

Universidade Metodista de Piracicaba

Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano

Efeitos do treinamento muscular respiratório sobre a força muscular inspiratória e desempenho de *endurance* de corredores recreacionais

**Felipe de Ornelas
2023**

Tese de Doutorado

Felipe de Ornelas

Efeitos do treinamento muscular respiratório sobre a força muscular inspiratória e desempenho de *endurance* de corredores recreacionais

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, da Universidade Metodista de Piracicaba, para obtenção do Título de Doutor em Ciências do Movimento Humano.

Orientadora: Profa. Dra. Marlene Aparecida Moreno

Piracicaba
2023

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP
Bibliotecária: Michelle Cristina de Oliveira - CRB-8/10810.

O74e Ornelas, Felipe de
Efeitos do treinamento muscular respiratório sobre a força muscular inspiratória e desempenho de endurance de corredores recreacionais / Felipe de Ornelas. -2023.
47 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Marlene Aparecida Moreno.
Tese (Doutorado) – Universidade Metodista de Piracicaba,
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – Piracicaba, 2023.

1. Treinamento Muscular Inspiratório. 2. Treinamento de Endurance. 3. Músculos Respiratórios. 4. Corrida. I. Ornelas, Felipe de. II. Título.

CDD – 613.7

RESUMO

Introdução: O objetivo de corredores é atingir determinada distância em menor tempo possível ou mais rápido do que os corredores que estão envolvidos na competição. Ao longo de uma situação competitiva as velocidades dos atletas variam de acordo com a estratégia de prova. O treinamento muscular inspiratório (TMI) apresenta uma melhora no desempenho específico na modalidade. **Objetivo:** Avaliar os efeitos do treinamento muscular inspiratório sobre o desempenho de *endurance* de corredores recreacionais, e verificar a correlação entre a pressão inspiratória máxima com a capacidade de *endurance*, além de quantificar a carga interna de treinamento (CIT). **Metodologia:** Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição e teve duração de 11 semanas, foi composto por seis sujeitos, os quais receberam o TMI durante 4 semanas. Durante a semana 1 foi realizada a avaliação inicial (AV1) da composição corporal, pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) e teste de 3000m individual (3km_{ind}). Entre a semana 2 e a semana 5 foram realizadas as sessões de treinamento específico da modalidade, sem o TMI, seguido da avaliação após esse período (AV2). Durante a semana 7 e a semana 10 foram realizadas as sessões de treinamento de *endurance* acrescidas das sessões de TMI, seguido da avaliação após o período com TMI (AV3), na semana 11. Antes de todas as avaliações os participantes foram instruídos a não realizar sessões de treinamentos extenuantes 72 horas prévias as avaliações. **Resultados:** Os principais achados do presente estudo mostraram aumento significativo da PI_{máx} para 2 sujeitos da AV1-AV2. Redução significativa do 3km_{ind} para 3 sujeitos da AV1-AV2 e de 1 sujeito na AV1-AV3. Tamanho de efeito significativo para análise da variância no teste de 3km_{ind} entre as velocidades durante a AV1, AV2 e AV3 da V_{inicial} para a V_{intermediária}. E correlação não significativa da PI_{máx} e 3km_{ind}. **Conclusão:** Os resultados do presente estudo, nas condições experimentais utilizadas, sugerem que quatro semanas de TMI, com carga de 30% da PI_{máx}, não promoveu melhora significativa no desempenho de 3km_{ind}, bem como não apresentou correlação significativa entre a PI_{máx} e o desempenho de 3km_{ind}, após o período de intervenção. Todos os participantes do estudo utilizaram-se de estratégia de prova parabólica com diferença significativa da V_{inicial} para a

$V_{intermediária}$ durante a AV1, AV2 e AV3 do 3km_{ind.}, no entanto após o período de TMI foi observada uma menor magnitude de mudança da $V_{inicial}$ para a $V_{intermediária}$, sugerindo que durante um evento competitivo, essa menor magnitude de mudança pode contribuir com a melhora do desempenho esportivo do atleta e/ou a posição na classificação geral.

Palavras-chaves: Treinamento muscular inspiratório, treinamento de *endurance*, músculos respiratórios, corrida.

ABSTRACT

Introduction: The goal of runners is to reach a certain distance in the least possible time or faster than the runners who are involved in competition. Throughout a competitive situation, the speeds of the athletes vary according to the race strategy. Inspiratory muscle training (IMT) improves specific performance in the modality. **Purpose:** To evaluate the effects of inspiratory muscle training on the endurance performance of recreational runners, and to verify the correlation between maximum inspiratory pressure and endurance capacity, in addition to quantifying the internal training load (ITL). **Methodology:** This study was approved by the Research Ethics Committee of the Institution and lasted 11 weeks, it was composed of six subjects, who received the IMT for 4 weeks. During week 1, the initial assessment (AV1) of body composition, maximum inspiratory pressure (IPmax) and individual 3000m test (3km_{ind}) were performed. Between week 2 and week 5, specific training sessions were performed for the modality, without the IMT, followed by the assessment after this period (AV2). During week 7 and week 10, endurance training sessions were performed with IMT sessions, followed by the assessment after the period with IMT (AV3), in week 11. Before all assessments, participants were instructed not to perform strenuous training sessions 72 hours prior to assessments. **Results:** The main findings of the present study showed a significant increase in MIP for 2 subjects from AV1-AV2. Significant reduction of 3km_{ind} for 3 subjects in AV1-AV2 and 1 subject in AV1-AV3. Significant effect size for analysis of variance in the 3km_{ind} test between velocities during AV1, AV2 and AV3 from V_{initial} to $V_{\text{intermediate}}$. And no significant correlation of MIP and 3km_{ind} . **Conclusion:** The results of the present study, under the experimental conditions used, suggest that four weeks of IMT, with a load of 30% of MIP, did not promote a significant improvement in the performance of 3km_{ind} , as well as no significant correlation between MIP and the performance of 3km_{ind} , after the intervention period. All study participants used a parabolic test strategy with a significant difference from V_{initial} to $V_{\text{intermediate}}$ during AV1, AV2 and AV3 of the 3km_{ind} . $V_{\text{intermediate}}$, suggesting that during a competitive event, this smaller magnitude of change

can contribute to the improvement of the athlete's sporting performance and/or position in the general classification.

Keywords: Inspiratory muscle training, endurance training, respiratory muscles, running.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo dom da vida e as oportunidades que me conduziram até este momento. Momento este que chegamos com saúde, entusiasmo, amor pelos estudos e agradecimento as pessoas que estiveram comigo, tornando essa conquista possível.

Agradecimento a orientadora Prof. Dra. Marlene Aparecida Moreno, pela confiança, amizade, conhecimento e respeito. Consideração, admiração e respeito do mais alto nível por todo o processo que me oportunizou, e pela profissional de referência que nos inspira constantemente.

Aos amigos Carla Ribeiro Feliciano e Tarcísio Feliciano, sendo grandes inspirações, companheiros e essenciais em todos os momentos. Grato pelo respeito e amizade que sempre tivemos.

As amigas e grandes incentivadoras desse processo de formação Raquel Vaini Barczysszyn, Nathália Suzanne Fidencio Alves, Suzanni Pereira Carvalho, Roberta Elaine Fernandes, Rebecca Garcia, Andressa da Silva Bosso, Beatriz S. de Moraes e Renata F. Campos obrigado por constantemente se fazerem presentes e contribuírem com todo o processo diariamente, juntamente com seus respectivos familiares que me recebem muito bem em todos os momentos.

Agradecimento ao amigo e Prof. Dr. Charles Ricardo Lopes por compartilhar seu conhecimento, e pela amizade e respeito que construímos durante o processo.

Ao Prof. Dr. Tiago Volpi Braz por toda a oportunidade e amizade desde a graduação em Educação Física.

Ao amigo e Prof. Ms. Evandro Murer pela amizade e oportunidades construída durante o processo de formação profissional e pessoal. A Kelly Cristina dos Santos Berni pelo respeito, amizade e bons conselhos constantes.

Aos familiares Roseli Cardozo de Ornelas (mãe), Maria Aparecida Guimarães de Ornelas (vó), João Cardozo de Ornelas (vô), Lucas de Ornelas Salles (primo), Alberto Ferreira Aquino (padrinho), Expedito Manoel Salles (tio),

Katia Gabriele de Ornelas (irmã), Natália Ornelas Aquino (prima), Suely Aparecida de Ornelas Aquino (madrinha), Alberto Ferreira Aquino Filho (primo), Leonardo Trevisan (cunhado), Allan Ferreira Fечи (amigo), Genessi (tia) e José Aparecido de Ornelas (tio).

Aos professores e amigos do PPG-CMH (Unimep) e da instituição de graduação (FAM), por todo o conhecimento compartilhado durante os anos de formação, e oportunidades. Respeito e admiração por todos vocês.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Brasil.

SUMÁRIO

Introdução	12
Objetivos	17
Materiais e métodos	18
Desenho do estudo	18
Avaliação antropométrica e composição corporal	19
Pressão inspiratória máxima	20
Teste de 3km individual (3km _{IND})	21
Treinamento muscular inspiratório	22
Carga externa de treinamento	23
Carga interna de treinamento	23
Análise estatística	24
Resultados	26
Discussão	40
Conclusão	44
Referências	45

LISTA DE ABREVIações

3km_{ind} = 3000m individual

5'-5' = aquecimento 5 minutos em velocidade confortável com 5 minutos de descanso passivo

AV1 = avaliação inicial

AV2 = avaliação sem treinamento muscular inspiratório

AV3 = avaliação com treinamento muscular inspiratório

CET = Carga externa de treinamento

CIT = Carga interna de treinamento

cmH₂O = centímetros de água

EC = Economia de corrida

EP = Estratégia de prova

FC = Frequência cardíaca

FMI = Força muscular inspiratória

Lac = Lactato

Km/h = quilômetros por hora.

m = metros

MDD = mínima diferença detectável

Ms² = milissegundos quadrados

PE_{máx} = pressão expiratória máxima

PI_{máx} = pressão inspiratória máxima

PSE = percepção subjetiva de esforço

rMSSD = *root mean squared of successive difference of intervals* (raiz quadrada da média dos intervalos RR adjacentes normais)

TMI = treinamento muscular inspiratório

V_{0-400m} = velocidade inicial

V_{400-2600m} = velocidade intermediária

V_{2600-3000m} = velocidade final

$VO_2\text{máx}$ = consumo máximo de oxigênio

$\Delta\%$ AV1-AV2= diferença percentual entre avaliação inicial e avaliação sem intervenção

$\Delta\%$ AV2-AV3= diferença percentual entre avaliação sem intervenção e avaliação pós-intervenção

$\Delta\%$ AV1-AV3= diferença percentual entre avaliação inicial e avaliação pós-intervenção; ms^2 = milissegundos quadrado

1. INTRODUÇÃO

O objetivo de corredores é atingir determinada distância em menor tempo possível ou mais rápido do que os demais corredores que estão envolvidos na competição (BARNES, KILDING, 2014). Ao longo de uma situação competitiva as velocidades dos atletas variam de acordo com a estratégia de prova (EP) (JEUKENDRUP et al., 1996). A EP é comumente definida pela maneira que os atletas distribuem a velocidade e o gasto energético ao longo da competição (ABBISS, LAURSEN, 2008), tendo como objetivo principal maximizar a *performance* e evitar o surgimento de fadiga (DE KONING et al., 2011). Entre as variáveis fisiológicas que contribuem para o desempenho de atletas que praticam modalidades de *endurance* estão o lactato (Lac), consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) e frequência cardíaca (FC) (BOURDON et al., 2017). Segundo Larsen e Sheel (2015), a capacidade de sustentar alta porcentagem de VO_2 é um preditor de *performance* de *endurance*, sendo o mesmo definido como economia de corrida (EC).

De acordo com Foster (2007), a EC é um fator determinante para o sucesso nas modalidades de corrida, sendo o mesmo a capacidade de se manter constante em uma determinada intensidade submáxima sem diminuição da *performance*. Fatores como treinamento de corrida, ambiente, flexibilidade, nutrição e treinamento de força, são estratégias para poder melhorar a EC (BARNES, KILDING, 2014).

