

UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS - UNIEVANGÉLICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MOVIMENTO HUMANO E  
REABILITAÇÃO- PPGMHR

**ANÁLISE PREDITIVA E DE VALIDAÇÃO CRUZADA DO DESEMPENHO  
AERÓBIO E ANAERÓBIO A PARTIR DA FORÇA: QUAL A REAL RELEVÂNCIA  
DA MÁXIMA PRODUÇÃO DE FORÇA?**

JOSIVAM PEIXOTO SIQUEIRA

Anápolis, GO

2024

UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS - UNIEVANGÉLICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MOVIMENTO HUMANO E  
REABILITAÇÃO- PPGMHR

JOSIVAM PEIXOTO SIQUEIRA

**ANÁLISE PREDITIVA E DE VALIDAÇÃO CRUZADA DO DESEMPENHO  
AERÓBIO E ANAERÓBIO A PARTIR DA FORÇA: QUAL A REAL RELEVÂNCIA  
DA MÁXIMA PRODUÇÃO DE FORÇA?**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Movimento Humano e Reabilitação da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA para defesa no Mestrado em Movimento Humano e Reabilitação.

Orientador: Dr. Alberto Souza de Sá Filho  
Coorientador: Dr. Marcelo Magalhães Sales

Anápolis, GO

2024

## FICHA CATALOGRÁFICA

S618

Siqueira, Josivam Peixoto.

Análise preditiva e de validação cruzada do desempenho aeróbio e anaeróbio a partir da força: qual a real relevância da máxima produção de força? / Josivam Peixoto Siqueira - Anápolis: Universidade Evangélica de Goiás – UniEvangélica, 2024.

60 p.; il.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Souza de Sá Filho.

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Magalhães Sales.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Movimento Humano e Reabilitação – Universidade Evangélica de Goiás – UniEvangélica, 2024.

1. Desempenho	2. Treinamento de força	3. Performance
I. Sá Filho, Alberto Souza de	II. Sales, Marcelo Magalhães	III. Título

CDU 615.8

Catlogação na Fonte  
Elaborado por Rosilene Monteiro da Silva CRB1/3038

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Análise Preditiva e de Validação Cruzada do Desempenho Aeróbio e Anaeróbio a Partir da Força: Qual a Real Relevância da Máxima Produção de Força?**

**JOSIVAM PEIXOTO SIQUEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Movimento Humano e Reabilitação - PPGMHR da Universidade Evangélica de Goiás - UniEVANGÉLICA como requisito parcial à obtenção do grau de MESTRE.

Aprovado em 12 de julho de 2024.

**Linha de Pesquisa:** Efeitos Agudos e Crônicos do Exercício Físico

### Banca examinadora

Documento assinado digitalmente  
 **ALBERTO SOUZA DE SA FILHO**  
Data: 04/09/2024 14:07:08-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Alberto Souza de Sá Filho**  
**Presidente/Orientador (UniEVANGÉLICA)**

Documento assinado digitalmente  
 **IRANSE OLIVEIRA SILVA**  
Data: 04/09/2024 14:28:29-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Iransé Oliveira Silva**  
**Examinador Interno (UniEVANGÉLICA)**

Documento assinado digitalmente  
 **RENATO ANDRE SOUSA DA SILVA**  
Data: 05/09/2024 10:20:53-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Renato André Sousa da Silva**  
**Examinador Externo (UEG)**

## SUMÁRIO

<b>Contextualização inicial .....</b>	<b>08</b>
<b>Apresentação da Dissertação .....</b>	<b>10</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>11</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
Desenho do Estudo .....	16
Amostra .....	16
Procedimentos .....	17
Análise Estatística .....	18
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
Desfechos primários .....	23
Desfechos secundários .....	28
Desfechos terciário .....	30
Validação Cruzada.....	30
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXO 1 - TCLE.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO 2 – Produção Adicional.....</b>	<b>46</b>

## CONTEXTUALIZAÇÃO INICIAL

Com a evolução das corridas de rua ao longo dos anos, profissionais e pesquisadores da área do treinamento desportivo buscam meios de induzir melhorias na forma com que atletas e os praticantes regulares da modalidade desenvolvem suas competências atléticas. Nos últimos anos, as técnicas de previsão, assim como, a qualificação/quantificação e controle do treinamento tem evoluído para quebrar recordes [1]. Em 2019, o queniano Eliud Kipchoge fez história no atletismo ao se tornar a primeira pessoa a correr uma maratona em menos de duas horas [2,3]. Além disso, neste mesmo ano outros recordes olímpicos foram também quebrados.

Essa evolução é atribuída principalmente a melhor compreensão sobre fatores determinantes para o desempenho, especialmente da corrida, que contribuiriam fortemente para o foco as demandas necessárias para sucesso atlético. Além disso, estratégias de previsão do desempenho aeróbio e anaeróbio parecem igualmente importantes para a construção das metas e do planejamento do treinamento, que também corroboram para o sucesso esportivo. Por exemplo, a potência aeróbia máxima, variável derivada do ponto final dos testes de verificação do  $VO_{2máx}$  [4], tem sido apontada como um índice capaz de prever o sucesso em eventos de longa duração [5]. Em outra perspectiva, variáveis morfológicas/antropométricas, como a massa corporal, a estatura e o percentual de gordura, também podem influenciar significativamente e auxiliar em modelos preditivos para uma dada modalidade esportiva, principalmente se considerarmos normalizações alométricas [6].

Mais recentemente, a compreensão de concorrência do desempenho de força implicando negativamente sobre o desempenho aeróbio [7], hoje passa a ter contexto diferenciado e de destaque no mundo esportivo [8–10]. Sabe-se que as diferentes manifestações da força (principalmente, explosiva e máxima) possuem relevante influência sobre o desempenho de longa e curta duração, tanto no contexto de esportes individuais e coletivos [11]. Neste caso, a força explosiva, se destaca como principal foco de estudo na literatura diante da modalidade de corrida, sobretudo por ganhos funcionais relacionados a potencialização do ciclo alongamento encurtamento [12,13]. Os conhecimentos acerca destas

características da produção de força poderiam ser utilizados para orientar fundamentos para criar um programa de treino específico que potencialize o desempenho e conseqüentemente a velocidade de corrida. Então, baseado neste cenário, a real aplicabilidade da força máxima no contexto esportivo permanece ainda pouco estudada, assim como sua validade preditiva, necessitando de devida investigação.

## APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação se apresentará no modelo Escandinavo, apresentando o artigo intitulado “Análise preditiva do desempenho aeróbico e anaeróbico com base na força máxima” na qual será submetida em revista internacional estrato A. Adicionalmente um segundo estudo foi gerado a partir da validação cruzada da equação de predição do desempenho aeróbico e anaeróbico pela força. Os novos dados foram integrados e apresentados de forma concatenada nesta dissertação. Um terceiro estudo foi aceito na revista Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal, intitulado “Alongamento entre Séries: Uma Comparação Preliminar do Desempenho de Força de Extensão de Joelho em Praticantes Recreacionalmente Treinados”. O terceiro artigo entrará como anexo na presente dissertação.

