



Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
Licenciatura em Fisioterapia

Projeto de Graduação

O efeito do treino dos músculos inspiratórios na capacidade aeróbica, força muscular e função pulmonar em futebolistas amadores: estudo randomizado controlado

Pierre Chevalier
Estudante de Fisioterapia
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
40980@ufp.edu.pt

Mariana Cervaens
Professor Coordenador
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
cervaens@ufp.edu.pt

Porto, Junho de 2025

Resumo

Introdução: O sistema respiratório desempenha um papel fundamental no desempenho físico dos atletas, especialmente em modalidades com esforço intermitente, como o futebol.

Objetivo: Avaliar os efeitos de um programa de treino dos músculos inspiratórios com o dispositivo *PowerBreathe*[®] na capacidade aeróbica, força inspiratória e função pulmonar em jogadores de futebol amador. **Metodologia:** Dez jogadores foram aleatoriamente distribuídos em dois grupos: experimental (GE), que realizou treino inspiratório com *PowerBreathe*[®] durante cinco semanas, duas vezes por semana, e controlo, que manteve apenas os treinos habituais. Foi avaliado o volume máximo de oxigénio (VO₂máx), através do teste Yo-Yo, pressão inspiratória máxima (PIM) e função pulmonar por espirometria. **Resultados:** O GE apresentou melhorias significativas no VO₂máx e na distância percorrida no teste Yo-Yo. Contudo, não se observaram diferenças significativas entre grupos. As variáveis espirométricas e a PIM não revelaram alterações estatisticamente relevantes. **Conclusão:** O treino inspiratório com *PowerBreathe*[®] demonstrou potencial para melhorar a capacidade aeróbica em jogadores amadores, mas são necessários mais estudos com amostras maiores para confirmar os seus efeitos em outras variáveis respiratórias e no desempenho global. **Palavras-chave:** Força inspiratória, Powerbreathe®, futebolistas amadores, capacidade aeróbica, função pulmonar.

Abstract

Introduction: The respiratory system plays a key role in athletes' performance, particularly in sports involving intermittent effort such as football. **Objective:** To evaluate the effects of an inspiratory muscle training program using the *PowerBreathe*[®] device on aerobic capacity, inspiratory strength, and pulmonary function in amateur football players. **Methods:** Ten male football players were randomly divided into two groups: experimental (EG) that performed *PowerBreathe*[®] inspiratory training for five weeks, twice a week, and control that followed their regular training routines. Variables assessed were maximal oxygen consumption (VO₂max) through Yo-Yo intermittent test, maximal inspiratory pressure (MIP), and spirometric values. **Results:** EG showed significant improvements in VO₂max and distance covered during the Yo-Yo test. However, no statistically significant differences were observed between groups. MIP or spirometric variables did not show significant changes. **Conclusion:** Inspiratory muscle training with *PowerBreathe*[®] showed promising effects on aerobic capacity in amateur footballers. Nevertheless, further research with larger samples is needed to confirm its broader impact on respiratory function and athletic performance. **Keywords:** Inspiratory strength, Powerbreathe, amateur footballer, aerobic capacity, pulmonary function.

1. Introdução

Os desportistas, em particular os futebolistas, têm o seu desempenho influenciado por vários fatores específicos, como os fatores morfológicos, funcionais e psicológicos, entre outros, que determinam os resultados alcançados pelo atleta (Novack et al., 2018). O futebol caracteriza-se como um desporto de esforço intermitente, alternando sprints de alta intensidade com períodos de menos intensidade. Apesar disso, cada jogo tem a duração de 90 minutos, tornando a resistência aeróbica um parâmetro fundamental na preparação física dos jogadores, com o objetivo de otimizar o desempenho individual (Mackala et al., 2020).

Entre os principais determinantes da resistência aeróbica destaca-se o volume máximo de oxigénio ($VO_{2máx}$), definido como o consumo máximo de oxigénio durante o exercício. A melhoria deste parâmetro está diretamente associada ao aumento do desempenho em modalidades desportivas que envolvem esforços intermitentes e repetidos de elevada intensidade, como é o caso do futebol (Lee & Zhang, 2021). Durante exercícios intensos, os músculos respiratórios são sujeitos a uma carga ventilatória progressiva, podendo originar fadiga muscular respiratória, a qual compromete a eficiência da oxigenação periférica e reduz, por conseguinte, a tolerância ao esforço (Amann, 2012).

O treino dos músculos inspiratórios (Inspiratory Muscle Training – IMT) tem sido identificado como uma intervenção promissora para atenuar limitações ventilatórias. Esta modalidade de treino, quando aplicada com base em cargas progressivas definidas em função da percentagem da Pressão Inspiratória Máxima (PIM), tem evidenciado benefícios consistentes na melhoria da força dos músculos respiratórios, na modulação da perceção de esforço e no incremento do desempenho físico em diversos contextos desportivos. Neste sentido, um estudo recente conduzido por Ren et al. (2025) com corredores recreativos demonstrou que protocolos de IMT com intensidade elevada (80% da PIM) promoveram melhorias significativas na força inspiratória, na tolerância ao exercício e na redução das concentrações de lactato, com diferenças estatisticamente significativas. De forma semelhante, Ozmen et al. (2021) reportaram que atletas de futsal submetidos a protocolos de IMT de alta intensidade apresentaram aumentos tanto na PIM como no $VO_{2máx}$, em comparação com um grupo que realizou treino de baixa intensidade.