Técnicos e atletas constantemente buscam informações sobre a manipulação das variáveis de treinamento para obter melhor desempenho durante uma competição (NUUTTILA et al., 2017). Seiler e Kjerland (2006) analisaram 318 sessões de treinamento de 12 atletas de elite da modalidade *ski cross-country*, e verificaram que as diferentes zonas de intensidades apresentaram maior porcentagem de volume em baixa intensidade, seguido de alta e moderada intensidade. As intensidades observadas foram representadas pela frequência cardíaca (FC), percepção subjetiva de esforço (PSE) e Lac sanguíneo. Enoksen et al. (2011) observaram maior volume de treinamento de baixa intensidade em modalidade de longas distâncias, sendo que para atletas

maratonistas, a distância média percorrida durante o período preparatório foi desenvolvida em $83,6 \pm 4,0\%$ ($156,2 \pm 21$ km) e $76,4 \pm 1,6\%$ (123 ± 11 km) para atletas de 5 km.

De acordo com Issurin (2010), os diferentes períodos do treinamento desportivo têm como características as fases do treinamento, objetivos, quantidade e qualidade do treinamento, além da sua duração. O processo de treinamento envolve a interação entre as características individuais e a carga externa de treinamento (CET), tanto em sua organização quanto em sua qualidade e quantidade, resultando na carga interna de treinamento (CIT) que pode ser verificada por meio de avaliações fisiológicas (IMPELLIZZERI et al., 2005; IMPELLIZZERI et al., 2019). Para Impellizzeri et al. (2019) a CIT interfere diretamente na CET das sessões de treinamento, devido as alterações nos fatores não modificáveis, como por exemplo, mudanças em estado de treinamento, saúde, variáveis fisiológicas, entre outros.

Os fatores não modificáveis não são valores fixos, portanto, podem ocasionar diferentes respostas após os atletas realizarem as CET (IMPELLIZZERI et al., 2019). Vale destacar a importância monitoramento de treinamento pode ser utilizado para determinar volume e intensidade das sessões de treinamento (VESTERINEN et al., 2016). De acordo com Vesterinen et al. (2016) o monitoramento de treinamento é facilmente executado por medidas não-invasivas como gps, monitores cardíacos, CIT e CET e podem indicar as adaptações relacionadas ao treinamento como a presença de fadiga muscular ou melhora do desempenho específico da modalidade. O resultado das sessões de treinamento está associado a síndrome geral da adaptação (KOOLHAAS et al., 2011), na qual após ser induzido a CET ocorre uma redução da capacidade de trabalho e após uma condição chamada de supercompensação, ocorreria um processo de retomada da capacidade de trabalho, semelhante ou superior a antes do estímulo induzido (ISSURIN, 2010). De acordo com Kiely (2017), o estresse fisiológico é uma resposta não específica do corpo para alguma demanda necessária.

Em relação a limitação do desempenho físico, tradicionalmente é direcionada a fatores fisiológicos periféricos, mais especificamente a capacidade metabólica muscular (McMANUS e ARMSTRONG, 2011). Contudo, a partir de estudos desenvolvidos no final do século XX e início do século XXI, pesquisadores passaram a inferir que o aumento do trabalho dos músculos inspiratórios, observado durante a prática de exercícios físicos, possa gerar uma resposta reflexa que culmina no redirecionamento do fluxo sanguíneo dos músculos periféricos em atividade aos músculos inspiratórios (St CROIX et al., 2000; HARMS et al., 2000; SHEEL et al., 2001). Além disso, foi observada relação entre a ação dos músculos respiratórios e os gestos esportivos (TONG et al., 2014), referindo-se a direta atuação dessa musculatura na estabilização do tronco e no desempenho atlético. A melhora do desempenho atlético está relacionada a dupla tarefa mecânica da musculatura inspiratória, em que a estabilidade da região do tronco induziria a melhor qualidade e controle do movimento, devido a melhora do controle motor, força central e força sistêmica (HIBBS et al., 2008).

Especificamente sobre o gesto esportivo da corrida, Tong et al. (2014) avaliaram a relação entre a musculatura estabilizadora do tronco e a capacidade de resistência em alta intensidade e observaram que a fadiga induzida à musculatura estabilizadora do tronco previamente ao exercício, influenciou negativamente a capacidade de resistência dos atletas, mostrando alta correlação da fadiga muscular inspiratória com a diminuição da função dos músculos estabilizadores do tronco, sendo estes, apontados como fatores limitantes para o desempenho dos corredores. Segundo Willardson (2007), quanto maior for o controle do indivíduo sobre o posicionamento e a movimentação do tronco sobre a pelve, maior será a possibilidade de controle e força do segmento terminal, gerando uma base maior para a produção e desenvolvimento de forças na parte distal dos membros.

Além do seu envolvimento direto com as ações motoras esportivas, a musculatura do tronco possui um papel fundamental no processo respiratório, principalmente pela ação do diafragma. Durante exercícios intensos, ocorre a exigência de um elevado nível do trabalho muscular respiratório, necessário

para suprir a manutenção da oferta de oxigênio requerida pelo organismo, sendo que, a fadiga dos músculos inspiratórios pode ser induzida ao longo do incremento do exercício, gerando implicações diretamente relacionadas ao desempenho físico (ROMER; POLKEY, 2008).

Apesar das características morfológicas (composto prioritariamente por fibras musculares do tipo I e IIa) e anatômicas (alta densidade vascular) que conferem alta capacidade oxidativa e de resistência a fadiga ao músculo diafragma, durante a prática prolongada de exercícios físicos intensos, pode-se observar a fadiga desta musculatura (JOHNSON et al., 1993; REID e DECHMAN, 1995). O aumento do trabalho, e conseqüentemente a fadiga desta musculatura durante prática de exercícios físicos, está relacionado com a exacerbação da sensação de dispneia e aumento da resposta do metaborreflexo muscular inspiratório (St CROIX et al., 2000; DEMPSEY et al., 2006).

A ativação do metaborreflexo acontece, inicialmente, pelo estímulo das fibras nervosas aferentes mielinizadas e mecanossensíveis do tipo III e, posteriormente, pelas fibras nervosas aferentes não-mielinizadas e quimiossensíveis do tipo IV, presentes em todo e qualquer músculo esquelético. Essa ativação tem a intenção de aumentar o fluxo sanguíneo local desde o início da atividade física a fim de suprir as demandas metabólicas geradas pelo exercício (St CROIX et al., 2000).

Diante desse conceito, pesquisadores observaram que o aumento do trabalho da musculatura inspiratória também é capaz de gerar a exacerbação da atividade metaborreflexa, fazendo com que parte do volume sanguíneo destinado aos músculos periféricos dos membros em atividade seja redirecionado aos músculos inspiratórios, principalmente ao diafragma, por meio do aumento da resposta simpática vasoconstritora periférica associada a vasodilatação focalizada aos músculos inspiratórios. Nesse sentido, o aumento da resposta metaborreflexa inspiratória é capaz de gerar uma redução de até 15% do VO_2 máx durante um teste de esforço físico (AARON et al., 1992; St CROIX et al., 2000; DEMPSEY et al., 2006).

Com base neste mecanismo, a menor oferta de sangue, e conseqüente menor oferta de oxigênio (O_2) à musculatura esquelética em atividade, gera alteração da via metabólica essencial para produção de energia àquele tipo de esforço físico. Tal fato resulta em queda do rendimento desses músculos pela exacerbação do desequilíbrio ácido-básico, gerado, principalmente, pelo acúmulo de íons de hidrogênio (H^+) e moléculas de dióxido de carbono (CO_2) oriundos do processo de contração muscular (HARMS et al, 2000; St. CROIX et al., 2000).

Dentre as respostas fisiológicas, Dempsey et al. (2005) destacam a resposta ventilatória para exercícios de *endurance* de alta intensidade, no qual a alta quantidade de energia somada a demanda circulatória para sustentar a hiperventilação, resultaria no metaboreflexo dos músculos respiratórios ativados, devido a fadiga da musculatura acessória e do diafragma, tendo como conseqüência a vasoconstrição dos músculos locomotores e redução do desempenho de *endurance*. HajGhanbari et al. (2013) observaram em revisão sistemática, uma melhora no desempenho específico na modalidade, após treinamento muscular inspiratório em atletas de elite e corredores recreacionais com duração de 4-6 semanas, com frequência semanal de 3-5 dias e 30-36 respirações, com intensidade de aproximadamente 50-80%.

Pelo exposto, a utilização de uma abordagem de treinamento que exerça benefícios para a melhora da força e resistência muscular respiratória, minimizando a fadiga muscular inspiratória, bem como, exerça influência sobre a função da musculatura do tronco parece ser importante (McCONNELL, 2011). Assim, tivemos como hipótese que o TMI melhore a força muscular inspiratória (FMI) e o desempenho de *endurance* de corredores recreacionais.

2. OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar os efeitos de quatro semanas do treinamento muscular respiratório sobre a força muscular inspiratória e desempenho de *endurance* de corredores recreacionais.

Objetivos específicos

- Avaliar a correlação entre pressão inspiratória máxima e desempenho de *endurance* pelo teste de 3.000m (3km_{ind})
- Verificar a melhora do *pacing*
- Quantificar a carga interna de treinamento

MATERIAIS E MÉTODOS

DESENHO DO ESTUDO

Foi usado um desenho experimental de sujeito único, com uma linha de base (A) e uma fase de tratamento (B). Com esse desenho, as medidas individuais foram realizadas para cada sujeito, onde cada um é seu controle e não há comparação entre eles. A seleção dos voluntários foi feita por convite formal através de amostra por conveniência, onde pessoalmente foram convidados através de explicação prévia dos procedimentos do estudo, no próprio local de treinamento do praticante.

O estudo iniciou com oito participantes (Mickleborough et al., 2010), no entanto dois foram descontinuados por interrupção do treinamento, assim, concluíram o presente estudo seis corredores de ambos os sexos, sendo três do sexo masculino e três do sexo feminino. Os voluntários eram de diferentes equipes, tinham experiência de no mínimo três anos na modalidade de corrida na distância de 5000 metros, que não realizavam outro tipo de treinamento físico ou esporte, com idade entre 18 e 45 anos, frequência mínima de quatro sessões de treinamento por semana na modalidade, sem presença de doença osteomioarticulares, cardiorrespiratórias e metabólicas, e sem experiência no TMI. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba (protocolo 81/16).

Foram excluídos das análises os indivíduos que não completaram uma frequência mínima de quatro sessões de treinamento por semana na modalidade, não completaram 80% do TMI, não realizaram as respectivas avaliações, e os que não concordaram em assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

O estudo teve duração de 11 semanas, e os sujeitos realizaram o TMI durante quatro semanas. Durante a semana 1 foi realizada a avaliação inicial (AV1) da composição corporal, pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) e teste de 3000m individual (3km_{ind}). Entre a semana 2 e a semana 5 os sujeitos mantiveram o treinamento de corrida habitual, sem o TMI, seguido da avaliação após período sem TMI (AV2). Durante a semana 7 e a semana 10, foi mantido

o treinamento de corrida habitual acrescidas as sessões de TMI, seguido da avaliação após esse período de treinamento (AV3), na semana 11 (Figura 2). Antes de todas as avaliações os participantes foram instruídos a não realizar sessões de treinamentos extenuantes 72 horas prévias às avaliações.

Durante o primeiro dia de testes foi avaliada a composição corporal, a $\dot{V}O_{2\max}$ e na sequência foi realizado um aquecimento de 5 minutos em velocidade confortável com 5 minutos de descanso passivo (5'-5'), seguido do 3km_{ind} em que o voluntário tinha que realizar o percurso na pista oficial de atletismo no menor tempo possível. Durante o período do estudo foi monitorada a CET, mensurada pelo volume da sessão de treinamento.

