overweight>
- World Health Organization. (2008). *Waist circumference and waist-hip ratio: Report of a WHO expert consultation*. World Health Organization.
- Zanchet, R., Viegas, C., & Lima, T. (2005). A eficácia da reabilitação pulmonar na capacidade de exercício, força da musculatura inspiratória e qualidade de vida de portadores de DPOC. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 31(2), 118–124. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132005000200006>

## Anexos

### Anexo 1 – Questionário de caracterização da amostra

#### Avaliação da endurance dos músculos respiratórios

Este questionário integra um projeto de investigação no âmbito do Mestrado em Fisioterapia, com especialização em Fisioterapia Cardiorrespiratória, da Escola Superior de Saúde do Porto. O objetivo é avaliar a endurance dos músculos respiratórios em indivíduos saudáveis, definindo valores normativos e equações de referência, assim como a sua possível relação com alguns testes funcionais.

Para participar, é necessário ter idade igual ou superior a 18 anos.

No decorrer do preenchimento do questionário poderá sentir dificuldades em algumas questões, no entanto, para a validade do estudo, seria fundamental que respondesse a todas as questões dando sempre a resposta que lhe pareça mais apropriada. É importante que tente responder a todas as questões, certificando-se que não deixa nenhuma questão em branco.

Os participantes poderão ser contactados posteriormente para realizar uma avaliação adicional, em local e data a combinar.

A participação é voluntária e os participantes podem desistir a qualquer momento, sem necessidade de justificar a decisão e sem qualquer custo ou penalização.

Este questionário é anónimo e confidencial, não sendo coletadas informações que permitam identificar os participantes.

O questionário é dividido em 3 partes: questionário sociodemográfico, questionário "Brief physical activity assessment tool" e "Charlson Comorbidity Index (CCI)"

O tempo estimado para preenchimento é de aproximadamente 5 minutos.

Para esclarecimentos, entre em contato pelo e-mail: [investigacao.respiratoria.e2s@gmail.com](mailto:investigacao.respiratoria.e2s@gmail.com)

Obrigada pela sua colaboração.

## Consentimento informado

1. Estou informado de que o estudo acima mencionado de destina à avaliação da endurance dos músculos respiratórios em indivíduos saudáveis, definindo valores normativos e equações de referência, assim como a sua possível relação com alguns testes funcionais. É-me garantido que todos os dados relativos à minha identificação neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato.

Sei que posso interromper a qualquer momento a minha participação, sem nenhum tipo de penalização por este facto.

Compreendi a informação que me foi dada.

Caso seja aceite como voluntário, aceito participar de livre vontade neste estudo, e ser contactado telefonicamente para a realização da avaliação presencial.

Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato. \*

Aceito

Não aceito

2. Número de telemóvel \*

Caso cumpra os critérios de participação deste estudo, necessitamos de o contactar para proceder a uma avaliação presencial. Deste modo, agradecemos que nos ceda o seu contacto telefónico.

## Questionário Sociodemográfico

3. Idade \*

18-29

30-39

40-49

50-59

60-69

70-79

≥ 80

4. Profissão \*

Introduza a sua resposta

5. Género \*

- Feminino
- Masculino
- Prefiro não dizer

6. Altura (ex: 170 cm) \*

7. Peso (ex: 70kg) \*

8. Hábitos tabágicos \*

- Ex-fumador
- Fumador
- Nunca fumei

9. Tem algum problema de saúde? \*

Se respondeu "Não", avance para a pergunta 11.

- Sim
- Não

10. Se sim, qual/quais?

\*

Nesta pergunta, pode responder mais que uma opção.

- Hipertensão Arterial
- Hipercolesterolemia (colesterol elevado)
- Respiratórios (DPOC, Asma, Bronquite, etc.)
- Metabólicos (Diabetes, Obesidade, etc.)
- Reumáticos (Artrite Reumatóide, Fibromialgia, Espondilite Anquilosante, etc.)
- Músculo-esqueléticos (Lombalgia, artrose ombro, etc.)
- Neurológicos (Parkinson, Alzheimer, outras demências, etc.)
- Problemas visuais
- Problemas auditivos
- Outra

11. Utiliza algum auxiliar de marcha?

- Sim
- Não

## Brief physical activity assessment tool

Este questionário avalia os seus níveis de atividade física.

12. Quantas vezes por semana costuma realizar 20 minutos de atividade física intensa que o faz suar ou ficar ofegante? (por exemplo, jogging, levantamento de pesos, cavar, aeróbica, ou andar de bicicleta a um ritmo rápido)

- 3 vezes/semana
- 1 ou 2 vezes/semana
- Nenhuma

13. Quantas vezes por semana costuma realizar 30 minutos de atividade física moderada ou caminhada que o faz aumentar a sua frequência cardíaca ou o faz respirar com mais dificuldade que o normal? (por exemplo, cortar a relva, transportar cargas leves, andar de bicicleta a um ritmo regular, ou jogar ténis em duplas)

- > 5 vezes/ semana
- 3 a 4 vezes/ semana
- 1 a 2 vezes/ semana
- Nenhuma

## Charlson Comorbidity Index (CCI)

Usado para estimar o risco de mortalidade ou complicações em pacientes com múltiplas comorbidades (doenças coexistentes).