## **Análise preditiva e de validação cruzada do desempenho aeróbico e anaeróbico com base na força máxima.**

### **RESUMO**

O objetivo do presente estudo foi estabelecer a capacidade da força máxima absoluta e relativizado pela massa corporal (MC) nos exercícios de Deadlift (DL) e Agachamento (AG) em estimar o desempenho anaeróbio máximo no teste MART (maximal anaerobic running test) e de potência aeróbia máxima ( $V_{Pico}$ ), dentre indivíduos estratificados em alto (HS) vs. baixo escore de força (LS). A associação do somatório das cargas absolutas (carga de DL + AG) foi também analisada. A validação cruzada foi testada. 34 universitários realizaram um total de 5 visitas na primeira fase do estudo. Nas três primeiras visitas foram realizadas: caracterização amostral e a análise de consistência da carga de repetição máxima (RM) para DL e AG. Os participantes foram estratificados a partir de DL e AG relativizadas por MC (DL/MC e AG/MC). Nas duas últimas visitas foram realizados o desempenho máximo MART e o teste progressivo máximo. A regressão linear para os participantes HS não se mostrou significativa em prever o desempenho de MART para todas as medidas de força. Contrariamente, o modelo regressivo apresentou-se significativo para DL ( $R^2 = 0,482$ ;  $p = 0,002$ ), DL/MC ( $R^2 = 0,764$ ;  $p < 0,001$ ), AG ( $R^2 = 0,357$ ;  $p = 0,011$ ) e AG/MC ( $R^2 = 0,644$ ;  $p < 0,001$ ) em participantes LS, diante do desempenho MART. Para o desempenho de  $V_{Pico}$ , a regressão linear também não demonstrou associação para todas as medidas de força em participantes HS. Entretanto, para AG ( $R^2 = 0,309$ ;  $p = 0,021$ ), DL/MC ( $R^2 = 0,343$ ;  $p = 0,013$ ) e AG/MC ( $R^2 = 0,618$ ;  $p < 0,001$ ), se mostraram capazes de prever o desempenho de  $V_{Pico}$ . A predição a partir do somatório das cargas DL e AG, produziram associação para  $vMART$  ( $R^2 = 0,451$ ;  $p = 0,003$ ) e  $V_{Pico}$  ( $R^2 = 0,273$ ;  $p = 0,031$ ) em participantes LS. Na segunda fase do estudo, 17 participantes realizaram a validação cruzada testando as equações de predição. Os mesmos procedimentos metodológicos foram realizados para esta fase, mas somente participantes de LS foram testados. O teste de Wilcoxon comparou MART Real vs. MART predito para DL ( $p = 0,02$ ) e AG ( $p = 0,043$ ), apresentando diferenças significativa, porém não para DL/MC ( $p = 0,051$ ) e AG/MC ( $p = 0,093$ ). Wilcoxon também mostrou diferenças para  $VPico$  Real vs.  $VPico$  predito por DL/MC ( $p = 0,002$ ), AG ( $p = 0,019$ ) e AG/MC ( $p = 0,05$ ). A equação preditiva de MART a partir do somatório das cargas não demonstrou diferenças significativas ( $p = 0,148$ ), o mesmo não ocorreu para  $VPico$  a partir do somatório das cargas ( $p = 0,008$ ). Os níveis de força máxima não apresentaram significativa capacidade preditiva em participantes HS. Entretanto, foi significativo para os participantes LS. DL apresentou maior destaque preditivo para MART. Contrariamente, para o desempenho aeróbio, AG/MC explicou satisfatoriamente as variações do desempenho de corrida (61%). Por fim, as equações preditivas de MART por DL/MC e AG/MC se mostraram acuradas, assim como, o somatório das cargas para prever MART.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desempenho, Treinamento de Força, Performance.

## **Predictive and cross-validation analysis of aerobic and anaerobic performance based on maximum strength**

### **ABSTRACT**

The aim of this study was to establish the capacity of absolute maximum strength and relative to body mass (BM) in the Deadlift (DL) and Squat (SQ) exercises to estimate the maximum anaerobic performance of MART (maximal anaerobic running test) and maximum aerobic power ( $V_{Peak}$ ), among individuals stratified into high (HS) vs. low strength score (LS). The association of the sum of absolute loads (DL + AG workload) was also analyzed. Cross-validation was tested. Thirty-four university students performed a total of 5 visits in the first phase of the study. In the first three visits, the following were performed: sample characterization and consistency analysis of the maximum repetition load (RM) for DL and SQ. Participants were stratified based on DL and SQ relativized by MC (DL/MC and SQ/MC). In the last two visits, the maximum MART performance and the maximum progressive test were performed. Linear regression for HS participants was not significant in predicting MART performance for all strength measures. In contrast, the regressive model was significant for DL ( $R^2 = 0.482$ ;  $p = 0.002$ ), DL/MC ( $R^2 = 0.764$ ;  $p < 0.001$ ), SQ ( $R^2 = 0.357$ ;  $p = 0.011$ ) and SQ/MC ( $R^2 = 0.644$ ;  $p < 0.001$ ) in LS participants, compared to MART performance. For  $V_{Peak}$  performance, linear regression also did not demonstrate an association for all strength measures in HS participants. However, SQ ( $R^2 = 0.309$ ;  $p = 0.021$ ), DL/MC ( $R^2 = 0.343$ ;  $p = 0.013$ ) and SQ/MC ( $R^2 = 0.618$ ;  $p < 0.001$ ), they were able to predict  $V_{Peak}$  performance. The prediction from the sum of the DL and SQ loads produced an association for MART ( $R^2 = 0.451$ ;  $p = 0.003$ ) and  $V_{Peak}$  ( $R^2 = 0.273$ ;  $p = 0.031$ ) in LS participants. In the second phase of the study, 17 participants performed cross-validation by testing the prediction equations. The same methodological procedures were performed for this phase, but only LS participants were tested. The Wilcoxon test compared Real MART vs. predicted MART for DL ( $p = 0.02$ ) and SQ ( $p = 0.043$ ), showing significant differences, but not for DL/MC ( $p = 0.051$ ) and SQ/MC ( $p = 0.093$ ). Wilcoxon also showed differences for Real  $V_{Peak}$  vs. predicted  $V_{Peak}$  for DL/MC ( $p = 0.002$ ), SQ ( $p = 0.019$ ) and SQ/MC ( $p = 0.05$ ). The MART predictive equation based on the sum of the loadings did not show significant differences ( $p = 0.148$ ), but the same did not occur for  $V_{Peak}$  based on the sum of the loadings ( $p = 0.008$ ). Maximum strength levels did not show significant predictive capacity in HS participants. However, it was significant for LS participants. DL showed greater predictive prominence for MART. In contrast, for aerobic performance, SQ/MC satisfactorily explained the variations in running performance (61%). Finally, the predictive equations of MART by DL/MC and SQ/MC were shown to be accurate, as well as the sum of loads to predict MART.

**KEYWORDS:** Performance, Strength Training, Performance.

## INTRODUÇÃO

Pesquisadores e profissionais do treinamento desportivo, comumente, buscam compreender e otimizar o desempenho físico em atletas e praticantes recreacionais frente a diferentes modalidades esportivas [3,14–16]. Para tal, a compreensão de que a capacidade de elevarmos nosso rendimento físico e competitivo, em geral, é dependente e melhor explicada por suas variáveis determinantes [4,8,17]. No caso da corrida de fundo, a economia de movimento, variável expressa pelo equilíbrio entre consumo submáximo de oxigênio e a energia despendida em determinada velocidade estável, parece ser o componente mais relevante para o sucesso esportivo, depois do próprio  $VO_{2Máx}$  [18-21]. No entanto, a própria corrida de endurance, ou de curta duração, também apresentam íntima relação com os índices de velocidades associadas a ocorrência do  $VO_{2Máx}$  [4], vias energéticas anaeróbias [9] e a capacidade de produção de força [10–13,22–24].

O treinamento de força tem se mostrado uma eficaz estratégia para a melhora do desempenho de corrida [25], e seus efeitos parecem melhor associados às adaptações neurais do que efetivamente elementos estruturais [11,19-21]. Estudos progressos já haviam estabelecido a relação entre força máxima absoluta ou relativizada pela massa corporal, reforçando a perspectiva de interferência positiva sobre o desempenho de corrida, sugerindo que quanto maior a capacidade de levantamento de carga externa, menor seria o tempo de corrida, todavia, principalmente foram analisadas as habilidades de sprints [10–13,23,24,26]. Determinar o quanto a força máxima interfere e explica as variações do rendimento de corrida, seja aeróbio ou anaeróbio, apesar de não ser um assunto novo, ainda permanece pouco conclusivo, principalmente para o desempenho de endurance. Além disso, não sabemos se o desenvolvimento da força máxima produziria iguais associações diante de diferentes níveis de capacidades físicas, o que nos leva a exploração da temática sob uma nova ótica.