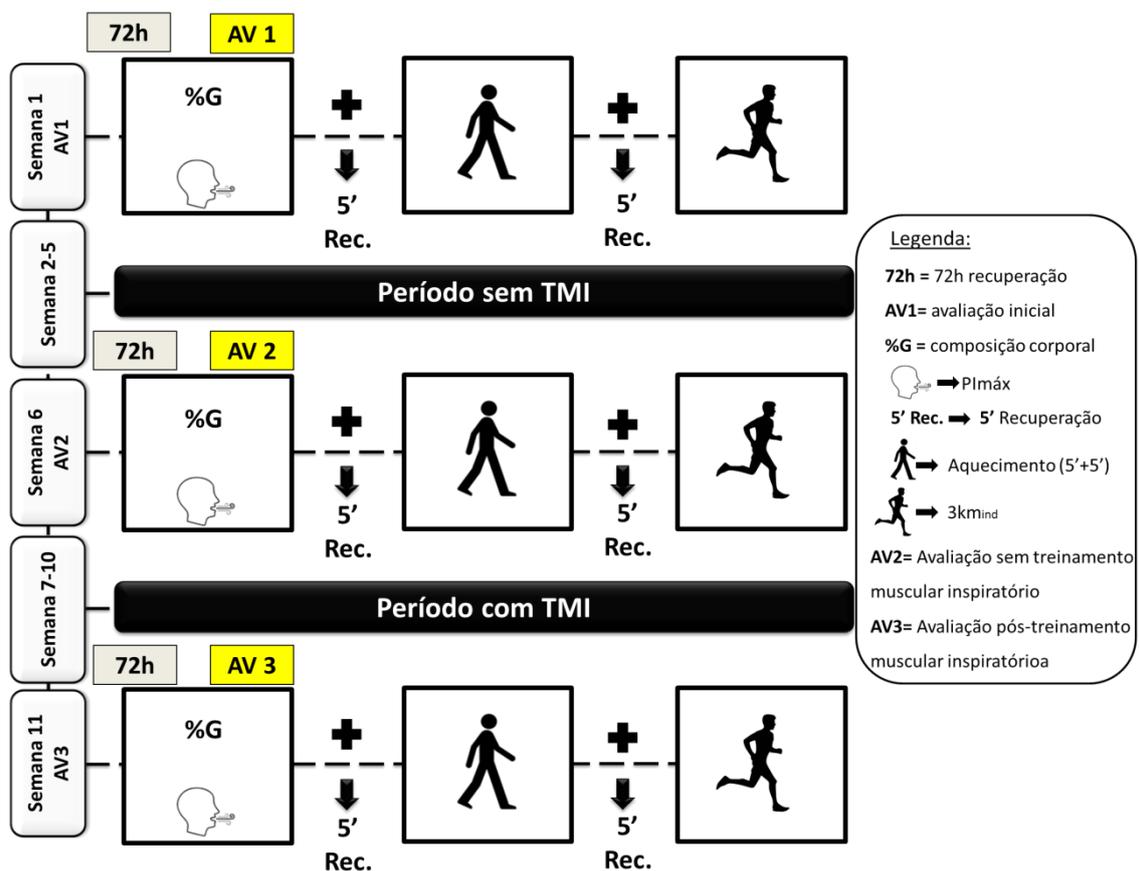


Figura 1. Desenho do estudo

Avaliação antropométrica e composição corporal

A composição corporal dos atletas foi avaliada pela aferição dos parâmetros de massa corporal em quilogramas (kg) estatura em metros (m).

Para o cálculo da densidade corporal foi considerada a equação de Jackson e Pollock (1978), utilizando a soma das 7 dobras cutâneas sendo as dobras tricipital, peitoral, subescapular, abdominal, suprailíaca e coxa, aferidas em milímetros (mm), sendo o percentual de gordura obtido mediante a equação de Siri (1961), através de um adipômetro científico (SANNY).

Pressão inspiratória máxima

A avaliação da pressão inspiratória máxima (P_{Imáx}) foi realizada utilizando-se um manovacuômetro escalonado em cmH₂O (\pm 300 cmH₂O; GER-AR, São Paulo, SP, Brasil), no qual a P_{Imáx} foi medida a partir do volume residual. Os voluntários permaneceram sentados em uma cadeira, usando um clipe nasal e um bocal de plástico rígido. Um pequeno vazamento de ar foi introduzido entre a oclusão e a boca para evitar o fechamento glótico. O esforço inspiratório foi mantido por pelo menos 1 segundo (Figura 2). As medições foram feitas por um pesquisador com experiência. Os participantes realizaram no mínimo cinco respirações máximas, sendo três delas aceitáveis e duas reprodutíveis, sendo o maior valor alcançado registrado para posterior análise. Foi utilizado um intervalo de 1 minuto entre os esforços (HARTZ et al., 2018).



Figura 2. Ilustração de um voluntário realizando a medida da pressão inspiratória máxima (P_{Imax}).

Teste de 3km individual ($3km_{IND}$)

O $3km_{IND}$ foi realizado no período da manhã entre 7:00h e 10:00h e todos os voluntários receberam a instrução verbal para correrem como se estivessem em um evento competitivo, portanto deveriam correr o mais rápido possível para completar os $3km_{IND}$. Os voluntários se posicionaram na pista e após o sinal sonoro iniciaram o teste. Durante os $3km_{IND}$ foi anotado, manualmente, o tempo a cada 100m em segundos, totalizando 30 anotações (TOMAZINI et al., 2015) (Figura 3).

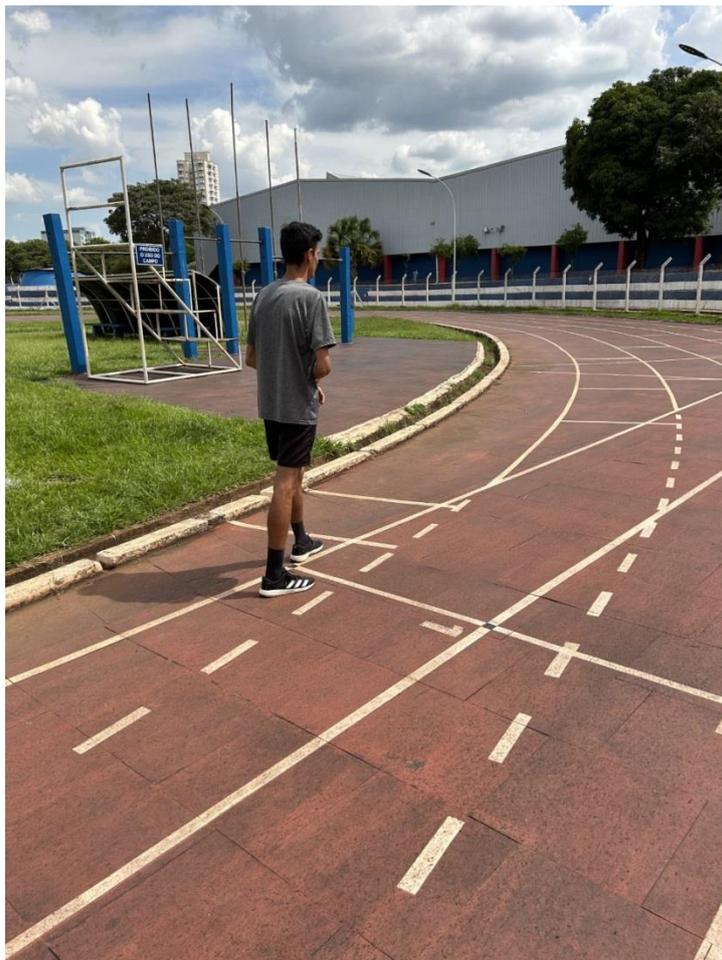


Figura 3. Ilustração de um voluntário preparado para iniciar o teste dos três quilômetros individual (3km_{ind}).

Treinamento muscular inspiratório

Durante todos os períodos do estudo os participantes mantiveram a sua rotina de treinamento na modalidade sem que tivesse ocorrido alterações na programação dos treinadores de cada atleta. O TMI teve duração de 4 semanas e foi realizado após 6 semanas do início do estudo, entre a semana 7 e a semana 10, após o período de treinamento sem intervenção com o TMI. O TMI foi realizado por um exercitador muscular inspiratório (modelo POWERbreathe - Plus Heavy Resistance Sports), antes de todas as sessões de treinamento específico da modalidade, com o seguinte protocolo: período de 4 semanas com frequência semanal de 3 dias, 30 inspirações, com intensidade de 30% da $PI_{\text{máx}}$ (Mickleborough et al., 2010). Para garantir a

carga durante o TMI, foi realizado ajuste semanal para manter a intensidade em 30% da $P_{Im\acute{a}x}$, com os valores de pressão inspirat3ria m3xima sendo reavaliados semanalmente, utilizando-se o mesmo protocolo descrito na avalia33o, durante o primeiro dia de sess3o da semana. Todos os participantes realizaram os respectivos volumes de treinamento espec3fico para a modalidade durante do protocolo TMI (Figura 4).



Figura 4. Ilustra33o de um volunt3rio realizando treinamento muscular inspirat3rio.

Carga de treinamento semanal

Carga externa de treinamento

A carga externa de treinamento (CET) foi monitorada pelo volume total treinado durante os per3odos sem e com interven33o (BOURDON et al., 2017).

O monitoramento do volume de treinamento foi acompanhado por intermédio da plataforma Strava.

Carga interna de treinamento

Training Impulse (TRIMP)

A carga interna de treinamento (CIT) foi calculada através do TRIMP (BANISTER e HAMILTON, 1985), sendo monitorado e incluído a duração de cada zona de treinamento pelo tempo acumulado em cada zona multiplicado pelo valor da mesma. Os dados foram separados em 5 zonas de intensidade relativas a frequência cardíaca máxima (FC_{máx}) para determinar a o TRIMP sendo a zona 1 (Z1) correspondente a 50 a 60% da FC_{máx}, zona 2 (Z2) entre 60 a 70% da FC_{máx}, zona 3 (Z3) de 70 a 80% da FC_{máx}, zona 4 (Z4) representando 80 a 90% da FC_{máx} e zona 5 (Z5) de 90 a 100% da FC_{máx}. Os valores atribuídos foram 1 pontos para Z1, 2 pontos para Z2, 3 pontos para Z3, 4 pontos para Z4 e 5 pontos para Z5.

Análise estatística

Os dados descritivos foram apresentados em média \pm desvio padrão. A normalidade e homogeneidade da variância dos dados foram verificadas pela inspeção visual da frequência do histograma, seguido do teste de Shapiro-Wilk. Para análise individual de desempenho no 3km_{ind} foi utilizado o método de 2 bandas de desvio padrão, sendo considerada a diferença significativa o valor referente a 2 desvios padrão do momento A para o momento B (BERNHARDSSON et al., 2011). Para a comparação da média dos efeitos do treinamento muscular inspiratório na 3km_{ind} e PImáx foi utilizado o teste t de *student* pareado. A magnitude das diferenças foi examinada utilizando a diferença padronizada, baseada nas unidades de Cohen *d pooled* pela média do tamanho de efeito (*d*). Os resultados de *d* foram qualitativamente interpretados usando os seguintes limiares: trivial (<0,2), pequeno (0,2-0,6), moderado (0,6-1,2), grande (1,2-2,0), muito grande (2,0-4,0), quase perfeito (>4,0) (Hopkins et al., 2009). A mínima diferença detectável (MDD) baseado em

um pequeno efeito padronizado pelo princípio do tamanho do efeito de Cohen foi verificada através multiplicação do DP entre os sujeitos por 0,2. Os limiares da MDD foram representados por trivial (<0,2), pequeno (0,2), moderado (0,6), grande (1,2) e muito grande (2,0), significando que qualquer mudança pode ser considerada trivial (<1x), pequena (1x), moderada (3x), grande (6x), muito grande (10x) (Buchheit, 2016). Foi utilizada a análise de variância (ANOVA) medidas repetidas 2 fatores para comparar os dados de carga de treinamento (velocidades x condição). ANOVA foi seguida pelo *post hoc* de Bonferroni para determinar a diferença significativa. Assumiu-se a esfericidade avaliada usando o teste de Mauchly. O fator de correção de Greenhouse-Geisser foi aplicado quando a esfericidade fosse violada ($P < 0,05$). O tamanho do efeito foi avaliado usando o eta parcial quadrado (η^2_p), sendo <0,06; 0,06-0,14 e >0,14 indicando efeito pequeno, médio e grande, respectivamente. O Coeficiente de Correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a relação entre Pl_{\max} e Capacidade de *endurance* ($3km_{ind}$), sendo adotado os seguintes limiares: trivial (<0,1), pequeno (>0,1-0,3), moderado (>0,3-0,5), grande (>0,5-0,7), muito grande (>0,7-0,9), quase perfeito (>0,9) (Hopkins et al., 2009). Os dados foram analisados pelo software SPSS versão 22, sendo adotado o valor de significância de 5%.