### 14. Tem/já teve alguma destas patologias?

Pode assinalar mais que uma opção.

- Coronariopatia isquémica
- Insuficiência cardíaca congestiva
- Doença vascular periférica
- Doença cerebrovascular
- Demência
- Doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC)
- Conectivite ou doença do conjuntivo
- Úlcera péptica
- Insuficiência hepática ligeira
- Diabetes sem complicações
- Diabetes com complicações
- Hemiplegia ou Paraplegia

## Anexo 2 – Termo de consentimento informado: avaliação presencial

### TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

P. PORTO

ESCOLA  
SUPERIOR  
DE SAÚDE



Compete ao Investigador Principal, prestar aos Participantes do estudo as informações necessárias ao consentimento livre e esclarecido.

O termo de consentimento informado deve ser específico do Estudo de Investigação (o modelo deve ser adaptado ao estudo em causa, acrescentando outros dados considerados pertinentes ou eliminando partes não aplicáveis).

#### **DESIGNAÇÃO DO ESTUDO: Avaliação da endurance dos músculos respiratórios: valores normativos e equação de referência/correlação com testes funcionais**

#### **Declaração de Consentimento Informado**

(Conforme o RGPD, a Lei n.º 67/98 de 26 de Outubro e a "Declaração de Helsínquia" da Associação Médica Mundial (Helsínquia 1964, Tóquio 1975, Veneza 1983, Hong Kong 1989, Somerset West 1996, Edimburgo 2000, Washington 2002, Tóquio 2004, Seul 2008, Fortaleza 2013, Helsínquia 2024) – quando se aplicar

Eu, abaixo-assinado \_\_\_\_\_:

Fui informado(a) de que o Estudo de Investigação acima mencionado se destina a definir valores normativos e equação de referência para o teste de carga incremental, assim como analisar a possível relação com alguns testes funcionais.

Fui informado(a) que nesta avaliação presencial vou ser submetido(a) à avaliação de dados antropométricos e de composição corporal, avaliação da força muscular respiratória e de testes funcionais, nomeadamente o teste de sentar-levantar de 1 minuto, Unsupported Upper Limb Exercise e o teste de step de 6 minutos, tendo-me sido explicado em que consistem.

Mais declaro que fui informado(a) que, embora seja raro, há a possibilidade de reações adversas durante a testagem e que serão tomadas medidas de forma a garantir a minha segurança.

Sei que posso recusar-me a participar ou interromper a qualquer momento a participação no estudo, sem nenhum tipo de penalização por este facto.

Foi-me garantido que todos os dados relativos à identificação dos participantes neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato.

Compreendi a informação que me foi dada, tive oportunidade de fazer perguntas e as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado.

Concordo que sejam efetuadas todas as avaliações e testes que fazem parte deste estudo.

Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato.

Nome do Investigadores e Contactos: Beatriz da Silva Tavares, [10190590@ess.ipp.pt](mailto:10190590@ess.ipp.pt) Francisco Tiago da Costa Borges, [10190315@ess.ipp.pt](mailto:10190315@ess.ipp.pt)

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Anexo 3 – Parecer ético

P. PORTO

ESCOLA  
SUPERIOR  
DE SAÚDES  
POLITÉCNICO  
DO PORTO

### PARECER DA COMISSÃO DE ÉTICA

Número de Registo da Comissão de Ética: CE0037F Data receção do Documento: 03/04/2025 Existência de entradas anteriores: Sim

**TÍTULO DO TRABALHO:** Avaliação da endurance dos músculos respiratórios- valores normativos e equação de referência./ relação com testes funcionais.

**INVESTIGADOR RESPONSÁVEL:** Beatriz da Silva Tavares e Francisco Tiago da Costa Borges

**DATA PREVISTA PARA A REALIZAÇÃO DO TRABALHO:** 30/09/2024 a 30/09/2025

#### **RESUMO DO ESTUDO**

##### **OBJETIVOS:**

Nada a referir.

##### **AMOSTRA:**

Nada a referir.

##### **FORMULÁRIO DE DADOS A RECOLHER:**

Nada a referir.

##### **MATERIAL:**

Nada a referir.

##### **MÉTODOS:**

Nada a referir.

##### **RISCOS:**

Nada a referir.

##### **CONSENTIMENTO INFORMADO:**

Nada a referir.

##### **AUTORIZAÇÃO PELOS RESPONSÁVEIS LOCAIS:**

Nada a referir.

##### **APRECIÇÃO DA COMISSÃO DE ÉTICA:**

Após análise detalhada do processo, conclui-se que este se encontra devidamente instruído.

##### **PARECER FINAL DA COMISSÃO DE ÉTICA**

De acordo com os dados analisados, o parecer é favorável desde que cumpridas todas as diretrizes submetidas a esta Comissão, recomendando-se que a decisão seja suspensa caso haja algum incumprimento grave.

26/04/2025

Assinado por: Pedro Manuel Ribeiro da Rocha  
Monteiro  
Num. de identificação: 09132856  
Data: 2025-04-20 17:29:25 -0100



P.PORTO

ESCOLA  
SUPERIOR  
DE SAÚDE



**M**

MESTRADO

FISIOTERAPIA