No entanto, os resultados na literatura não são unânimes. Um estudo-piloto recente investigou o impacto do IMT na estabilidade postural em jogadores de futebol e não encontrou diferenças significativas entre o grupo experimental e o controlo, apesar de um aumento da ventilação máxima (de Oliveira-Sousa et al., 2023). Estes dados apontam para a possibilidade de efeitos

específicos do IMT, cuja eficácia pode depender da variável-alvo, da duração do protocolo e da intensidade aplicada.

Além disso, uma revisão sistemática publicada por Espinosa-Ramirez et al. (2023) sublinha que os benefícios do treino inspiratório são altamente dependentes do perfil do participante (atleta vs. sedentário), da carga semanal e do tempo total de intervenção. Embora se reconheçam melhorias no $VO_2\text{máx}$ e na percepção de esforço em vários estudos, outros trabalhos, especialmente em populações jovens e treinadas, mostram ausência de efeitos significativos na função pulmonar tradicional (Barbieri et al., 2020; Schaer et al., 2023).

Diante desta diversidade de resultados, o presente estudo tem como objetivo investigar os efeitos de um programa de treino dos músculos inspiratórios, com duração de cinco semanas e frequência de duas sessões semanais, aplicado a jogadores de futebol amadores, utilizando o dispositivo PowerBreathe®. Serão analisadas as seguintes variáveis: capacidade aeróbica ($VO_2\text{máx}$), desempenho no teste de Yo-Yo intermitente, força respiratória (PIM) e função pulmonar medida por espirometria.

2. Metodologia

2.1. Tipo de estudo

Este estudo experimental é do tipo randomizado controlado.

2.2. Participantes

Foram incluídos no estudo indivíduos do sexo masculino, com idade igual ou superior a 18 anos, praticantes de futebol amador e que competem pelo clube "FC French Connection". Foram excluídos jogadores que apresentem uma lesão muscular ou articular submetida a cirurgia nos últimos 3 meses, uma lesão muscular ou articular não tratada cirurgicamente nos últimos 30 dias, ou que tenham diagnóstico de patologia cardiorrespiratória ou neurológica.

2.3. Procedimentos éticos

Primeiramente foi obtido parecer por parte da Comissão de Ética da Universidade Fernando Pessoa n° ESS/LFST-702/25-2. Foi igualmente solicitada autorização à direção dos respetivos clubes (Anexo 1). O acesso aos atletas foi facilitado pelos responsáveis das equipas e pelas redes sociais do próprio clube. Os procedimentos do estudo, incluindo o momento e o tipo de avaliação, a frequência e a duração do estudo, foram apresentados a toda a equipa. Aos

jogadores que manifestaram voluntariamente interesse em participar no estudo, foi entregue um termo de consentimento informado (Anexo 2). Apenas o investigador teve acesso aos dados obtidos, e, ao término do estudo, todos os dados serão destruídos.

2.4. Instrumentos de avaliação

O questionário (Anexo 3) foi elaborado pelo investigador com o objetivo de caracterizar e selecionar os atletas conforme os critérios de seleção previamente definidos. Este questionário questiona a idade, o sexo, a altura e o peso para calcular o Índice de Massa Corporal (IMC), carga de treino, se o paciente toma medicação, se o paciente tem um diagnóstico de qualquer doença cardiorrespiratória e/ou neurológica e se o jogador já teve alguma lesão recentemente. O Yo-Yo Intermittent Test (YYIT) foi utilizado para avaliar o VO_2 máx. Este teste de campo é amplamente reconhecido por medir o desempenho aeróbio e estimar o VO_2 máx de forma válida e fiável, especialmente em jogadores de futebol amador (Castagna et al., 2020). Com base no nível e na distância total percorrida pelo jogador durante o teste, o VO_2 máx pode ser calculado utilizando a equação: VO_2 máx (mL/min/kg) = Distância (m) x 0,0136 + 45,3 (Bangsbo et al., 2008). Para realizar este teste foram precisos cones, um cronómetro e uma fita métrica.

O *PowerBreathe*[®] é um dispositivo manual que utiliza um sistema mecânico de válvulas para oferecer resistência à respiração dos usuários (Elmarakby et al., 2021). No presente estudo, dois dispositivos de *PowerBreathe*[®] foram usados, o KH1 e o *Medic Classic*. Para o uso destes dispositivos foram utilizados bocais individuais para cada jogador e clip nasal. Através do *PowerBreathe KH1*[®], a Pressão inspiratória máxima (PIM) foi avaliada, que consiste na pressão máxima desenvolvida durante uma manobra de inspiração forçada, medida no início e fim do estudo. O *Medic Classic* foi utilizado para o treino inspiratório.