Profissionais do exercício compreendem que a força, então, é elemento relevante para inclusão em um programa de treinamento [25,27]. Entretanto, definir que padrões de exercícios melhor se associariam com ao desempenho de corrida, isto ainda carece de investigação. Historicamente, exercícios com padrões cinemáticos, envolvendo extensão de quadril, joelho e tornozelo simultaneamente,

tais como, agachamento (AG) e suas derivações, com diferentes manifestações da força, são empregados como mecanismo preditivo do rendimento de corrida [10,12,22–24,26,28], explicado principalmente sob uma mecânica de movimento análoga a da corrida. Entretanto, partindo do racional descritivo do movimento, e da especificidade, outros exercícios cinematicamente semelhantes, tal como, o movimento de Deadlift (DL), poderiam demonstrar viabilidade como estratégia preditiva [29]. Apesar de serem movimentos cinematicamente semelhantes, são visualizadas particularidades quando a sua cinética, conforme documentado por Choe et al., (2021). Os autores demonstram que o exercício de DL apresenta maior pico de torque articular sobre os extensores de quadril, comparado ao agachamento (3,59 vs. 2,98 Nm·kg<sup>-1</sup>,  $d = 0,81$ ,  $p < 0,001$ ), enquanto que o exercício de AG apresenta maior pico de momento articular sobre os joelhos (2,14 vs. 1,18 Nm·kg<sup>-1</sup>,  $d = 1,44$   $p < 0,001$ ) [30]. Apesar deste entendimento, nenhum estudo até o momento estabeleceu a capacidade associativa do DL em explicar o desempenho de corrida, sendo apenas o desempenho de salto investigado [29], o que faz necessário investigação. Além disso, compreendendo que ambos os movimentos produzem cinéticas particulares, mas que comumente são exigidos no padrão de corrida, especulamos que o somatório das cargas externas absolutas entre AG e DL, pudessem se complementar e melhor explicar o rendimento aeróbio e anaeróbio de corrida, no entanto, tal perspectiva ainda carece de investigação. Por fim, a validação cruzada também deve ser estabelecida a fim de testar as equações produzidas.

Portanto, o objetivo primário deste estudo foi estabelecer a relação entre a produção de força máxima, representada pela quantidade máxima de carga externa levantada (kg), e relativizada pela massa corporal (MC<sup>1,0</sup>) nos exercícios de DL e AG, a fim de analisar se o desempenho anaeróbio de MART (maximal anaerobic running test) e aeróbio progressivo máximo ( $V_{Pico}$ ) poderiam satisfatoriamente ser estimados através da força, diante de indivíduos estratificados em altos scores de força e menores scores de força. Secundariamente analisaremos se o somatório das cargas absolutas (carga de DL + AG) apresentaria melhor valor preditivo ao desempenho aeróbio e anaeróbio, do que as cargas individuais, tanto para indivíduos com altos scores de força, quanto para os de menores scores de força.

Por fim, estabeleceremos a confiabilidade das medidas de força máxima (RM).

Nossa hipótese ( $H_1$ ) é de que o modelo regressivo apresentará significativo desfechos preditivos para indivíduos de altos e baixos escores de força, tanto para os movimentos de DL e AG analisados por cargas absolutas, quanto para as cargas alometricamente relativizadas pela  $MC^{1,0}$ . Além disso, acreditamos que o somatório das cargas de DL e AG possam produzir melhores coeficientes de determinação do que as cargas individuais de DL e AG para estimar o desempenho anaeróbio e aeróbio nos testes laboratoriais ( $H_2$ ). Por fim, as determinações de 1RM apresentarão excelentes coeficientes de correlações ( $H_3$ ).

Posteriormente, uma segunda etapa de coleta objetivou realizar a validação cruzada das equações geradas. Acreditamos que as equações apresentarão significativa associação entre as medidas reais e preditas ( $H_1'$ ).

## **MÉTODOS**

### *Abordagem experimental*

O presente estudo foi realizado com base nas diretrizes para estudos transversais STROBE Statement (<https://www.strobe-statement.org/checklists>) e foi dividido em duas coletas distintas. O estudo seguiu a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (parecer número – 3.858.767 – CAAE: 26916819.9.0000.5512). Todos os participantes foram recrutados por conveniência, em chamamento público em uma universidade privada do Centro-oeste do Brasil, e assinaram um termo de consentimento contendo informações pertinentes sobre os procedimentos experimentais, bem como os possíveis riscos e desconfortos envolvidos no estudo. Essas informações também foram explicadas verbalmente de maneira detalhada. Após seleção, aceitação e compreensão dos riscos inerentes ao exercício físico, todos os participantes assinaram o termo de consentimento.

A primeira coleta, tratou-se de um estudo observacional transversal e foi estabelecido de forma não randomizada e controlada. Como medida de desfecho primário, foi analisado o potencial associativo da força absoluta dos exercícios de DL e AG sobre o desempenho de potência aeróbia máxima e a potência anaeróbia, bem como, se as normalizações alométrica das cargas externas relativizadas pela

massa corporal poderiam melhor prever o desempenho ( $H_1$ ). Como desfecho secundário ( $H_2$ ), nos dedicamos a analisar se o somatório das cargas absolutas melhor se associará ao do desempenho aeróbio e anaeróbio do que as cargas individuais. Por fim, foi estabelecido a confiabilidade das medidas de força ( $H_3$ ). O fluxograma 1 apresenta os resultados do recrutamento, ingresso, elegibilidade e exclusão dos participantes da coleta experimental.

Uma segunda coleta de característica observacional transversal foi realizada, sendo analisado a validação cruzada das equações produzidas. O fluxograma 2 apresenta os resultados do recrutamento, ingresso, elegibilidade e exclusão dos participantes da coleta experimental.

### *Desenho do estudo*

#### *Primeira Coleta*

Os participantes responderam a um termo de consentimento livre e esclarecidos e vieram ao laboratório num total de cinco visitas. A primeira visita consistiu em uma caracterização da amostra a partir de procedimentos antropométricos, bem como, um teste de repetição máxima (RM) dos movimentos de DL e AG, bem como, uma familiarização com o teste de desempenho MART. Na segunda visita os participantes realizaram os procedimentos de RM de DL ou AG (procedimento randomizado). Na terceira visita um novo procedimento de RM de DL ou AG foi realizado, estabelecendo-se a consistência da medida. A quarta visita consistiu na execução do teste de desempenho máximo MART. Por fim, na última visita realizou-se apenas o protocolo de desempenho aeróbio progressivo máximo. Em todas as visitas os participantes foram encorajados a realizar o melhor desempenho possível. Todos os procedimentos foram realizados em um mesmo momento do dia, e em temperatura controlada entre 21 e 23°.

#### *Segunda Coleta*

Os participantes responderam a um termo de consentimento livre e esclarecidos, realizando apenas quatro visitas. A primeira visita consistiu na determinação da caracterização da amostra a partir de procedimentos

antropométricos e um teste de repetição máxima (RM) dos movimentos de DL e AG (randomizado). Na segunda visita, um novo teste de repetição máxima (RM) de um dos movimentos foi realizado, bem como, uma familiarização com o teste de desempenho MART. Na terceira e quarta visita, foram realizados um teste de desempenho máximo MART e o protocolo de desempenho aeróbio progressivo máximo (randomizado). Para todos os testes, houve um encorajamento para o alcance máximo do desempenho. Todos os procedimentos foram realizados em um mesmo momento do dia, e em temperatura controlada entre 21 e 23<sup>o</sup>.

### *Amostra*

Na primeira coleta, foram convidados a participar do presente estudo 34 estudantes universitários (homens e mulheres) recreacionalmente treinados para corrida, de baixo risco segundo critérios de estratificação de risco proposto pelo ACSM, aparentemente saudáveis, após chamada pública em uma Universidade do centro-oeste do Brasil. A chamada ocorreu durante o período de agosto de 2022 a janeiro de 2023.