3. RESULTADOS

Os dados descritivos dos participantes, nos três momentos de avaliação do estudo estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Dados descritivos dos voluntários apresentado em média \pm desvio padrão.

	AV1	AV2	AV3
N	6	6	6
Sexo feminino	S3, S4, S6	S3, S4, S6	S3, S4, S6
Sexo masculino	S1, S2, S5	S1, S2, S5	S1, S2, S5
Idade (anos)	30,17 \pm 7,03	30,17 \pm 7,03	30,17 \pm 7,03
Estatura (m)	1,72 \pm 0,06	1,72 \pm 0,06	1,72 \pm 0,06
Massa corporal (Kg)	72,25 \pm 15,24	71,88 \pm 14,60	71,28 \pm 14,49
Percentual de gordura (%)	13,22 \pm 4,54	12,93 \pm 4,41	12,76 \pm 4,26

Legenda: AV1= avaliação inicial; AV2= avaliação sem intervenção; AV3= avaliação pós-intervenção; N= quantidade de participantes; S1, S2, S3, S4, S5 e S6= sujeitos 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Na tabela 2 estão apresentados os resultados em média \pm desvio padrão referentes a $PI_{m\acute{a}x}$ e $3km_{ind}$ durante a AV1, AV2 e AV3, onde não foram observadas diferenças significativas entre elas. Em relação aos resultados da diferença percentual, observou-se maiores diferenças da $PI_{m\acute{a}x}$ entre AV2-AV3 e entre AV1-AV3 e para o $3 K_{mind}$ não foram observadas diferenças percentuais importantes.

Tabela 2. Resultado das comparações entre as três avaliações. Valores em média \pm DP e em delta percentual.

	AV1	AV2	AV3	$\Delta\%$ AV1- AV2	$\Delta\%$ AV2- AV3	$\Delta\%$ AV1- AV3
$PI_{m\acute{a}x}$ (cmH ₂ O)	139,83 \pm 26,75	139,33 \pm 23,44	167,17 \pm 87,62	-0,36	19,98	19,55
$3 km_{ind}$ (km/h)	13,91 \pm 2,67	13,38 \pm 2,35	13,97 \pm 2,48	-3,79	4,39	0,43

Legenda: AV1= avaliação inicial; AV2= avaliação sem intervenção; AV3= avaliação pós-intervenção; $PI_{m\acute{a}x}$ = Pressão Inspiratória Máxima; $3km_{ind}$ = Teste 3000m individual; $\Delta\%$ AV1-AV2= diferença percentual entre avaliação inicial e avaliação sem intervenção; $\Delta\%$ AV2-AV3= diferença percentual entre avaliação sem intervenção e avaliação pós-intervenção; $\Delta\%$ AV1-AV3= diferença percentual entre avaliação inicial e avaliação pós-intervenção; cmH₂O= centímetros de água; km/h= quilômetros por hora.

Na figura 5 estão apresentados os resultados de P_{imáx} por sujeitos, referentes aos valores obtidos na linha de base (A) e período de intervenção (B), onde foi observado aumento significativo para o sujeito 3 (S3) e sujeito 4 (S4) na AV2 quando comparados com a AV1, e redução significativa para o sujeito 2 (S2) e sujeito 6 (S6) na AV2 quando comparados com a AV1.

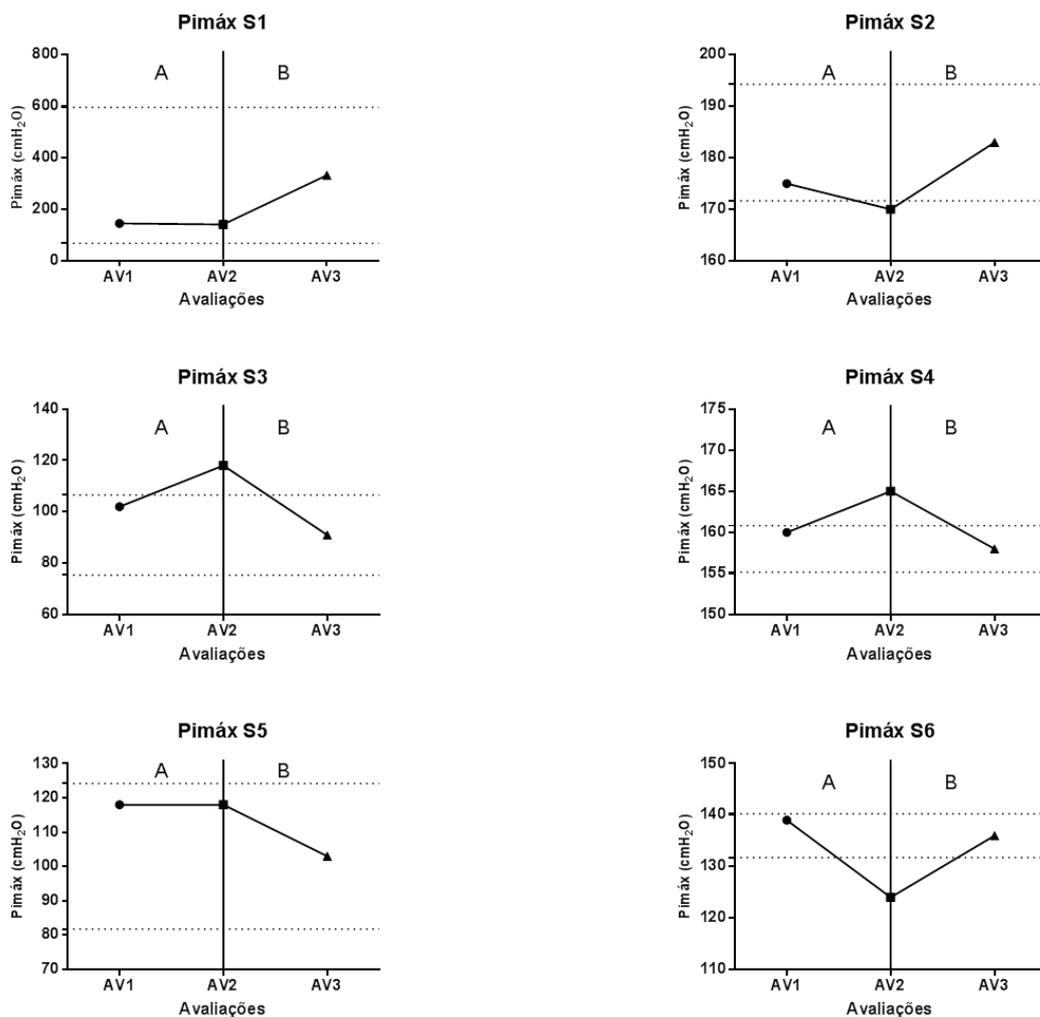


Figura 5. Análise individual da pressão inspiratória máxima (P_{imáx}), durante avaliação inicial (AV1), a avaliação sem intervenção (AV2) e avaliação após intervenção (AV3).

Legenda: A representa o período sem o treinamento muscular inspiratório (TMI). B representa o período com TMI. Círculo escuro representa o valor de pressão inspiratória máxima (P_{imáx}) na AV1. Quadrado escuro representa o valor de P_{imáx} na AV2. Triângulo escuro representa o valor P_{imáx} na AV3. Linha pontilhada horizontal representa 2 desvios padrão da média do P_{imáx}. Linha contínua vertical representa a divisão entre os períodos A e B. S1: representa os resultados da P_{imáx} do sujeito 1. S2: representa os resultados da P_{imáx} do sujeito 2. S3: representa os resultados da P_{imáx} do sujeito 3. S4: representa os resultados da P_{imáx} do sujeito 4. S5: representa os resultados da P_{imáx} do sujeito 5. S6: representa os resultados da P_{imáx} do sujeito 6.

Na figura 6 estão apresentados os resultados de velocidade média do 3km_{ind} por sujeitos referentes aos valores obtidos na linha de base (A) e período de intervenção (B), onde foi observado aumento significativo somente para o sujeito 3 (S3) na AV2 quando comparada com a AV1, e redução significativa para o sujeito 1 (S1), sujeito 4 (S4) e sujeito 6 (S6) na AV2 quando comparados a AV1. Já na AV3 a redução foi observada somente para o sujeito 1 (S1) quando comparado com a AV1.

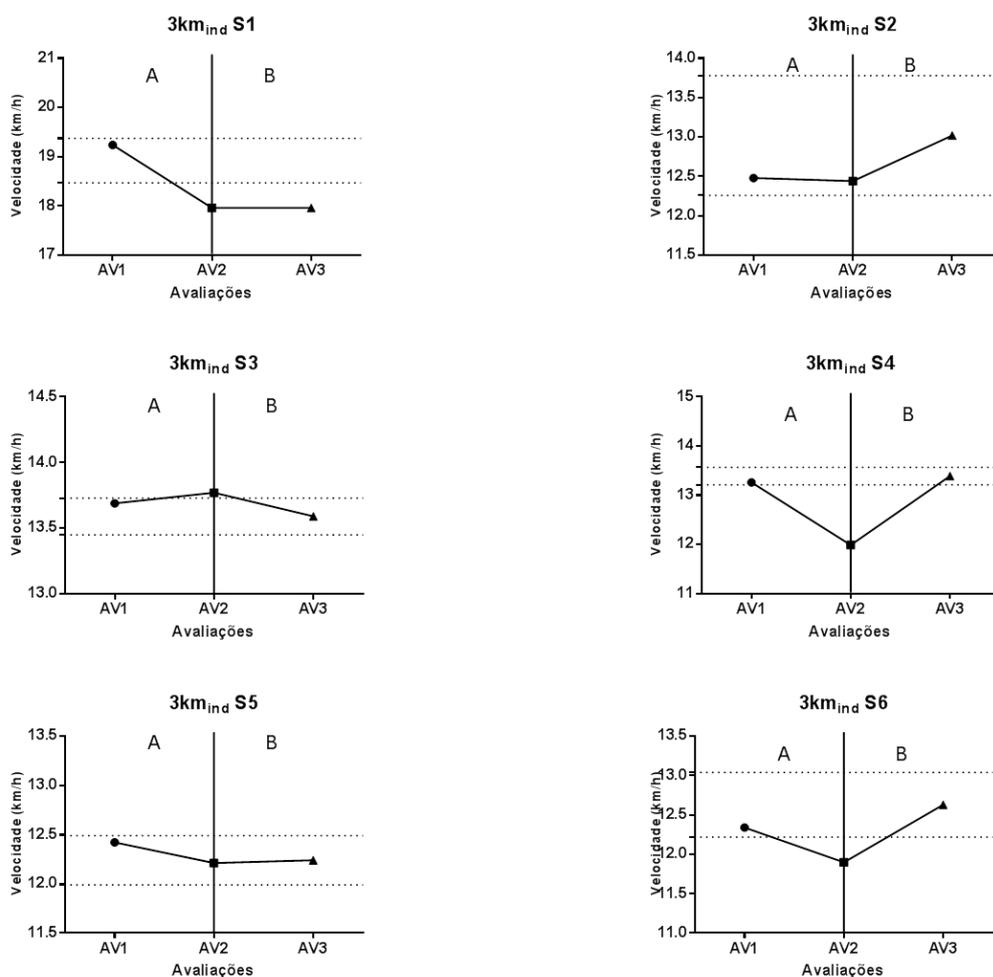


Figura 6. Análise individual do teste de 3000m individual (3km_{ind}), durante avaliação inicial (AV1), a avaliação sem intervenção (AV2) e avaliação após intervenção (AV3).