As variáveis da espirometria foram avaliadas através do MIR *spirolab* para medir o índice de *Tiffeneau*, *Forced Expiratory Flow 1* (FEV1) e *Forced Vital Capacity* (FVC). Bocais individuais também foram precisos assim como um clip nasal.

2.5. Procedimentos metodológicos

O período do estudo decorreu entre março e maio de 2025. Inicialmente, após a aplicação do questionário de caracterização, foram selecionados os futebolistas que reuniam os critérios de inclusão. Após a obtenção do consentimento informado, os participantes foram submetidos à avaliação inicial, que incluiu a realização do teste Yo-Yo Intermittent Test (YYIT), a medição

da Pressão Inspiratória Máxima (PIM) e a espirometria. As diferentes medições foram realizadas em ordem aleatória, com um intervalo de aproximadamente 30 minutos entre cada uma, de forma a minimizar os efeitos de fadiga e interferência entre testes.

O teste YYIT é um teste incremental intermitente concebido para avaliar a capacidade aeróbica e a tolerância ao exercício de alta intensidade com pausas curtas. Neste protocolo, os participantes realizaram corridas de 20 metros em vaivém, seguindo sinais sonoros que indicam o ritmo, com velocidades crescentes a cada estágio. Após cada ida e volta (40 metros), houve uma pausa ativa de apenas 5 segundos, durante a qual o atleta caminhava ligeiramente antes de reiniciar a corrida. O teste terminava quando o atleta não conseguia completar duas voltas consecutivas dentro do tempo estipulado.

Para a determinação da Pressão Inspiratória Máxima (PIM), foi utilizado o dispositivo *PowerBreathe KHI*[®]. Os participantes encontravam-se sentados, com as costas direitas e os pés completamente apoiados no chão. Após colocarem o clip nasal, foram instruídos a expirar lenta e completamente até ao volume residual, seguindo-se uma inspiração vigorosa e rápida até atingir a máxima expansão torácica, mantendo essa posição durante aproximadamente 1,5 segundos. Posteriormente, expiravam lentamente fora do bocal. Foram realizadas cinco medições, sendo que a variação entre os valores não poderia exceder os 10 a 20 cmH₂O. O melhor valor obtido foi considerado para o cálculo da carga de treino inspiratório.

Para a realização da espirometria, os participantes encontravam-se sentados. Colocou-se um clip nasal para ocluir ambas as narinas e um bocal na boca. Inicialmente, foram incentivados a expirar lenta e completamente até ao volume residual fora do bocal, e, de seguida, a realizar uma inspiração profunda. Após uma breve apneia, eram instruídos a expirar o máximo de ar possível, de forma rápida e contínua, com uma duração mínima de 6 segundos. O teste foi repetido pelo menos três vezes, sendo considerado o melhor resultado obtido.

Após a realização das avaliações iniciais, os participantes foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos (experimental e controlo) através da plataforma *random.org*. O grupo experimental realizou treino dos músculos inspiratórios, enquanto o grupo de controlo não realizou qualquer intervenção adicional. Ambos os grupos mantiveram os treinos e/ou jogos regulares ao longo do período de intervenção.

O treino inspiratório foi realizado utilizando o *PowerBreathe Medic Classic*[®]. A técnica de execução foi idêntica à descrita para a medição da PIM, sendo aplicada uma resistência equivalente a 70% da PIM individual. Cada sessão incluiu 30 ciclos respiratórios, com pausas de 1 minuto sempre que necessário. Entre cada série foi respeitado um intervalo de descanso

de 5 minutos. Cada participante realizou três séries por sessão, conforme protocolo descrito por Parodi-Feye et al. (2023).

Após o término do estudo as variáveis avaliadas inicialmente foram novamente avaliadas.

2.6. Métodos de análise de dados

A análise estatística dos dados foi realizada com recurso ao software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 30.0 para Windows. A aptidão cardiorrespiratória, as características biológicas e a prática desportiva foram analisadas de forma descritiva, utilizando a mediana e o intervalo interquartil. As lesões dos futebolistas foram caracterizadas com base em frequências absolutas e percentagens. A verificação da normalidade das variáveis quantitativas, realizada através do teste de Shapiro-Wilk, indicou que estas não seguiam uma distribuição normal. Desta forma, recorreu-se a testes não paramétricos para a análise dos dados, nomeadamente o teste de Mann-Whitney para comparações entre dois grupos independentes e o teste de Wilcoxon para comparações dentro do mesmo grupo (amostras emparelhadas). Em todos os testes efetuados, foi considerado um nível de significância de 5%.

3. Resultados

Dos 12 indivíduos participantes no início, 10 foram elegíveis e incluídos no estudo, no entanto apenas 9 completaram o protocolo até ao fim (Figura 1).