Na segunda coleta, 32 universitários de ambos os sexos, recreacionalmente treinados, aparentemente saudáveis, foram convidados a participar do estudo via chamamento público em uma Universidade do centro-oeste do Brasil. A segunda chamada ocorreu durante o período de janeiro de 2024 e maio de 2024.

Para ambas as coletas, os participantes foram incluídos com base nos níveis de força relativizado pela massa corporal nos movimentos de DL e AG (entre 1,0 e 2,5 kg/kg) e nos desempenhos recreacionais de corrida para uma distância de 5 km (até 30 min). Entretanto, para segunda coleta, foram incluídos apenas participantes com menos de 1,5 de relação de carga externa relativizada pela massa corporal nos movimentos em questão.

Como critérios de exclusão, foram retirados os participantes que fizessem uso de substâncias que alteram o sistema cardiovascular ou substâncias que promovam artificialmente a melhora da força, além de lesão prévia recorrentes. Também foram eliminados do estudo os participantes que obtiveram níveis de força menores que 1,0, considerando a relação entre carga e massa corporal. Todos tiveram antecipadamente os procedimentos acordados e suas dúvidas sanadas.

O tamanho amostral foi definido com base nos parâmetros para *linear regression: random model*, considerando os seguintes atributos: Tail = Two;  $H_1 = 0.4$ ; alpha error = 0,05; Power = 0,95; Number of predictors = 2, resultando em um total amostral de 34 participantes.

## **Procedimentos**

### *Procedimentos morfológicos e antropométricos*

A massa corporal e a estatura dos participantes foram medidas com balança e estadiômetro (WELMY 110 CH, Brasil), seguindo as recomendações propostas pela International Society for Advancement of Kinanthropometry. A avaliação antropométrica foi constituída através das medidas das dobras cutâneas, com avaliação do percentual de gordura corporal por meio do protocolo das sete dobras cutâneas (subescapular, tríceps, peitoral, axilar média, Suprailíaca, abdominal e coxa) (Pollock e Wilmore, 1993) e estimativa confirme definido por Siri (1956).

### *Teste de uma repetição máxima.*

Para realização do teste de 1 RM o avaliado foi submetido a execução de uma repetição com a maior carga possível no exercício DL e AG. Para tal, contou-se com uma progressão e três tentativas com cinco minutos de intervalo entre elas. Para o movimento de Deadlift, os participantes iniciaram com os braços alinhados à largura dos ombros, pés à largura dos ombros e pegada pronada. A barra partiu do chão com os joelhos e quadril flexionados, e o tronco fletido a frente. Na fase concêntrica a barra é elevada do chão até a linha da cintura. As tentativas em que o avaliado não conseguiu estabelecer a posição de alinhamento estendido não foram consideradas.

Para o movimento de agachamento, cada avaliado contou com uma progressão de carga e três tentativas com cinco minutos de intervalo entre as mesmas para determinação de 1 RM. Os participantes iniciaram com a barra nas costas, executando a fase excêntrica do movimento durante o momento descendente até os ângulos mais inferiores de joelho e quadril. A fase concêntrica consistiu em erguer a barra até o ponto de partida em extensão completa. As tentativas em que os avaliados não conseguiram estabelecer a posição de

alinhamento em extensão máxima não foram consideradas.

Antes das três tentativas os participantes realizaram uma progressão de carga da seguinte forma: a) aquecimento padrão apenas com o peso da barra (12 a 15 reps); b) uma série com seis a oito reps com 50% da carga máxima estimada pelo voluntário (intervalo de 3 min); c) uma série com três reps com 75% da carga máxima estimada (intervalo de 5 min). Após a progressão, iniciou-se as tentativas reais de 1RM. Um forte encorajamento verbal foi fornecido em todas as medidas de força.

#### *Teste de desempenho anaeróbio MART.*

Foi realizado um aquecimento com três minutos de duração a 5,0 km/h e sem inclinação. Após fase de aquecimento, foram realizados estímulos progressivos de 20 segundos e recuperação passiva com 100 segundos, partindo de 10,2 km/h com incrementos de 1,0 km/h a cada estágio com inclinação fixa de 12% até a exaustão voluntária máxima, adaptado do protocolo de Rusko e Nummela et al., (1996). A velocidade correspondente ao último estágio do teste foi considerada como a velocidade máxima do MART (vMART). Em caso de tentativa incompleta, o estágio anterior contou como a real vMART [17,31,32].

#### *Teste de desempenho progressivo de esforço máximo*

O teste em esteira ergométrica foi conduzido em ambiente laboratorial com a velocidade inicial de 8 km/h durante 2 minutos. Após o início, uma progressão de sobrecarga de 1km/h a cada 2 minutos foi realizada até que fosse alcançado o esforço máximo. O  $VO_{2Máx}$  foi determinado a partir da velocidade máxima ( $V_{Pico}$ ) alcançada durante o teste progressivo máximo, e estimado a partir da equação metabólica de corrida proposta pelo Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM). A Eq. 1 apresenta a equação preditiva para determinação do  $VO_{2Máx}$ .

Eq1.

---

$$VO_{2Máx} = [0,2 \times \text{velocidade (m/min)} + 0,9 \times \text{velocidade (m/min)} \times \text{inclinação (centesimal)}]$$

---

### *Dimensionamento por alometria*

O expoente padrão foi utilizado para a variável de massa corporal (MC), dimensionando a força relativa para o poder de 1,0 ( $Carga/MC^{1,0}$ ). As análises preditivas foram realizadas com base em todos os cenários, normalizados e não normalizados.

### *Estratificação dos níveis de treinamento*

Para estratificação dos participantes entre grupos de estratégia preditivas, foram considerados os valores superiores a 1.8 para o exercício de DL e 1.5 para o exercício de AG. Este grupo foi denominado “alto escore de força”. O grupo denominado “baixo escore de força” foi definido com base nos níveis de força relativizados pela massa corporal entre 1.0 e 1.6 para o exercício de DL e 1,0 e 1.4 para AG.

### *Análise e tratamento de dados*

Para evitar possíveis vieses sobre a análise, os dados foram coletados por dois pesquisadores distintos associados ao projeto e ao grupo de pesquisa (P.A. e P.D). Um terceiro avaliador foi responsável pela análise dos dados. O pesquisador responsável pela análise dos dados permaneceu cego durante todo o processo de coleta de dados (líder do grupo A.S.).

### *Análise Estatística*

Os dados foram expressos por média e desvio padrão (DP). Após análise de pressupostos estatísticos (normalidade residuais e de linearidade), um teste T foi utilizado para determinar as diferenças entre as medidas de base para caracterização da amostra e variáveis preditivas. Uma regressão linear estabeleceu a predição do desempenho aeróbio e anaeróbio a partir dos diferentes níveis estratificados de força máxima (alto x baixo escore de força), determinando o nível de associação e a equação da reta. Por fim, um coeficiente de correlação intraclasse (CCI) foi determinado a confiabilidade da medida de força.

Para a segunda coleta, após análise de normalidade dos dados, uma correlação de Spearman foi usado para determinar o nível de associação entre as

medidas reais de desempenho e as medidas previstas. O teste de Wilcoxon foi usado para posteriormente comparação entre as medidas reais e previstas (validação cruzada). Foi assumido um nível de significância de  $p < 0,05$  e utilizado o pacote estatístico do SPSS versão 20.