Legenda: A representa o período sem o treinamento muscular inspiratório (TMI). B representa o período com TMI. Círculo escuro representa o valor do 3km_{ind} na AV1. Quadrado escuro representa o valor do 3km_{ind} na AV2. Triângulo escuro representa o valor do 3km_{ind} na AV3. Linha pontilhada horizontal representa 2 desvios padrão da média do 3km_{ind} . Linha contínua vertical representa a divisão entre os períodos A e B. S1: representa os resultados do 3km_{ind} do sujeito 1. S2: representa os resultados do 3km_{ind} do sujeito 2. S3: representa os resultados do

3km_{ind} do sujeito 3. S4: representa os resultados do 3km_{ind} do sujeito 4. S5: representa os resultados do 3km_{ind} do sujeito 5. S6: representa os resultados do 3km_{ind} do sujeito 6.

Na análise do tamanho de efeito dos sujeitos estudados, foi observado um tamanho de efeito quase perfeito para a variável PImáx entre AV1-AV2, AV2-AV3 e AV1-AV3, enquanto a variável 3 km_{ind} apresentou tamanho de efeito grande entre AV1-AV2, AV2-AV3 e AV1-AV3 (Tabela 3).

Tabela 3. Tamanho de efeito das variáveis PImáx e 3km_{ind} comparadas entre as avaliações.

	AV1-AV2		AV2-AV3		AV1-AV3	
	TE	Classificação	TE	Classificação	TE	Classificação
PImáx	>4,00	Quase perfeito	4,00	Quase perfeito	>4,00	Quase perfeito
3 km _{ind} (km/h)	1,78	grande	1,71	grande	1,82	grande

Legenda: TE= tamanho de efeito; PImáx= pressão inspiratória máxima; 3km_{ind}= Teste 3000m individual; AV1-AV2= período entre avaliação inicial e avaliação sem intervenção; AV2-AV3= período avaliação sem intervenção e avaliação pós-intervenção; AV1-AV3= período entre avaliação inicial e avaliação pós-intervenção; km/h= quilômetros por hora.

Os resultados de CET e CIT entre os períodos A e B estão apresentados na tabela 4, onde não se observou diferença significativa do período A para o período B, apesar de maior CET e CIT durante o período A.

Tabela 4. Resultado da CET e CIT das comparações entre as três avaliações. Valores em média ± DP e em delta absoluto e percentual.

	AV1-AV2	AV2-AV3	Δ absoluto	Δ %	p
CET (km)	75,33 ± 57,35	67,87 ± 40,57	-7,47	-9,91	0,331
CIT (u.a.)	1934,83 ± 466,50	1849,54 ± 272,60	-85,29	-4,41	0,512

Legenda: CET= carga externa de treinamento; CIT= carga interna de treinamento; AV1-AV2= período entre avaliação inicial e avaliação sem intervenção; AV2-AV3= período avaliação sem intervenção e avaliação pós-intervenção; Δ absoluto = diferença absoluta; Δ%= diferença percentual.

A figura 7 representa o volume de treinamento em cada zona de treinamento durante a linha de base (figura 7.A) e no período com intervenção (figura 7.B), sendo observado em ambas as condições, maior volume de treinamento na Z4.

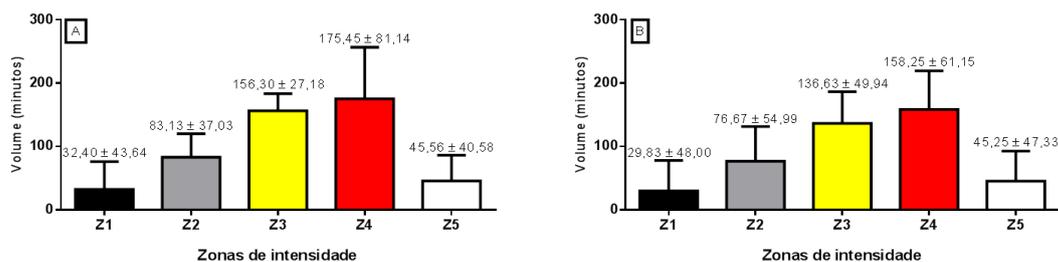


Figura 7. Volume de treinamento em cada zona de treinamento. Valores apresentados em média \pm desvio padrão, durante a linha de base (A) e durante o período de treinamento (B).

Legenda: A= linha de base; B= período com intervenção; barra escura Z1= zona 1 correspondente a 50 a 60% da FCmáx, barra cinza Z2= zona 2 correspondente a 60 a 70% da FCmax; barra amarela Z3= zona 3 correspondente a 70 a 80% da FCmax; barra vermelha Z4= zona 4 correspondente a 80 a 90% da FCmax; barra sem preenchimento Z5= zona 5 correspondente a 90 a 100% da FCmax.

A tabela 5 apresenta os valores absolutos do volume de treinamento em minutos por zona de intensidade durante o período de intervenção sem TMI, e a tabela 6 apresenta os valores absolutos do volume de treinamento em minutos por zona de intensidade, durante o período de intervenção com TMI.

Tabela 5. Volume de treinamento em minutos durante o período de treinamento sem treinamento muscular inspiratório.

Sujeito	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
<i>Semana 1</i>					
1	5'20"	19'35"	50'40"	157'59"	16'22"
2	40'	21'	72'	53'	8'
3		10'	42'	80'	5+15
4			50'	64'30"	
5		8'	65'	62'	
6	25'	44'	17'	17'	23
<i>Semana 2</i>					
1			47'	55'	80'
2	30'	60'	35'	10'	24'
3		12'	68'	92'	8'
4		50'	13'	42'	20'
5		95'	78'	36'	
6	26'	13'	55'30"	42'	11'
<i>Semana 3</i>					
1	18'	97'30"	16'	52'	25'
2	40'	21'	72'	53'	8'
3		10'	42'	80'	20'
4		4'	50'	64'30"	5'
5		9'	65'	62'	
6		5'	50'		
<i>Semana 4</i>					
1	10'	20'		20'	
2	30'	60'	35'	10'	24'
3		12'	68'	92'	8'
4		65'	38'	42'	30'
5		80'	53'	36'	
6			50'	10'	

Legenda: Z1= zona 1 correspondente a 50 a 60% da FCmáx; Z2= zona 2 correspondente a 60 a 70% da FCmax; Z3= zona 3 correspondente a 70 a 80% da FCmax; Z4= zona 4 correspondente a 80 a 90% da FCmax; Z5= zona 5 correspondente a 90 a 100% da FCmax.

Tabela 6. Volume de treinamento em minutos durante o período de treinamento com treinamento muscular inspiratório.

Sujeito	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
<i>Semana 1</i>					
1	15'	24'	20'	41'30"	4'
2	40'	21'	72'	53'	8'
3		10'	42'	80'	20'
4		4'	50'	64'30"	5'
5		9'	65'	62'	
6			14'30"	59'30"	42'30"
<i>Semana 2</i>					
1	10'30"	35'	43'15"	61'30"	10'30"
2	30'	60'	35'	10'	24'
3		12'	68'	92'	8'
4		65'	38'	42'	20'
5		80'	53'	36'	
6					48'30"
<i>Semana 3</i>					
1	43'30"	96'	57'30"	76'	3'30"
2	40'	21'	72'	53'	8'
3		10'	42'	80'	20'
4		4'	50'	64'30"	5'
5		9'	65'	62'	
6			22'30"		17'
<i>Semana 4</i>					
1	16'	14'	61'	6'30"	
2	30'	60'	35'	10'	24'
3		12'	68'	92'	8'
4		65'	38'	42'	20'
5		80'	53'	36'	
6			27'30"	69'30"	

Legenda: Z1= zona 1 correspondente a 50 a 60% da FCmáx; Z2= zona 2 correspondente a 60 a 70% da FCmax; Z3= zona 3 correspondente a 70 a 80% da FCmax; Z4= zona 4 correspondente a 80 a 90% da FCmax; Z5= zona 5 correspondente a 90 a 100% da FCmax.

Durante o 3km_{ind} na AV1 foi encontrada média de efeito significativo com tamanho de efeito grande na análise de variância do teste de 3km_{ind} ($F_{=6,30} = 2.899$, $p = 0,024$, $\eta^2_p = 0,367$) entre as velocidades. Durante a AV1 foi observada diferença significativa da $V_{inicial}$ para a $V_{intermediária}$ com tamanho de efeito trivial ($t = 4,113$; $p = 0,009$; $d = 1,81$), mas não foi observada diferença significativa da $V_{inicial}$ para velocidade final e da $V_{intermediária}$ para a V_{final} (Figura 8A). Foram observadas magnitude de mudança trivial para 2 corredores, pequena para 3 corredores e moderada para 1 corredor da $V_{inicial}$ para a $V_{intermediária}$ (Figura 8B). Da $V_{intermediária}$ para a V_{final} observou-se magnitude de mudança trivial para 4 corredores, pequena para 2 corredores (Figura 8C). Da

$V_{inicial}$ para a V_{final} foi observada magnitude de mudança pequena para 5 corredores e moderada para 1 corredor (Figura 8D).

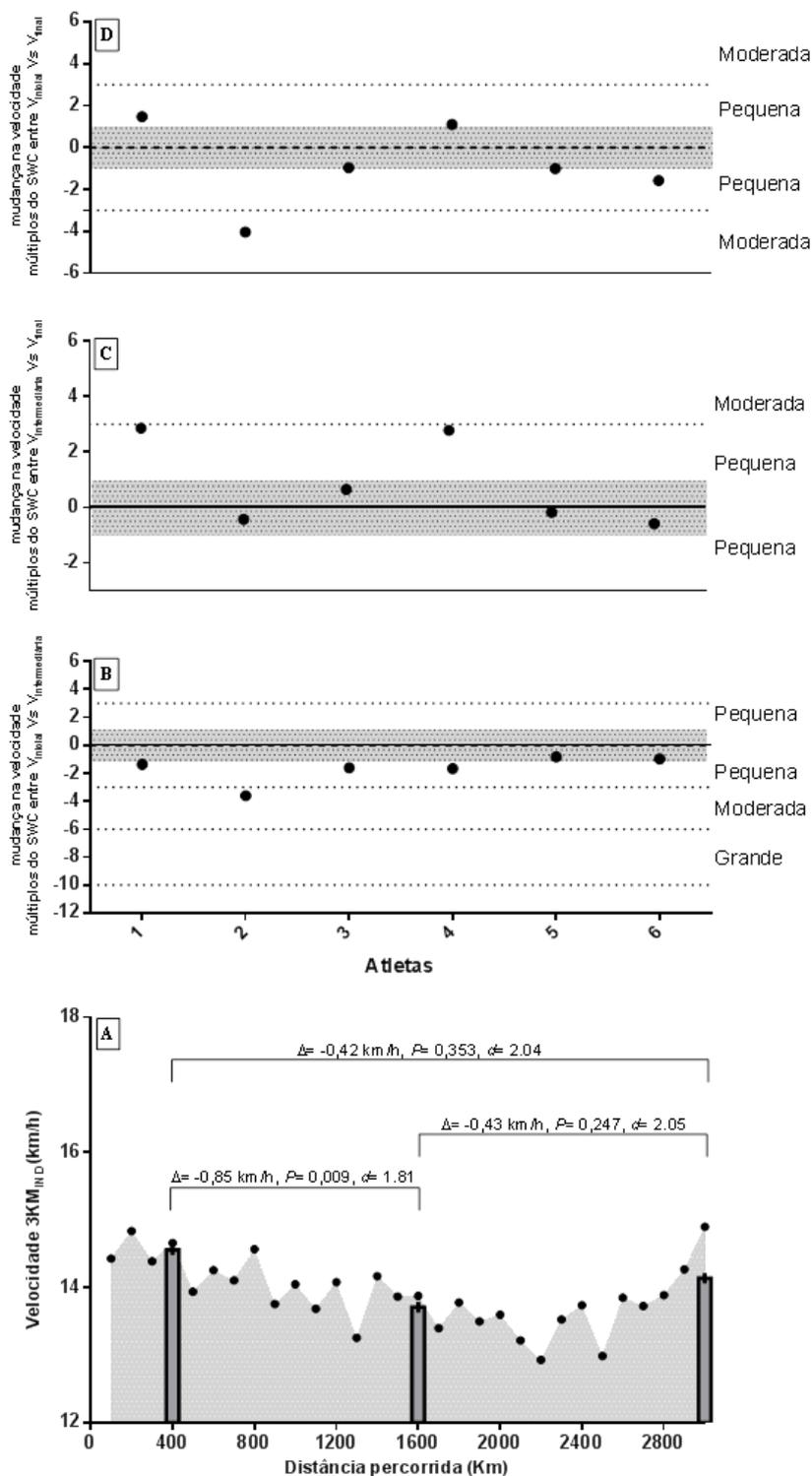


Figura 8. Desempenho no teste 3kmind da avaliação inicial.