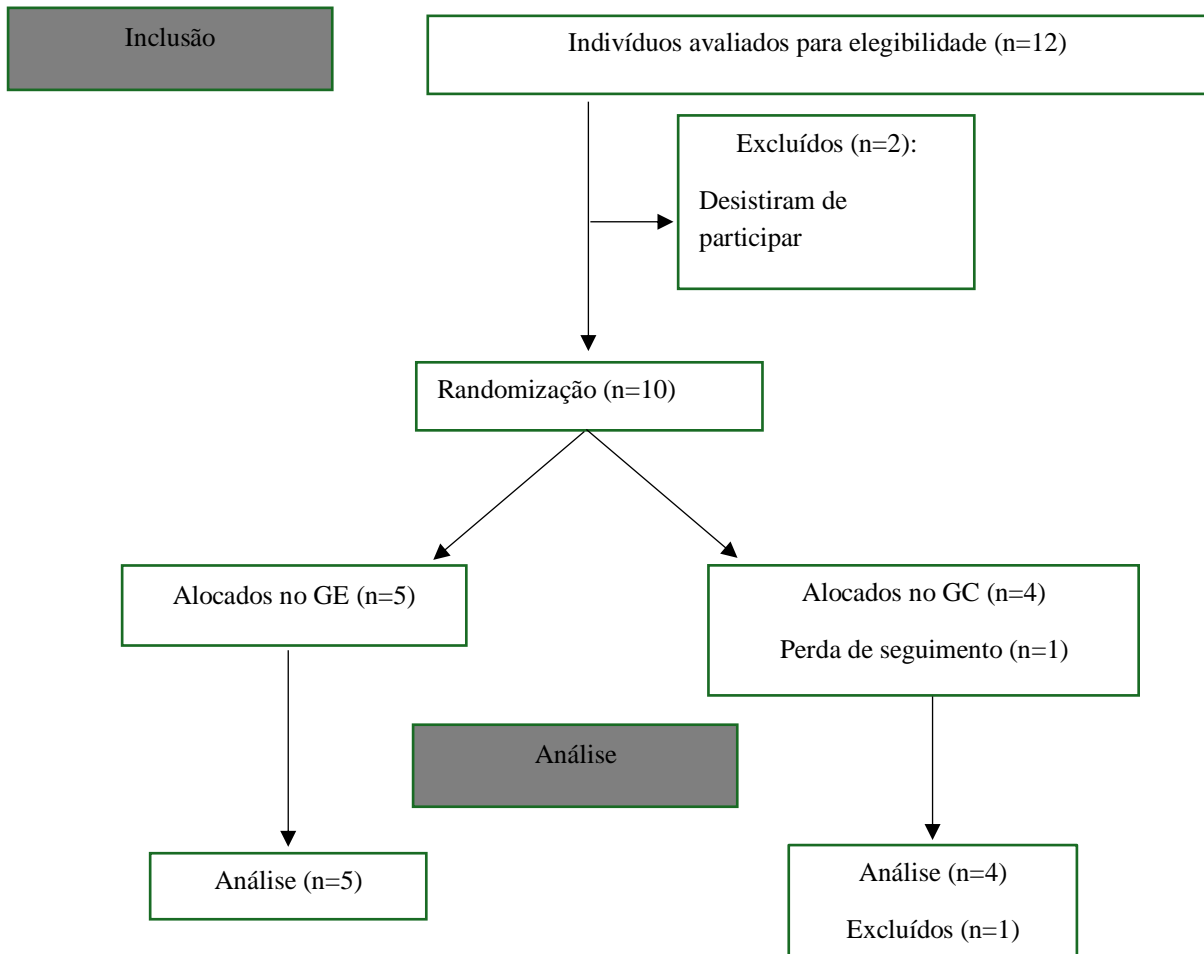


Figura 1. Diagrama *Consort*, de rastreamento da amostra

Um participante não conseguiu estar presente para realizar a sua reavaliação e por isso foi excluído do estudo.

A Tabela 1 resume a idade e o índice de massa corporal (IMC) dos participantes, apresentando os dados gerais da amostra e de cada grupo separadamente.

Tabela 1. Idade e Índice de Massa Corporal (IMC) da amostra entre grupos.

	Grupo Controlo (n=4)	Grupo Experimental (n=5)	p
	Med (IQ)	Med (IQ)	(Mann-Whitney)
Idade (anos)	26,5 (8,00)	25 (2,50)	0,711
IMC (kg/m ²)	24,1 (4,13)	23,3 (2,85)	0,621

Através da tabela 1, verifica-se que os jogadores têm características muitas parecidas, não apresentando diferenças significativas entre eles ($0,621 < p < 0,721$)

Na tabela 2 podemos ver o historial de lesões músculo-esqueléticas da amostra.

Tabela 2. Historial de lesões músculo-esqueléticas

Variável	n	%
História de lesão		
Lesionado há mais de 6 meses	7	77,8
Nunca lesionado	2	22,2
Local de lesão		
Tornozelo/Pé	6	66,7
Cotovelo/antebraço	1	11,1
Joelho/perna	1	11,1
Punho/Mão	1	11,1

Através da tabela 2, podemos verificar que 7 (77,8%) dos atletas lesionaram-se há mais de 6 meses. Todos os atletas demonstraram confiança após a sua recuperação.

A tabela 3 diz respeito ao nº de horas de treino, de jogo e total dos jogadores da amostra.

Tabela 3. Horas de treino e jogo da amostra entre grupos.