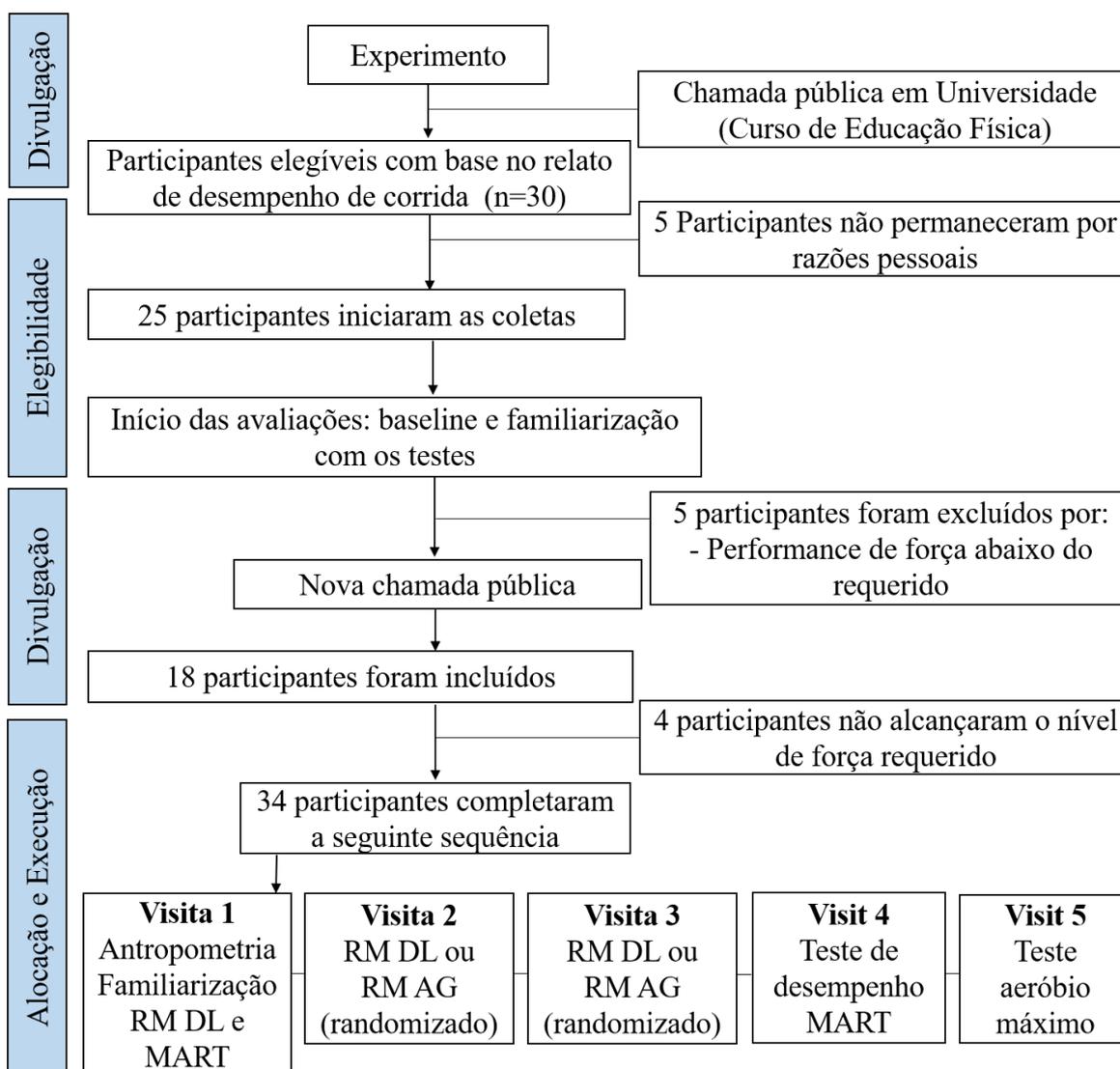
## RESULTADOS DE PREDIÇÃO (PRIMEIRA COLETA)

Os dados de caracterização da amostra foram estratificados por grupo de alto score de treinamento e baixo score de treinamento e são expressos por média e desvio padrão (DP), e apresentados na tabela 1. A normalidade amostral foi devidamente testada por Shapiro-Wilk, apresentando padrão de distribuição normal para todas as variáveis dependentes ( $p < 0,05$ ). O fluxograma 1 apresenta as etapas de inclusão e exclusão dos participantes. O teste T para grupos independentes designado para determinação das diferenças na caracterização entre grupos, evidenciou a igualdade nas variáveis de idade ( $p = 0,575$ ), massa corporal ( $p = 0,673$ ), estatura ( $p = 0,523$ ) e IMC ( $p = 0,981$ ).

**Tabela 1.** Caracterização da amostra estratificada por nível de treinamento.

	Alto Escore de Força				Baixo Escore de Força			
	Idade (anos)	Massa (kg)	Estatura (m)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Idade (anos)	Massa (kg)	Estatura (m)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )
Média	28,0	73,9	1,71	25,1	26,6	75,6	1,75	24,5
DP	8,1	11,4	0,08	2,7	6,3	11,9	0,09	3,2

Legenda: DP = desvio padrão; IMC = índice de massa corporal



**Fluxograma 1.** Fluxo de inclusão e exclusão dos participantes do estudo

O teste T independente comparou os participantes de alto vs. baixo escore de treinamento, apontando diferenças entre grupos para força máxima de DL ( $p < 0,0001$ ), força relativa de DL/MC ( $p < 0,0001$ ), força máxima de AG ( $p < 0,0001$ ) e força relativa de AG/MC ( $p < 0,0001$ ). O baseline das variáveis é apresentado na tabela 2.

**Tabela 2.** Estratificação por nível de força nos movimentos de DL e AG, relativizados ou não pela massa corporal

	Alto Escore de Força				Menor Escore de Força			
	DL	DL/MC	AG	AG/MC	DL	DL/MC	AG	AG/MC
	(kg)	(kg/kg)	(kg)	(kg/kg)	(kg)	(kg/kg)	(kg)	(kg/kg)
Média	145,3	2,0	111,1	1,5	105,4*	1,4*	86,3*	1,1*
DP	21,6	0,1	16,4	0,3	27,9	0,3	22,7	0,2

Legenda: DP = desvio padrão; DL = deadlift; AG = agachamento; DL/MC = carga de deadlift relativizado pela massa corporal; AG/MC = carga de agachamento relativizado pela massa corporal; \* diferenças significativas entre o grupo de menor escore de treinamento e o alto escore de treinamento.

Os resultados de desempenho de vMART e no teste incremental máximo, bem como, a os valores demanda metabólica estimada para ambos, são apresentados na tabela 3. Não houve diferenças para todas as variáveis dependentes de base relacionadas aos testes de corrida ( $V_{Pico} - p = 0,228$ ; vMART -  $p = 0,145$ ).

**Tabela 3.** Resultados dos testes de força e aeróbio progressivo máximo.

	Alto Escore de Força				Menor Escore de Força			
	VO <sub>2</sub> Máx	V <sub>Pico</sub>	VO <sub>2</sub>	vMART	VO <sub>2</sub> Máx	V <sub>Pico</sub>	VO <sub>2</sub>	vMART
	mL.kg.min	Km/h	mL.kg.min	Km/h	mL.kg.min	Km/h	mL.kg.min	Km/h
Média	53,3	14,9	95,9	18,0	50,8	14,2	90,5	16,9
DP	5,5	1,6	8,3	1,6	6,6	2,0	12,5	2,4

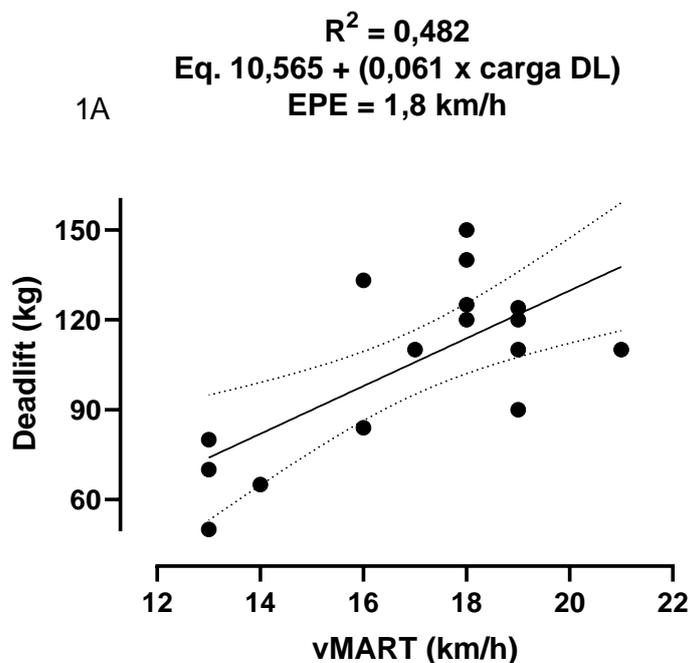
Legenda: DP = desvio padrão; V<sub>Pico</sub> = velocidade alcançada no último estágio do teste incremental máximo; vMART = velocidade obtida ao final do teste MART; VO<sub>2</sub>Máx = A demanda metabólica foi estimada com base nas equações do ACSM; VO<sub>2</sub> = demanda metabólica determinada com base no pico de velocidade alcançado no teste MART com 12% de inclinação.