Legenda: (A) a área cinza representa a velocidade média obtida em quilômetros por hora (km/h) durante o teste de 3 km individual (3km_{IND}). As barras cinzas escuras representam a $V_{inicial}$, $V_{intermediária}$, V_{final} . (B) representa a magnitude de mudança na velocidade entre a $V_{inicial}$ e $V_{intermediária}$. A área cinza representa a mudança trivial. A linha pontilhada é o limiar de mudança pequena, moderada e grande. A linha tracejada não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta. (C) representa a magnitude de mudança na velocidade entre a $V_{intermediária}$ e V_{final} . A área cinza representa a mudança trivial. A linha pontilhada é o limiar de mudança pequena, moderada e grande. A linha tracejada não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta. (D) representa a magnitude de mudança na velocidade entre a $V_{inicial}$ e V_{final} . A área cinza representa a mudança trivial. A linha pontilhada é o limiar de mudança pequena, moderada e grande. A linha tracejada não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta.

Durante a AV2 foi observada diferença significativa da $V_{inicial}$ para a $V_{intermediária}$ ($t= 4,469$; $p= 0,007$) e para velocidade final ($t= 3,804$; $p= 0,013$), mas não foi observada diferença significativa da $V_{intermediária}$ para a V_{final} ($t= -0,017$; $p= 0,987$) (Figura 9A). Foram observadas magnitude de mudança trivial para 1 corredor, pequena para 3 corredores e moderada para 2 corredores da $V_{inicial}$ para a $V_{intermediária}$ (Figura 9B). Da $V_{intermediária}$ para a velocidade final observou-se magnitude de mudança trivial para 2 corredores e pequena para 4 corredores (Figura 9C). Da $V_{inicial}$ para a V_{final} foi observada magnitude de mudança trivial para 1 corredor, pequena para 2 corredores e moderada para 3 corredores (Figura 9D).

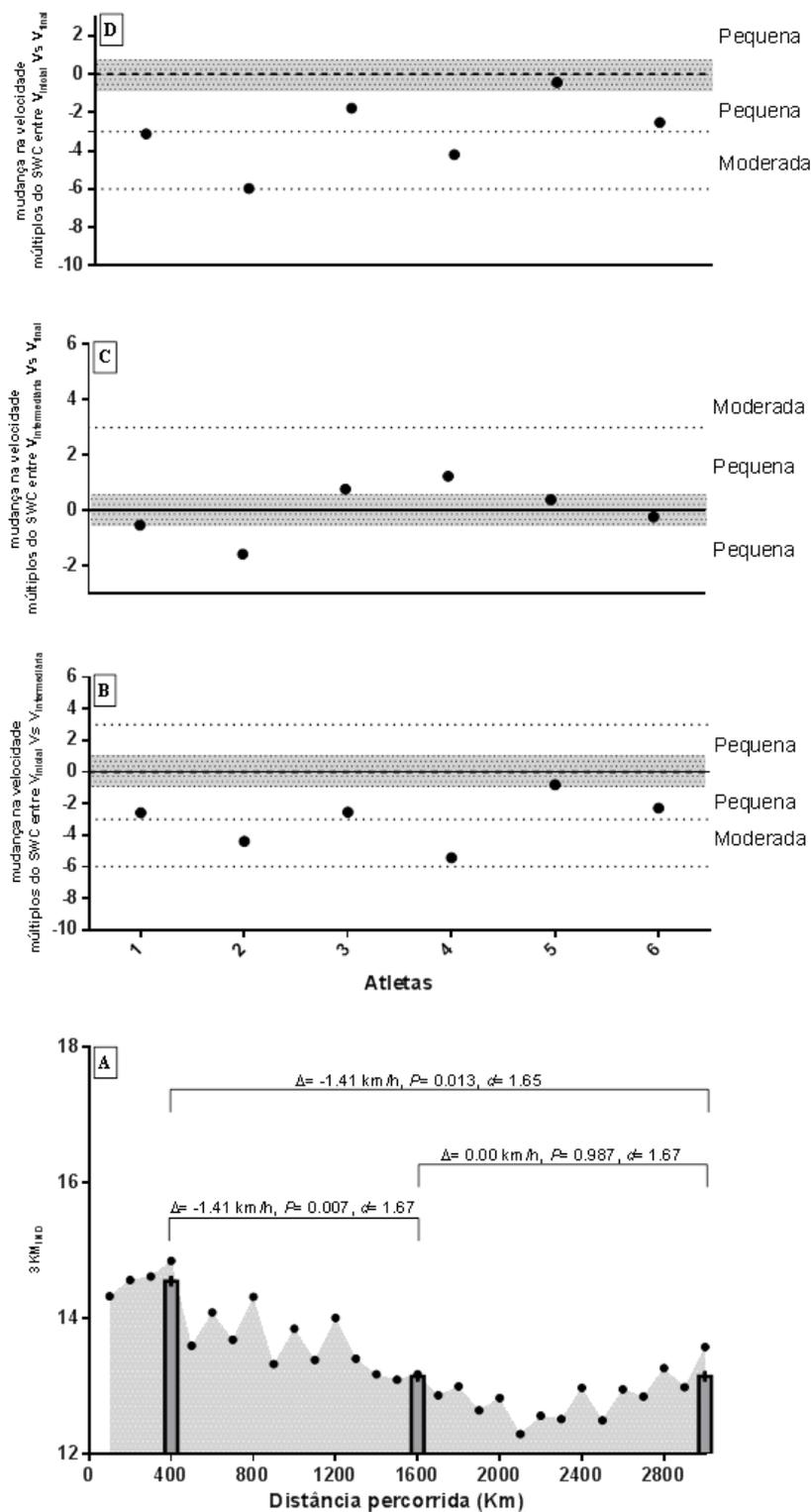


Figura 9. Desempenho no teste 3kmind da avaliação sem intervenção.

Legenda: (A) a área cinza representa a velocidade média obtida em quilômetros por hora (km/h) durante o teste de 3 km individual (3km_{IND}). As barras cinzas escuras

representam a $V_{inicial}$, $V_{intermediária}$, V_{final} . (B) representa a magnitude de mudança na velocidade entre a $V_{inicial}$ e $V_{intermediária}$. A área cinza representa a mudança trivial. A linha pontilhada é o limiar de mudança pequena, moderada e grande. A linha tracejada não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta. (C) representa a magnitude de mudança na velocidade entre a $V_{intermediária}$ e V_{final} . A área cinza representa a mudança trivial. A linha pontilhada é o limiar de mudança pequena, moderada e grande. A linha tracejada não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta. (D) representa a magnitude de mudança na velocidade entre a $V_{inicial}$ e V_{final} . A área cinza representa a mudança trivial. A linha pontilhada é o limiar de mudança pequena, moderada e grande. A linha tracejada não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta.

Durante a AV3 foi observada diferença significativa da $V_{inicial}$ para a $V_{intermediária}$ ($t= 3,646$; $p= 0,015$), mas não foi observada diferença significativa da $V_{inicial}$ para velocidade final e da $V_{intermediária}$ para a V_{final} (Figura 10A). Foram observadas magnitude de mudança trivial para 1 corredor e moderada para 4, da $V_{inicial}$ para a $V_{intermediária}$ (Figura 10B). Da $V_{intermediária}$ para a V_{final} foi observada magnitude de mudança trivial para 4 corredores e pequena para 2 corredores (Figura 10C). Da $V_{inicial}$ para a V_{final} observou-se magnitude de mudança pequena para 4 corredores, moderada para 1 corredor e grande para 1 corredor (Figura 10D).

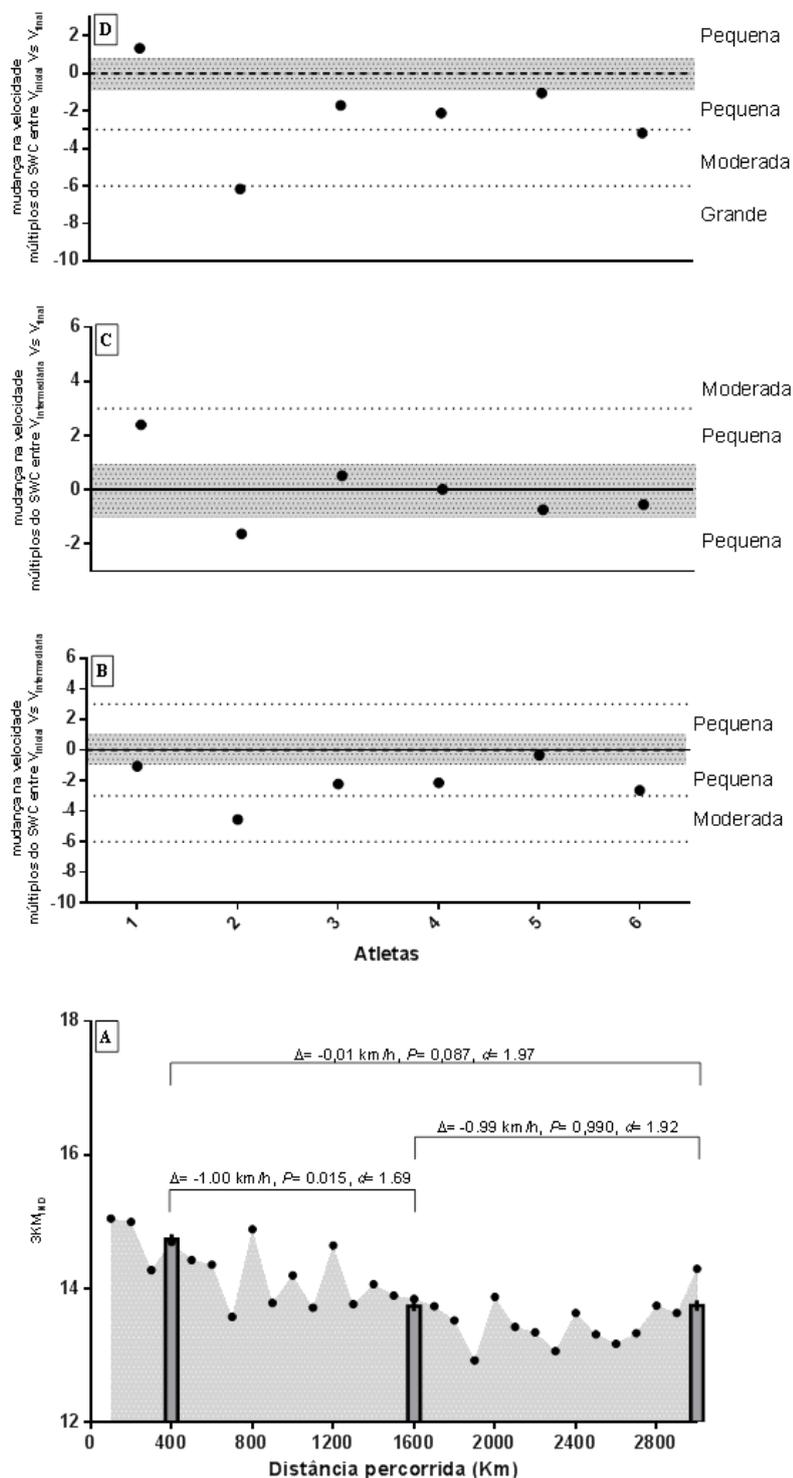


Figura 10. Desempenho no teste de 3km_{IND} na avaliação pós-intervenção.