	Grupo Controlo (n=4)	Grupo Experimental (n=5)	p (Mann-Whitney)
	Med (IQ)	Med (IQ)	
Horas de treino (horas)	3,50 (2,50)	4,00 (3,50)	0,521
Horas de jogo (horas)	2,00 (0,75)	2,00 (1,25)	0,893
Horas total (horas)	5,50 (3,00)	5,00 (3,00)	0,696

Com a tabela 3 podemos verificar que os dois grupos não apresentam diferenças significativas em termos de horas de prática desportiva.

A tabela 4 apresenta os dados relativos ao Yo-Yo intermitente test para cada grupo no início e fim da intervenção.

Tabela 4. Resultados do “Yo-yo intermittent test” para cada grupo nos dois momentos de avaliações.

	Grupo Controlo (n=4)	Grupo Experimental (n=5)	p
	Med (IQ)	Med (IQ)	(Mann-Whitney)
Distância Yo-Yo início (Metros)	1060 (930)	1300 (1900)	0,539
Distância Yo-Yo fim (Metros)	1060 (2410)	2400 (1660)	0,219
p (Wilcoxon)	0,414	0,043*	

Legenda: * - p significativo (p<0,05)

A análise da tabela 3 revela uma diferença estatisticamente significativa na distância percorrida no teste Yo-Yo intermitente entre o início e o final do protocolo no grupo experimental (p = 0,043). No entanto, não se observam diferenças significativas entre o grupo experimental e o grupo de controlo em nenhum momento.

A tabela 5 mostra os resultados da VO₂máx a partir dos resultados do “Yo-Yo intermittent test”.

Tabela 5. Resultados de VO₂máx para cada grupo nos dois momentos de avaliações.

	Grupo Controlo (n=4)	Grupo Experimental (n=5)	p
	Med (IQ)	Med (IQ)	(Mann-Whitney)
VO₂máx início (mL/kg/min)	59,71 (12,65)	62,98 (25,84)	0,539
VO₂máx fim (mL/kg/min)	59,71 (32,78)	77,94 (22,58)	0,219
p (Wilcoxon)	0,414	0,043*	

Legenda: VO₂máx – Volume de oxigénio Máximo; *p<0,05

Nesta tabela podemos ver que houve diferenças significativas entre os resultados de VO₂máx no início e no fim no grupo experimental (p = 0,043). No entanto, em nenhum momento não existiram diferenças significativas entre o grupo experimental e o grupo controlo.

A tabela 6 diz respeito aos resultados de espirometria e de PIM nos dois momentos de avaliação nos dois grupos.

Tabela 6. Resultados de espirometria e de PIM nos dois momentos de avaliação.

	Grupo Controlo (n=4) Med (IQ)	Grupo Experimental (n=5) Med (IQ)	p (Mann-Whitney)
FEV1 início (%)	79,50 (4,75)	89,00 (24,50)	0,142
FEV1 fim (%)	83,50 (13,50)	91,00 (27,00)	1,000
p (Wilcoxon)	0,197	0,498	
FVC início (%)	92,00 (11,50)	98,00 (22,50)	0,623
FVC fim (%)	92,50 (9,50)	92,00 (22,50)	0,535
p (Wilcoxon)	0,655	0,225	
Tiffeneau início (%)	85,50 (12,25)	93,00 (12,50)	0,085
Tiffeneau fim (%)	91,50 (17,75)	100,00 (18,00)	0,221
p (Wilcoxon)	0,068	0,138	
PIM início (cmH₂O)	89,00 (34,25)	101,00 (34,50)	0,624
PIM fim (cmH₂O)	88,00 (29,00)	106,00 (28,00)	0,085
p (Wilcoxon)	1,000	0,225	

Legenda: FEV1 – Forced Expiratory Volume; FVC – Forced Vital Capacity; PIM – Pressão inspiratória máxima

Na análise de esta tabela 6 podemos ver que não existiu qualquer resultado significativo entre os grupos e entre as duas avaliações feitas.

4. Discussão

O objetivo principal deste estudo foi avaliar os efeitos de um programa de treino dos músculos inspiratórios com o dispositivo *PowerBreathe*[®] sobre a capacidade aeróbica, a força inspiratória e a função pulmonar em jogadores de futebol amador. Embora a amostra tenha sido reduzida, os resultados obtidos permitem refletir sobre a aplicabilidade prática e científica do treino respiratório como estratégia complementar de preparação física no contexto do futebol. Os dados foram analisados não apenas em função das variáveis fisiológicas principais, mas também em relação às características dos participantes, como idade, índice de massa corporal (IMC).

Caracterização da amostra: homogeneidade e relevância

A amostra foi constituída por 9 participantes que completaram o protocolo, distribuídos entre grupo experimental e grupo controlo. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em termos de idade nem de IMC, com valores medianos de idade entre 25 e 26,5 anos e IMC entre 23,3 e 24,1 kg/m² (valores de IMC normais segundo a *World Health Organization* - WHO). Estes dados sugerem uma boa homogeneidade entre os grupos, o que reduz potenciais enviesamentos. Além disso, situam-se dentro das referências de normalidade para a população adulta jovem ativa (Lee & Zhang, 2021), sendo comparáveis aos perfis utilizados em estudos prévios com futebolistas amadores (Castagna et al., 2020).