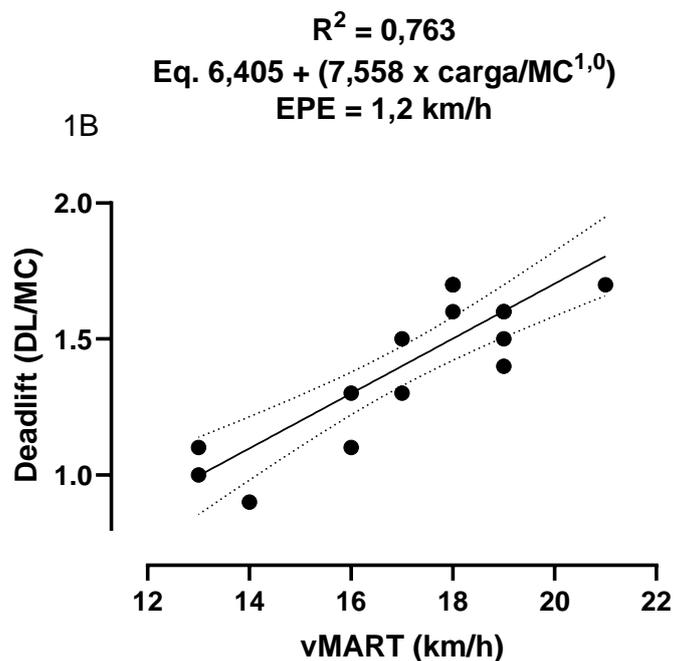
### Desfecho Primário

Para análise de regressão linear, foram aceitos os pré-requisito de linearidade entre a variável predita e preditora, bem como, da homocedasticidade e normalidade de distribuição dos resíduos. O modelo de regressão para os participantes de altos escores de treinamento não prediz o desempenho de MART, tanto para o exercício de DL ( $r = 0,193$ ;  $R^2 = 0,037$ ;  $F(1,15) = 0,581$ ;  $p = 0,458$ ) ou DL/MC ( $r = 0,057$ ;  $R^2 = 0,003$ ;  $F(1,15) = 0,048$ ;  $p = 0,829$ ), quanto para AG ( $r = 0,106$ ;  $R^2 = 0,011$ ;  $F(1,15) = 0,170$ ;  $p = 0,686$ ) ou AG/MC ( $r = 0,076$ ;  $R^2 = 0,006$ ;

$F(1,15) = 0,087$ ;  $p = 0,772$ ). Dessa forma, o teste de RM de DL não explica as variações do desempenho de MART, sugerindo que a força a partir de um determinado nível não influencie o desempenho de corrida anaeróbia.

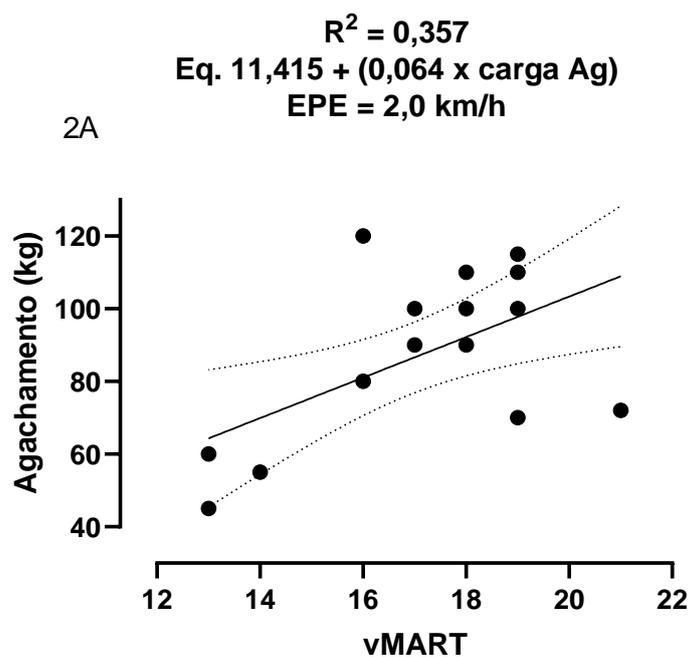
De forma contrária, a regressão linear demonstrou resultado positivo para a predição do desempenho MART diante dos menores escores de treinamento. O modelo de regressão apresentou significativos resultados para DL ( $r = 0,694$ ;  $R^2 = 0,482$ ;  $F(1,15) = 13,95$ ;  $p = 0,002$ ), DL/MC ( $r = 0,874$ ;  $R^2 = 0,764$ ;  $F(1,15) = 48,493$ ;  $p < 0,001$ ) e AG ( $r = 0,597$ ;  $R^2 = 0,357$ ;  $F(1,15) = 8,328$ ;  $p = 0,011$ ) e AG/MC ( $r = 0,803$ ;  $R^2 = 0,644$ ;  $F(1,15) = 27,154$ ;  $p < 0,001$ ). As figuras 1A e 1B apresentam os gráficos de regressão para o desempenho MART para o movimento de DL e as figuras 2A e 2B apresentam as análises de regressão entre MART e AG.

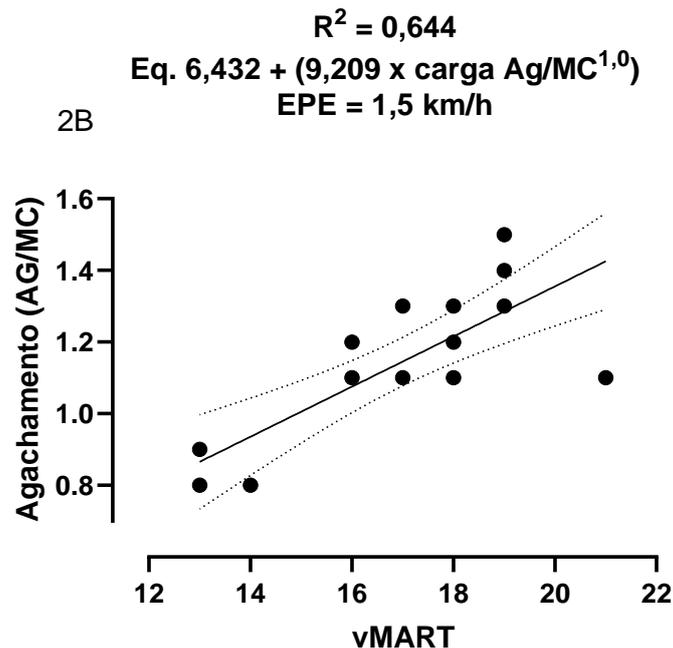




**Figura 1.** Representam a equação da reta de regressão das variáveis DL absoluta (1A) e DL relativa pela massa corporal (1B).

Legenda:  $R^2$  = coeficiente de determinação; DL/MC = carga externa de deadlift relativizada pela massa corporal; vMART = velocidade de pico obtida no teste incremental MART; EPE = erro padrão da estimativa.