Legenda: (A) a área cinza representa a velocidade média obtida em quilômetros por hora (km/h) durante o teste de 3 km_{IND}. As barras cinzas escuras representam a $V_{inicial}$, $V_{intermediária}$, V_{final} . (B) representa a magnitude de mudança na

velocidade entre a $V_{inicial}$ e $V_{intermediária}$. A área cinza representa a mudança trivial. A linha pontilhada é o limiar de mudança pequena, moderada e grande. A linha tracejada não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta. (C) representa a magnitude de mudança na velocidade entre a $V_{intermediária}$ e V_{final} . A área cinza representa a mudança trivial. A linha pontilhada é o limiar de mudança pequena, moderada e grande. A linha tracejada não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta. (D) representa a magnitude de mudança na velocidade entre a $V_{inicial}$ e V_{final} . A área cinza representa a mudança trivial. A linha pontilhada é o limiar de mudança pequena, moderada e grande. A linha tracejada não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta.

No desempenho dos 3km_{ind} não foi observada média de efeito significativo ($F=14.764,2.953 = 1.316$, $p= 0,306$, $\eta^2_p = 0,208$) entre os momentos AV1, AV2 e AV3, apesar do tamanho de efeito grande e um momento de diferença significativa ($p = 0,004$) na velocidade média da distância percorrida (figura 11).

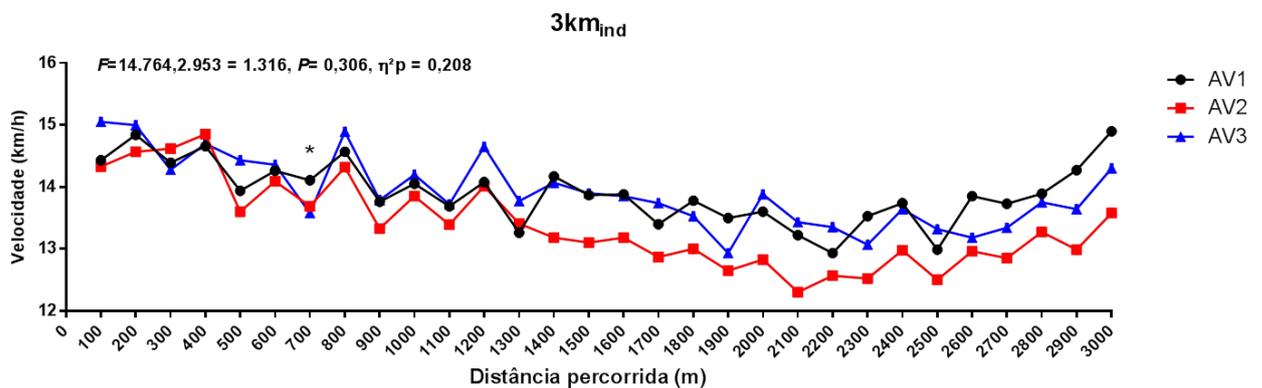


Figura 11. Teste 3km_{ind} na avaliação inicial, avaliação sem intervenção e avaliação pós-intervenção.

Legenda: 3km_{ind}= teste de 3000m; AV1= avaliação inicial, representado pelo círculo preto; AV2= avaliação sem intervenção, representado pelo quadrado vermelho; AV3= avaliação pós-intervenção, representado pelo triângulo azul. *= $p < 0,01$

A análise de correlação entre o delta absoluto da PImáx (cmH₂O) e da velocidade média (km/h) do 3Km_{ind} mostrou correlação pequena não significativa entre AV1-AV2 e correlação moderada não significativa na AV2-AV3 e AV1-AV3 (Tabela 5).

Tabela 5. Correlação entre delta absoluto da PImáx em cmH₂O (Δ PImáx) e delta absoluto do 3Km_{ind} em Km/h(Δ 3Km_{ind}) na avaliação inicial, avaliação sem intervenção e avaliação pós-intervenção.

	Δ PImáx	
	r	p
AV1-AV2		
Δ 3km _{ind}	-0,24	0,64
AV2-AV3		
Δ 3km _{ind}	0,40	0,42
AV1-AV3		
Δ 3km _{ind}	-0,49	0,31

Legenda: AV1-AV2= período entre avaliação inicial e avaliação sem intervenção; AV2-AV3= período avaliação sem intervenção e avaliação pós-intervenção; AV1-AV3= período entre avaliação inicial e avaliação pós-intervenção; Δ PImáx = diferença absoluta de pressão inspiratória Máxima; Δ 3km_{ind}= diferença absoluta do resultado do Teste 3000m individual em Km/h.

4. DISCUSSÃO

Os principais resultados do presente estudo mostraram aumento significativo da $Pl_{\text{máx}}$ para 2 sujeitos da AV1-AV2. Redução significativa do $3km_{\text{ind}}$ para 3 sujeitos da AV1-AV2 e de 1 sujeito na AV1-AV3. Tamanho de efeito significativo para análise da variância no teste de $3km_{\text{ind}}$ entre as velocidades durante a AV1, AV2 e AV3 da V_{inicial} para a $V_{\text{intermediária}}$.

O aumento significativo da $Pl_{\text{máx}}$ para 2 sujeitos do sexo feminino durante o período de linha de base AV1-AV2, talvez possa ser explicado pela menor capacidade de gerar fadiga das mulheres, devido a menor ativação aferente dos músculos de fibras tipo III e IV e maior ativação de motoneurônios, além de apresentarem maior predomínio de fibras tipo I, maior utilização do metabolismo de lipídeos e menor compressão mecânica (HUNTER et al., 2014). Assim, esses aspectos podem ter contribuído para reduzir o trabalho respiratório e conseqüentemente reduzir a progressiva fadiga do diafragma (WELCH et al., 2018), independentemente do treinamento muscular inspiratório.

A redução significativa do $3km_{\text{ind}}$ para 3 sujeitos da AV1 para AV2 pode ser explicada devido a uma maior CET e CIT durante a linha de base. No presente estudo foi observado um maior volume de treinamento na zona de alta intensidade (Z4), contrariando os dados de volume de treinamento em alta intensidade observados na literatura por Seiler e Kjerland (2006), Enoksen et al. (2011) e Haugen et al. (2022). Seiler e Kjerland (2006) observaram maior volume de treinamento de baixa intensidade em 12 atletas de elite da modalidade *ski cross-country*, sendo que as intensidades observadas foram representadas pela frequência cardíaca ($75 \pm 3\%$), percepção subjetiva de esforço (PSE) ($76 \pm 4\%$) e lactato sanguíneo ($71 \pm 4\%$). Enoksen et al. (2011) observaram maior volume de treinamento de baixa intensidade em modalidade de longas distâncias, sendo que para atletas maratonistas, a distância média percorrida durante o período preparatório foi desenvolvida em $83,6 \pm 4,0\%$ ($156,2 \pm 21$ km) e $76,4 \pm 1,6\%$ (123 ± 11 km) para atletas de 5 km. Haugen et al. (2022) observaram que mais de 80% do volume de treinamento dos

corredores de nível mundial é desempenhado em baixa intensidade. Uma integração das cargas de treino deve ser usada em combinação para que possa fornecer melhor visão do estresse imposto durante o treinamento (BOURDON et al., 2017). De acordo com Impellizzeri et al. (2019) a CET interfere na CIT, assim como a CIT interfere na CET, influenciando as alterações nos fatores não modificáveis e, conseqüentemente, nos efeitos do treinamento. Os efeitos do treinamento podem ser de característica aguda ou crônica, sendo em ambos os casos positivas ou negativas, influenciando diretamente na avaliação do desempenho esportivo (JEFFRIES et al., 2021). De acordo com esses mesmos autores, os efeitos do treinamento estão relacionados a melhora, manutenção ou redução do desempenho esportivo. A redução do desempenho esportivo na modalidade de corrida está associada a redução na amplitude de passada e maior tempo de contato com o solo.

A redução da $V_{inicial}$ para a $V_{intermediária}$ durante a AV1, AV2 e AV3 corroboram os dados observados por Tomazinni et al. (2015) e Tucker et al. (2006). Tomazinni et al. (2015) observaram que nos momentos iniciais e finais de um simulado individual de 3000m os participantes do estudo desempenharam velocidades maiores do que durante o momento intermediário do simulado de 3000m. Tucker et al. (2006), observaram em recordistas mundiais em pista o comportamento semelhante nas provas de meio-fundo (800m e 1500m) e fundo (5000m e 10000m), e durante as provas de fundo foi observado ainda maiores velocidades durante o primeiro e último km. Durante os 5.000m foi observado diferença significativa do primeiro e do último km para os segundo, terceiro e quarto quilômetro da prova, enquanto na prova de 10.000m foi observado uma diferença significativa do primeiro, segundo e último km para o km terceiro ao nono km (TUCKER et al., 2006). Tomazinni et al. (2015) e Tucker et al. (2006), observaram uma EP parabólica ou estratégia em U nos estudos, sendo a mais habitual entre os praticantes de corrida de fundo. Esse fenômeno pode ser explicado devido, em momentos iniciais, as variáveis fisiológicas como acúmulo de lactato, ventilação minuto e FC terem menor influência do que no momento intermediário da prova, além da percepção subjetiva de esforço (PSE) ser influenciada pelas variáveis

fisiológicas (BERTUZZI et al., 2014). Além disso, o acúmulo de metabólitos causado pelo exercício intenso estimula as fibras eferentes dos tipos III e IV dos músculos inspiratórios (HILL, 2000), esse processo aumenta atividade simpática do músculo que promove a vasoconstrição adrenérgica, redistribuindo o fluxo sanguíneo dos músculos ativos para a musculatura respiratória (DEMPSEY et al., 2006).

A correlação não significativa entre a diferença absoluta da $PI_{máx}$ e a do $3km_{ind}$ após o período de intervenção, talvez possa ser explicado pelo tempo de treinamento inspiratório do presente estudo (4 semanas), que pode não ter sido suficiente para promover a melhora da dupla tarefa mecânica da musculatura inspiratória e refletir na melhora do desempenho no teste de corrida. De acordo com Hoogkamer (2017) o balanço das pernas, equilíbrio lateral, sustentação do peso corporal e propulsão frontal durante a corrida correspondem a 89% do custo energético. Portanto, o controle desses aspectos, poderiam ter induzido a melhora no desempenho específico da modalidade. O resultado de $PI_{máx}$ do presente estudo corrobora com a melhora na $PI_{máx}$ observada por Griffiths et al. (2007) em que observaram melhora não-significativa de aproximadamente 13% durante um período de 4 semanas com TMI com 30 respirações e intensidade de aproximadamente 50% da $PI_{máx}$. Apesar da diferença não significativa observada por Griffiths et al. (2007), a diferença para o grupo controle foi de aproximadamente 10%. Em revisão sistemática com diferentes métodos de treinamento com PowerBreath®, Fernández-Lazaro et al. (2021) observaram em atletas de diferentes níveis e modalidades que o TMI induziu a melhora da $PI_{máx}$, melhora do $VO_{2máx}$ durante períodos de treinamento de 4 a 12 semanas, com cargas superiores a 15% da $PI_{máx}$. A melhora média de 19,98% da $PI_{máx}$ no presente estudo pode ser explicada devido ao nível de treinabilidade das musculaturas respiratórios dos sujeitos do presente estudo, pois a melhora de 21,5% da $PI_{máx}$ é observada a partir da sexta semana (Fernández-Lazaro et al., 2021). De acordo com Sebino et al. (2012) indivíduos saudáveis praticantes recreacionais tem maior potencial de benefícios com o TMI do que os atletas altamente treinados.