A distribuição de carga horária semanal de treino e jogo também foi semelhante entre os grupos (média de 5–5,5 horas por semana), o que garante equilíbrio entre os estímulos físicos habituais recebidos durante o estudo. Este aspeto é importante, dado que o volume de treino habitual pode influenciar significativamente variáveis como o VO₂máx ou a capacidade de recuperação (Bangsbo et al., 2008). Em termos de historial clínico, a maioria dos atletas apresentava lesões antigas, sem limitação funcional atual, e todos declararam plena confiança na sua recuperação, o que reforça a validade da amostra como população funcionalmente ativa e elegível para protocolos de treino de intensidade moderada (WHO, 2020).

Efeitos do treino inspiratório sobre a capacidade aeróbica (VO₂máx)

O principal resultado positivo deste estudo refere-se à melhoria estatisticamente significativa do VO₂máx no grupo experimental após 5 semanas de treino respiratório com o *PowerBreathe*[®]. Esta evolução foi paralela ao aumento da distância percorrida no teste Yo-Yo intermitente, confirmando a validade da estimativa do VO₂máx com base neste teste de campo (Castagna et al., 2020; Bangsbo et al., 2008).

Estas melhorias podem estar relacionadas com o fortalecimento dos músculos inspiratórios, o que segundo Amann (2012) reduz o custo ventilatório do exercício e atrasa o início da fadiga respiratória, fenómeno descrito como metaborreflexo respiratório. Treinos com o *PowerBreathe*[®] foram já associados a aumentos significativos do VO₂máx em atletas de resistência e desportistas amadores (Mackala et al., 2020; Fernandez-Lazaro et al., 2021; Elmarakby et al., 2021). Contudo, a ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos obriga a uma interpretação prudente. A melhoria observada pode, em parte, estar relacionada com um efeito de aprendizagem no teste Yo-Yo ou mesmo com um ganho geral devido à continuidade do treino regular. Ainda assim, apesar de o grupo controlo não apresentar

nenhuma melhoria no VO_2 máx entre os dois momentos, o grupo experimental teve, o que aponta para um possível efeito positivo do treino inspiratório, mesmo que não se tenha atingido significância estatística entre os grupos. Estudos com maior dimensão amostral e maior controle metodológico, como os de Elmarakby et al. (2021) e Mackala et al. (2020), conseguiram demonstrar diferenças mais marcantes com maior volume de treino (5 vezes por semana) e por períodos mais longos.

Pressão Inspiratória Máxima (PIM) e função pulmonar: ganhos limitados

No que respeita à força dos músculos respiratórios, a PIM aumentou de forma modesta no grupo experimental (de 101 cmH₂O para 106 cmH₂O), mas sem alcançar significância estatística. Embora este resultado sugira uma tendência de melhoria, os efeitos podem ter sido limitados pela frequência do treino (2 vezes por semana), inferior às recomendações habituais de 4 a 5 vezes por semana (Rozek-Piechura et al., 2020; Ferraro et al., 2019). Além disso, os participantes, por serem jovens e fisicamente ativos, podem já apresentar uma força inspiratória próxima do ideal, reduzindo a margem de progressão.

Em relação à função pulmonar, os parâmetros espirométricos (FEV₁, FVC e índice de Tiffeneau) mantiveram-se estáveis, sem alterações significativas entre ou dentro dos grupos. Este resultado está em linha com outros estudos em populações saudáveis, nos quais a espirometria apresenta menor sensibilidade às adaptações induzidas por treino respiratório (Barbieri et al., 2020; Elmarakby et al., 2021). O treino respiratório parece ter um impacto mais acentuado na economia ventilatória e na perceção de esforço do que nas medidas de volume pulmonar.

Considerações metodológicas e limitações

Uma das principais limitações do estudo reside na reduzida dimensão amostra ($n = 9$), o que compromete o poder estatístico necessário para detetar diferenças entre grupos. A ausência de medidas subjetivas (como escala de Borg ou questionários de fadiga) impede uma análise mais completa sobre a perceção de esforço e a tolerância à intervenção, aspetos relevantes em protocolos de treino inspiratório funcional (Hüzmeli et al., 2025).

Também não foram controladas variáveis como a alimentação, o descanso, o uso de suplementos ou atividade física adicional fora do clube, fatores que podem influenciar significativamente os resultados. No entanto, o rigor na aplicação dos critérios de inclusão e

exclusão, assim como a aplicação padronizada dos testes, garantiram um grau mínimo de consistência experimental.

A intervenção com o *PowerBreathe*[®], mesmo com uma frequência inferior à recomendada (2 sessões por semana durante 5 semanas, com cargas de 70% da PIM, demonstrou um efeito positivo no VO_2 máx, o que reforça a sua utilidade potencial como complemento em programas de treino de futebolistas amadores. No entanto, a intensidade aplicada neste estudo foi inferior à de outras investigações que utilizaram 5 a 6 sessões por semana com cargas entre 50% e 60% da PIM, e que obtiveram ganhos mais expressivos tanto no VO_2 máx como na força inspiratória (Archiza et al., 2018; Fernandez-Lazaro et al., 2021; Mackala et al., 2020). Estes dados sugerem que, apesar de eficaz, a intervenção poderia ser otimizada em termos de frequência e intensidade para maximizar os benefícios.