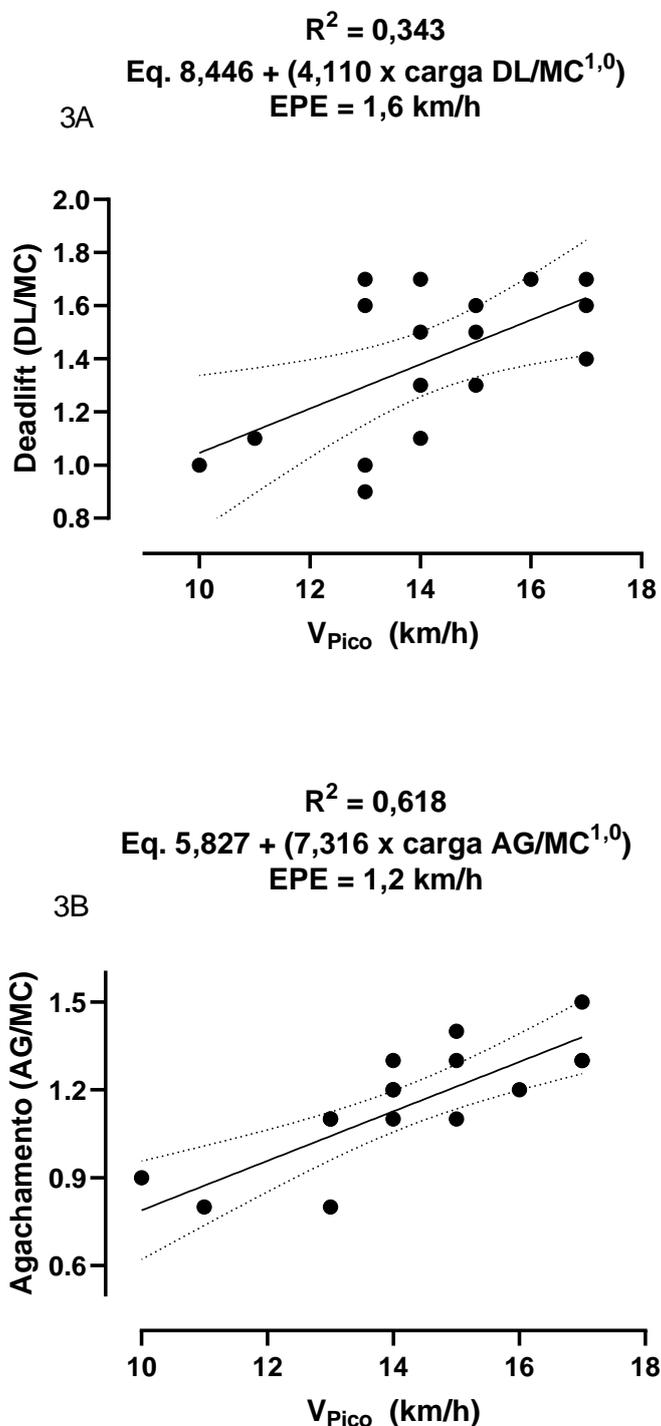
**Figura 2.** Representam a equação da reta de regressão das variáveis AG absoluto (2A) e AG relativo pela massa corporal (2B).

Legenda:  $R^2$  = coeficiente de determinação; DL/MC = carga externa de deadlift relativizada pela massa corporal; AG/MC = carga externa de agachamento relativizada pela massa corporal; vMART = velocidade de pico obtida no teste incremental MART; EPE = erro padrão da estimativa.

Quando temos o desempenho de pico no teste incremental como cerne da análise, a regressão linear também não demonstrou significativa associação entre os movimentos de DL ( $r = 0,158$ ;  $R^2 = 0,025$ ;  $F(1,15) = 0,384$ ;  $p = 0,545$ ), DL/MC ( $r = 0,265$ ;  $R^2 = 0,070$ ;  $F(1,15) = 1,123$ ;  $p = 0,306$ ), AG ( $r = 0,123$ ;  $R^2 = 0,018$ ;  $F(1,15) = 0,267$ ;  $p = 0,613$ ), AG/MC ( $r = 0,102$ ;  $R^2 = 0,010$ ;  $F(1,15) = 0,157$ ;  $p = 0,698$ ) e a  $V_{\text{Pico}}$  para os participantes de altos escores de treinamento.

O modelo regressivo usando o movimento de DL ( $r = 0,467$ ;  $R^2 = 0,218$ ;  $F(1,15) = 4,192$ ;  $p = 0,059$ ) para prever  $V_{\text{Pico}}$  não apresentou significância estatística. Contrariamente, AG se mostrou capaz de prever o desempenho de  $V_{\text{Pico}}$  ( $r = 0,555$ ;  $R^2 = 0,309$ ;  $F(1,15) = 6,692$ ;  $p = 0,021$ ). Quando utilizamos a relativização alométrica, o modelo também se mostrou positivo para DL/MC ( $r = 0,586$ ;  $R^2 = 0,343$ ;  $F(1,15) = 7,841$ ;  $p = 0,013$ ) predizendo o desempenho de  $V_{\text{Pico}}$ . Por fim, a regressão de  $V_{\text{Pico}}$  pela variável preditora AG/MC, se mostrou positiva apresentando resultados significativos entre a variável preditiva e preditora ( $r =$

0,786;  $R^2 = 0,618$ ;  $F(1,15) = 24,264$ ;  $p < 0,001$ ). As figuras 3A a 3B apresentam os gráficos de regressão para o desempenho  $V_{Pico}$  para ambos os movimentos investigados relativizados pela MC.



**Figura 3.** Representam a equação da reta de regressão das variáveis DL (3A) e AG (3B) relativizados pela massa corporal.

Legenda:  $R^2$  = coeficiente de determinação; DL/MC = carga externa de deadlift relativizada pela massa corporal; AG/MC = carga externa de agachamento relativizada pela massa corporal;  $V_{Pico}$  = velocidade de pico obtida no teste incremental máximo; EPE = erro padrão da estimativa.

### Desfecho Secundário

O somatório das cargas externas foi calculado e utilizado para a predição do desempenho. Houve diferenças significativas entre os escores de alto vs. Menor nível de treinamento ( $p < 0,0001$ ). A tabela 4 apresenta os somatórios das cargas de DL e AG.

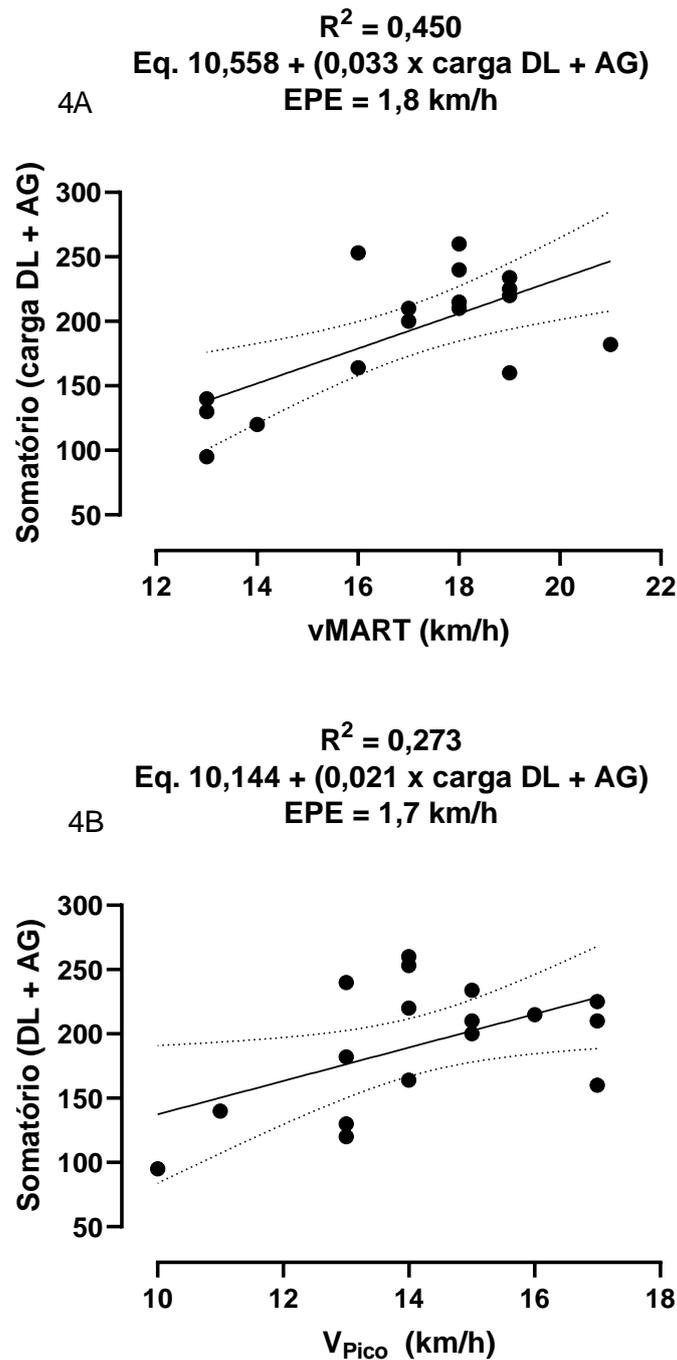
**Tabela 4.** Somatório de cargas entre os movimentos de DL e AG