Em estudo envolvendo a musculatura respiratória, Hartz et al. (2018) observaram melhora significativa na força e resistência muscular respiratória e no desempenho de *endurance* em atletas de Handball após 12 semanas de intervenção com treinamento muscular inspiratório. Já Cirino et al. (2021) referem melhora na eficiência e eficácia nos parâmetros técnico-táticos em atletas de judô após aquecimento da musculatura inspiratória. A estabilização do controle motor induz a um baixo limiar de estabilidade onde o sistema nervoso central modula a integração eficiente e baixo limiar de recrutamento local e global do sistema muscular, o que pode promover melhora na resistência muscular, velocidade, direção e ordem dos movimentos dos membros inferiores (HIBBS et al., 2008), sendo que os dois últimos fatores podem interferir diretamente no custo energético durante a corrida (HOOGKAMER, 2017). Além disso, o TMI pode ter induzido a uma melhora na função do diafragma gerar fluxo durante exercícios que necessitem de aceleração e intensificação das musculaturas respiratórias (Sebino et al., 2012).

O presente estudo teve como limitação a descontinuidade de dois voluntários durante o período da linha de base, acarretando em um número pequeno de sujeitos, além da falta de controle dos ganhos de elevação durante o processo de treinamento, pois os ganhos de elevação influenciariam na EC. Outro fator limitante no presente estudo é a ausência de controle da frequência e amplitude de passada durante o teste de 3km_{ind} .

Também consideramos como limitação do estudo o período de TMI de apenas quatro semanas, no entanto, em virtude de problemas logísticos não foi possível realizar um período maior.

Outra questão a ser considerada é que os voluntários não eram de uma mesma equipe, o que não assegurou um treinamento específico homogêneo da modalidade.

5. CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo, nas condições experimentais utilizadas, sugerem que quatro semanas de TMI, com carga de 30% da $PI_{m\acute{a}x}$, não promoveu melhora significativa no desempenho de $3km_{ind}$, bem como não apresentou correlação significativa entre a $PI_{m\acute{a}x}$ e o desempenho de $3km_{ind}$, após o período de intervenção.

Todos os participantes do estudo utilizaram-se de estratégia de prova parabólica com diferença significativa da $V_{inicial}$ para a $V_{intermediária}$ durante a AV1, AV2 e AV3 do $3km_{ind}$, no entanto, após o período de treinamento muscular inspiratório foi observada uma menor magnitude de mudança da $V_{inicial}$ para a $V_{intermediária}$, sugerindo que durante um evento competitivo, essa menor magnitude de mudança pode contribuir com a melhora do desempenho esportivo do atleta e/ou a posição na classificação geral.

Como aplicação prática o TMI com duração de 4 semanas, intensidade de 30% da $PI_{m\acute{a}x}$, com frequência de 3x por semana e 30 respirações pode ser utilizado por atletas da modalidade de corrida de rua para reduzir a magnitude de mudança da $V_{inicial}$ para a $V_{intermediária}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AARON, E.A.; SEOW, K.C.; JOHNSON, B.D.; DEMPSEY, J.A. Oxygen cost of exercise hyperpnea: implications for performance. **J Appl Physiol**. v. 72, n. 5, p. 1818-25, 1992.

ABBISS, C.R.; LAURSEN, P.B. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. **Sports Medicine**. v. 38, n. 3, p. 239-252, 2008.

BARĞI, G.; GÜÇLÜ, M.B.; ARIBAŞ, Z.; AKI, Ş.Z.; SUCAK, G.T. Inspiratory muscle training in allogeneic hematopoietic stem cell transplantation recipients: a randomized controlled trial. **Support Care Cancer**. v. 24, n. 2, p. 647-59, 2016. BARNES, K. R.; KILDING, A. E. Strategies to Improve Running Economy. **Sports Medicine**, v. 45, n. 1, p. 37–56, 2014.

BERTUZZI, R. et al. Pacing strategy determinants during a 10-km running time trial: Contributions of perceived effort, physiological, and muscular parameters. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 6, p. 1688–1696, 2014.

BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 1982.

BOULLOSA, D. et al. Factors affecting training and physical performance in recreational endurance runners. **Sports**. v. 8, n. 35, p. 1-20, 2020

BOURDON et al. Monitoring athletes training loads: consensus Statement. **International journal sports physiology and performance**. v. 12, n. Suppl. 2. P. S2161-S2170.

BUCHHEIT, M. et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 6, p. 1153–1167, 2010.

BUCHHEIT, M. Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? **Frontiers in Physiology**, v. 5 FEB, n. February, p. 1–19, 2014.

BUCHHEIT, M. The Numbers Will Love You Back in Return — I Promise. **Int J Sports Physiol & Perform**, v. 11, n. 4, p. 551–554, 2016.

CAHALIN, L. P.; ARENA, R. Novel Methods of Inspiratory Muscle Training via the Test of Incremental Respiratory Endurance (TIRE). **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 43, n. 2, p. 84–92, 2015.

CLEMENTE-SUAREZ, V. J.; RAMOS-CAMPO, D. J. Effectiveness of reverse vs. traditional linear training periodization in triathlon. **International Journal of Environmental research and public health**. v. 16, n. 2807, p. 1-13, 2019.

DEMPSEY, J. A. et al. Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. **Respiratory Physiology and Neurobiology**, v. 151, n. 2–3, p. 242–250, 2006.

DE KONING, J.J.; FOSTER, C.; BAKKUM, A.; KLOPPENBURG, S.; THIEL, C.; JOSEPH, T.; et al. Regulation pacing strategy during athletic competition. *Plos One*. v. 6, n. 1, 2011.

ENOKSEN, E.; TJELTA, A. R.; TJELTA, L. I. Distribution of training volume and intensity of elite male and female track and marathon runners. **International Journal of Sports Science & Coaching**. v. 6, n. 2, p. 273-293, 2011.

FERREIRA, J.B.; PLENTZ, R.D.; STEIN, C.; CASALI, K.R.; ARENA, R.; LAGO, P.D. Inspiratory muscle training reduces blood pressure and sympathetic activity in hypertensive patients: a randomized controlled trial. **Int J Cardiol**. v. 166, n. 1, p. 61-7, 2013.

FOSTER, C.; LUCIA, A. Running economy: The forgotten factor in elite performance. **Sports Medicine**, v. 37, n. 4–5, p. 316–319, 2007.

HAJGHANBARI, B. et al. Effects of Respiratory Muscle Training on Performance in Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 6, p. 1643–1663, 2013.

HARMS, C.A.; WETTER, T.J.; St CROIX, C.M.; PEGELOW, D.F.; DEMPSEY, J.A. Effects of respiratory muscle work on exercise performance. **J Appl Physiol**. v. 89, n. 1, p. 131-8, 2000.

HARTZ, C. S. et al. Effect of Inspiratory Muscle Training on Performance of Handball Athletes. **Journal of Human Kinetics**, v. 63, n. 1, p. 43–51, 2018.

HAUGEN, T. et al. The Training Characteristics of World-Class Distance Runners: An Integration of Scientific Literature and Results-Proven Practice. **Sports Medicine - Open**, v. 8, n. 1, 2022.

HOOBKAMER, W.; KRAM, R.; ARELLANO, C. J. How Biomechanical Improvements in Running Economy Could Break the 2-hour Marathon Barrier. **Sports Medicine**, 1 set. 2017.

HOPKINS, W. G. et al. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3–12, 2009.

HUNTER, S. K. Sex differences in human fatigability: Mechanisms and insight to physiological responses. **Acta Physiologica**, v. 210, n. 4, p. 768–789, 2014.

IMPELLIZZERI, F. M.; MARCORA, S. M; RAMPININI, E.; COUTTS A. J. Internal and External Training Load: 15 years On. **International Journal of Sports Physiology and Performance**. p. 1–4, 2019.

IMPELLIZZERI, F. M.; RAMPININI, E.; MARCORA, S. M. Physiological assessment of aerobic training in soccer. **Journal of sports sciences**, v. 23, n. 6, p. 583–92, 2005.

ISSURIN, V. B. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. **Sports Medicine**, v. 40, n. 3, p. 189–206, 2010.

JEFFRIES, A. C. et al. Development of a Revised Conceptual Framework of Physical Training for Use in Research and Practice. **Sports Medicine**, v. 52, n. 4, p. 709–724, 2022.

JEUKENDRUP, A.; SARIS, W.H.; BROUNS, F.; KESTER, A.D. A new validated endurance performance test. **Medicine Science Sports Exercise**. V. 28, n. 2, p. 266-270, 1996.

JOHNSON, B.D.; BABCOCK, M.A.; SUMAN, O.E.; DEMPSEY, J.A. Exercise-induced diaphragmatic fatigue in healthy humans. **J Physiol**. v. 460, p. 385-405, 1993.

JONES, C.U.; SANGTHONG, B.; PACHIRAT, O.; JONES, D.A. Slow breathing training reduces resting blood pressure and the pressure responses to exercise. **Physiol Res**. v. 64, n. 5, p. 673-82, 2015. KENTTA, G., HASSMÉN, P.. Overtraining and recovery. A conceptual model. **Sports Medicine**. v. 26, n. 1, p. 1–16, 2001.

KIELY, J. Periodization Theory: Confronting an Inconvenient Truth. **Sports Medicine**, v. 48, n. 4, p. 753–764, 2018.

KIVINIEMI, A.M., HAUTALA, A.J., KINNUNEN, H., AND TULPPO, M.P. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. **Eur. J. Appl. Physiol**. V. 101, p. 743–751, 2007.

KOOLHAAS, J. M. et al. Stress revisited: A critical evaluation of the stress concept. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 35, n. 5, p. 1291–1301, 2011.

LARSEN, H. B.; SHEEL, A. W. The Kenyan runners. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 25, p. 110–118, 2015.

McCONNELL, A.K. **Breathe Stronger, Perform Better**. Champaign, IL: Human Kinetics. v. 1, p. 113-180, 2011.

McMANUS, A.M.; ARMSTRONG, N. Physiology of elite young female athletes. **Med Sport Sci**. v. 56, p. 23-46, 2011.

MELLO, P.R.; GUERRA, G.M.; BORILE, S.; RONDON, M.U.; ALVES, M.J.; NEGRÃO, C.E.; et al. Inspiratory muscle training reduces sympathetic nervous activity and improves inspiratory muscle weakness and quality of life in patients with chronic heart failure: a clinical trial. **J Cardiopulm Rehabil Prev**. v. 32, n. 5, p. 255-61, 2012.

MICKLEBOROUGH, T. D. et al. Inspiratory flow resistive loading improves respiratory muscle function and endurance capacity in recreational runners. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 20, n. 3, p. 458–468, 2010.

REID, W.D.; DECHMAN, G. Considerations when testing and training the respiratory muscles. **Phys Ther**. V. 75 n. 11, p. 971-82, 1995.

ROMER, L.M.; POLKEY, M.I. Exercise induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. **J Appl Physiol**. v. 104, n. 3, p. 879-88, 2008.

SEILER, K. S.; KJERLAND, G. O. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for a “optimal” distribution? **Scandinavian Journal of Medicine & Science In Sports**. V. 16, p. 49-56. 2006.

SHEEL, A.W.; DERCHAK, P.A.; MORGAN, B.J.; PEGELOW, D.F.; JACQUES, A.J.; DEMPSEY, J.Á. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in rest leg blood flow in humans. **J Physiol**. v. 537 (Pt 1), p. 277-89, 2001.

SIRI W.E. Body composition from fluid spaces and density. In: Brozek, J.; Henschel, A. (Eds.). *Techniques for measuring body composition*. Washington: National Academy of Science. p. 223- 44. 1961.

St CROIX, C.M.; MORGAN, B.J.; WETTER T.J.; DEMPSEY, J.A. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. **J Physiol**. v. 529, n. 2, p. 493-504, 2000.

WELCH, J. F. et al. Sex differences in diaphragmatic fatigue: the cardiovascular response to inspiratory resistance. **Journal of Physiology**, v. 596, n. 17, p. 4017–4032, 2018.

WILLARDSON, J.M. Core stability training: Applications to sports conditioning programs. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 21, p. 979-985, 2007.

WITT, J.D.; GUENETTE, J.A.; RUPERT, J.L.; MCKENZIE, D.C.; SHEEL, A.W. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. **J Physiol**. v. 584, n. 3, p. 1019-28, 2007.