Adicionalmente, não foi realizado qualquer reajuste da carga inspiratória ao longo das cinco semanas de intervenção. Considerando que a PIM pode sofrer alterações significativas já nas primeiras semanas de treino, a manutenção de uma carga fixa correspondente a 70% da PIM inicial poderá ter limitado a progressividade do estímulo, um princípio essencial da adaptação fisiológica. Sem reavaliações intermédias, o treino tende a tornar-se menos exigente à medida que a força respiratória melhora, o que pode comprometer os ganhos esperados tanto na força inspiratória como na capacidade aeróbica. Estudos anteriores indicam que ajustes regulares da carga — semanalmente ou quinzenalmente — de acordo com a nova PIM permitem manter a intensidade ideal do treino e potenciam as adaptações ventilatórias e metabólicas (Fernandez-Lazaro et al., 2021; Ren et al., 2025). Assim, a ausência de uma adaptação dinâmica da carga no presente protocolo pode ter contribuído para resultados mais modestos do que os que poderiam ser alcançados com uma abordagem individualizada e progressiva.

Os resultados obtidos neste estudo apontam para benefícios do treino inspiratório no desempenho aeróbico, mas não permitem uma conclusão definitiva quanto à sua superioridade face ao treino convencional. Para colmatar esta limitação, futuras investigações deverão incluir amostras maiores e metodologias que integrem variáveis fisiológicas e psicofisiológicas mais completas.

É recomendável que futuros estudos adotem programas com maior frequência semanal (4 a 5 vezes por semana), de preferência com protocolos de progressão de carga individualizada. Além disso, seria pertinente incluir instrumentos que avaliem a perceção subjetiva do esforço, a tolerância à fadiga, o impacto na recuperação pós-jogo e, idealmente, medidas de oxigenação

muscular (como near infraRed spectroscopy - NIRS), como o objetivo de estudar a possível atenuação do metaborreflexo (Espinosa-Ramirez et al., 2023).

Finalmente, a comparação de diferentes estratégias (treino respiratório, reforço periférico, treino combinado) poderia esclarecer melhor qual é o fator-chave na melhoria do desempenho aeróbico em jogadores amadores. A compreensão destes mecanismos permitirá definir protocolos mais eficientes, individualizados e com menor risco de lesão ou sobrecarga.

5. Conclusão

Os resultados obtidos ao longo deste estudo indicam que um programa de treino dos músculos inspiratórios com o *PowerBreathe*[®], aplicado durante seis semanas a jogadores de futebol amador, pode gerar melhorias significativas na capacidade aeróbica, nomeadamente através do aumento do VO_2 máx e da distância percorrida no teste de Yo-Yo. Estes resultados sugerem que a aplicação do treino respiratório pode contribuir positivamente para o desempenho dos atletas em contextos de esforço intermitente, como é característico no futebol. Contudo, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre o grupo experimental e o grupo de controlo, o que impede a formulação de uma conclusão definitiva sobre a superioridade do treino com *PowerBreathe*[®] em relação à manutenção da rotina habitual. Além disso, os parâmetros da função pulmonar e da força inspiratória não apresentaram melhorias relevantes, o que poderá estar relacionado com a curta duração do protocolo, a frequência de treino limitada, ou o perfil atlético previamente desenvolvido dos participantes. Estes dados indicam que, embora o treino respiratório possa ter efeitos positivos sobre a capacidade aeróbica, a sua eficácia total ainda requer confirmação por meio de estudos com maior robustez metodológica. Nomeadamente, será essencial realizar investigações com amostras de maior dimensão, protocolos mais longos e controlos mais rigorosos das variáveis externas que possam influenciar os resultados.

Em suma, o treino dos músculos inspiratórios revela-se uma abordagem promissora no contexto do futebol amador, mas ainda não pode ser considerado, com base nos dados aqui apresentados, como uma intervenção determinante para a melhoria do desempenho global dos jogadores. Estudos adicionais são necessários para validar o seu impacto em diferentes dimensões da performance e clarificar o seu papel dentro dos programas de preparação física.

6. Bibliografia

Amann M. (2012). Pulmonary system limitations to endurance exercise performance in humans. *Experimental physiology*, 97(3), 311–318. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2011.058800>

Archiza, B., Andaku, D. K., Caruso, F. C. R., Bonjorno, J. C., Jr, Oliveira, C. R., Ricci, P. A., Amaral, A. C. D., Mattiello, S. M., Libardi, C. A., Phillips, S. A., Arena, R., & Borghi-Silva, A. (2018). Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: a randomized sham-controlled trial. *Journal of sports sciences*, 36(7), 771–780. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1340659>

Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(1), 37–51. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004>

Barbieri, J. F., Gáspari, A. F., Teodoro, C. L., Motta, L., Castaño, L. A. A., Bertuzzi, R., ... & de Moraes, A. C. (2020). The effect of an airflow restriction mask (ARM) on metabolic, ventilatory, and electromyographic responses to continuous cycling exercise. *PLoS One*, 15(8), e0237010.

Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J. P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., Lambert, E., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British journal of sports medicine*, 54(24), 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>

Castagna, C., Krstrup, P., & Póvoas, S. (2020). Yo-Yo intermittent tests are a valid tool for aerobic fitness assessment in recreational football. *European journal of applied physiology*, 120(1), 137–147. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04258-8>

de Sousa, M. M., Pimentel, M. D. S., Sobreira, I. A., Barros, R. J., Borghi-Silva, A., & Mazzoli-Rocha, F. (2021). Inspiratory Muscle Training Improves Aerobic Capacity in Amateur Indoor Football Players. *International journal of sports medicine*, 42(5), 456–463. <https://doi.org/10.1055/a-1255-3256>

de Oliveira-Sousa, S. L., León-Garzón, M. C., Gacto-Sánchez, M., Ibáñez-Vera, A. J., Espejo-Antúnez, L., & León-Morillas, F. (2023). Does Inspiratory Muscle Training Affect Static Balance in Soccer Players? A Pilot Randomized Controlled Clinical Trial. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 11(2), 262. <https://doi.org/10.3390/healthcare11020262>

Elmarakby, A., Siniscalco, M., Simpson, B. & Nunno-Evans, M. (2021). Comparative study of two different respiratory training devices on lung function, respiratory muscle strength and endurance, and aerobic capacity in division III athletes. *Physical and Rehabilitation Medicine*, 33(4), 21-43.

Espinosa-Ramírez, M., Riquelme, S., Araya, F., Rodríguez, G., Figueroa-Martínez, F., Gabrielli, L., Viscor, G., Reid, W. D., & Contreras-Briceño, F. (2023). Effectiveness of Respiratory Muscles Training by Voluntary Isocapnic Hyperpnea Versus Inspiratory Threshold Loading on Intercostales and Vastus Lateralis Muscles Deoxygenation Induced by Exercise in Physically Active Adults. *Biology*, 12(2), 219. <https://doi.org/10.3390/biology12020219>

Ferraro, F. V., Gavin, J. P., Wainwright, T., & McConnell, A. (2019). The effects of 8 weeks of inspiratory muscle training on the balance of healthy older adults: a randomized, doubleblind, placebo-controlled study. *Physiological reports*, 7(9), e14076. <https://doi.org/10.14814/phy2.14076>

Fernández-Lázaro, D., Gallego-Gallego, D., Corchete, L.-A., Zoppino, D.-F., GonzálezBernal, J.-J., Gómez, B.-G. & Ayuso, J.-M. (2021). Inspiratory muscle training program using the PowerBreath : 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>.

Hüzmeli, İ., Katayıfçı, N., Abay, B., et al. (2025). The effectiveness of functional inspiratory muscle training on exercise capacity and peripheral muscle strength in patients with essential hypertension: A three-arm randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 17, 29. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01082-w>

Hartz, C.-S., Sindorf, M.-A.-G., Lopes, C.-R., Batista, J. & Moreno, M.-A. (2018). Effect of inspiratory muscle training on performance of handball athletes. *Journal of Human Kinetics*, 63, 43-51. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0005>.

Lee, J. & Zhang, X. (2021). Is there really a proportional relationship between VO₂max and body weight? A review article. *PLoS One*, 16(12), e0261519.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261519>.

Mackala, K., Kurzaj, M., Okrzymowska, P., Stodolka, J., Coh, M. & Rozek-Piechura, K. (2020). The effect of respiratory muscle training on the pulmonary function, lung ventilation, and endurance performance of young soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 234. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010234>.

Novack, L.-F., de Souza, G.-C., Conde, J.-H.-S., de Souza, F.-O. & Osiecki, R. (2018). Quantification of match internal load and its relationship with physical fitness and recovery state of professional soccer athletes during the competitive period. *Human Movement*, 19(3), 30-37. <https://doi.org/10.5114/hm.2018.76077>.

Parodi-Feye, A. S., Cappuccio-Díaz, Á. D., & Magallanes-Mira, C. A. (2023). Effects of Inspiratory Muscle Training on Physiological Performance Variables in Women's Handball. *Journal of human kinetics*, 89, 101–112. <https://doi.org/10.5114/jhk/169366>

Rożek-Piechura, K., Kurzaj, M., Okrzymowska, P., Kucharski, W., Stodółka, J., & Maćkała, K. (2020). Influence of Inspiratory Muscle Training of Various Intensities on the Physical Performance of Long-Distance Runners. *Journal of human kinetics*, 75, 127–137. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0031>

Ren, Z., Guo, J., He, Y., Luo, Y., & Wu, H. (2025). Effects of Inspiratory Muscle Training on Respiratory Muscle Strength, Lactate Accumulation and Exercise Tolerance in Amateur Runners: A Randomized Controlled Trial. *Life*, 15(5), 705. <https://doi.org/10.3390/life15050705>

World Health Organization (WHO). (n.d.). *Body mass index (BMI)* (GHO). Disponível em WHO GHO BMI databases. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/body-mass-index>