	Alto Score de Força (kg)	Menor Score de Força (kg)
Média	256,5	191,7*
DP	33,5	49,1

Legenda: DP = desvio padrão; \* diferenças significativas entre grupos

O modelo preditivo utilizando o somatório das cargas em ambos os movimentos foi testado com base nos pressupostos de linearidade e normalidade. O somatório das cargas (DL + AG) não produziu significativa associação com o desempenho MART ( $r = 0,176$ ;  $R^2 = 0,031$ ;  $F(1,15) = 0,481$ ;  $p = 0,499$ ) para os participantes de alto escore de treinamento. Ao analisarmos os participantes de menor escore de treinamento, a regressão linear apesar de significativa, não parece superior a outros modelos preditivos isolados ( $r = 0,671$ ;  $R^2 = 0,451$ ;  $F(1,15) = 12,318$ ;  $p = 0,003$ ).

O modelo preditivo utilizando o somatório das cargas como variável preditora de  $V_{Pico}$ , não apresentou-se significativos resultados quando considerado os altos níveis de scores de treinamento ( $r = 0,037$ ;  $R^2 = 0,001$ ;  $F(1,15) = 0,021$ ;  $p = 0,888$ ), mas foi significativo ao considerarmos os menores níveis de treinamento ( $r = 0,523$ ;  $R^2 = 0,273$ ;  $F(1,15) = 5,646$ ;  $p = 0,031$ ). As figuras 4A e 4B apresentam os gráficos de regressão para o somatório de desempenhos.



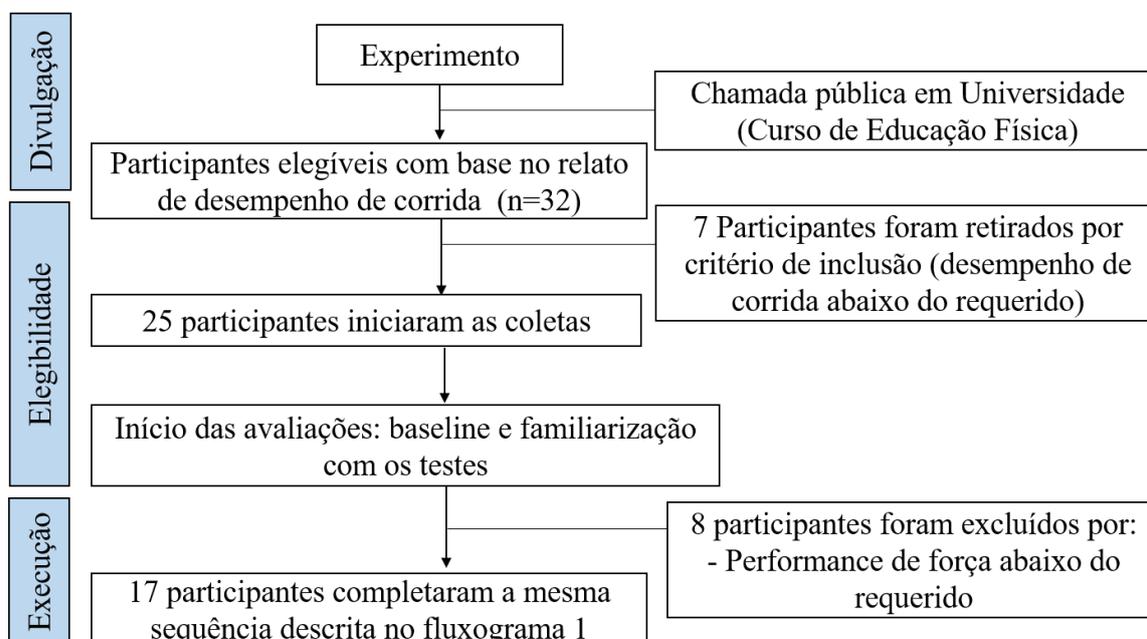
**Figura 4.** Representam a equação da reta de regressão do somatório das cargas de DL e AG para vMART (4A) e V<sub>Pico</sub> (4B), respectivamente.

Legenda:  $R^2$  = coeficiente de determinação; vMART = velocidade de pico obtida no teste incremental MART; V<sub>Pico</sub> = velocidade de pico obtida no teste incremental máximo; EPE = erro padrão da estimativa.

## Desfecho Terciário

Por fim, a confiabilidade das medidas de força foi inicialmente realizada em apenas nos primeiros 22 participantes (G power = Correlation Biserial Model; Two Tail; Effect Size = 0,7; Alpha = 0,01; Power = 0,95). A análise CCI apontou excelente estabilidade da medida (CCI = 0,99) entre as sessões realizadas para o movimento de DL ( $117,2 \pm 32,7$  kg –  $120,2 \pm 34,4$  kg, respectivamente para sessão 1x2). Para o movimento de AG, o CCI apresentou uma associação de 0,99 ( $91,4 \pm 24,6$  kg –  $93,2 \pm 22,3$  kg, respectivamente para sessão 1x2).

## RESULTADOS DE VALIDAÇÃO CRUZADA (SEGUNDA COLETA)



**Fluxograma 2.** Fluxo de inclusão e exclusão dos participantes do estudo

Após análise de pressupostos estatísticos, não foi observado normalidade na distribuição dos dados para as variáveis de medida vMART predita por DL absoluto e relativo ( $p = 0,007$ ;  $p = 0,009$ , respectivamente), ou AG absoluto e relativo ( $p = 0,017$ ;  $p = 0,003$ , respectivamente), bem como para as variáveis de medida  $V_{Pico}$  predita por DL relativo ( $p = 0,092$ ) e  $V_{Pico}$  predita por AG absoluto e relativo ( $p = 0,020$ ;  $p = 0,004$ ). O mesmo ocorreu para o somatório das cargas para

predição de vMART ( $p = 0,050$ ), somatório das cargas para predição de  $V_{Pico}$  ( $p = 0,046$ ). Portanto, os dados foram tratados de forma não paramétrica.

A tabela 5 apresenta a caracterização da nova amostra participante do processo de validação das equações de predição. A tabela 6 apresenta os dados de desempenho de força e de corrida. A tabela 7 apresenta os resultados de associação entre as medidas reais de desempenho vMART e  $V_{Pico}$  vs. os diferentes resultados preditos por valores absolutos e relativos de DL e AG, bem como, o somatório das cargas.

**Tabela 5.** Caracterização amostral dos participantes ( $n = 17$ ; 10 Mulheres e 7 Homens).

	Idade (anos)	MC (kg)	Gor (%)	DL/MC (kg/kg)	AG/MC (kg/kg)
Média	26,0	68,4	18,6	1,3	1,1
DP	5,7	14,3	12,3	0,2	0,1

**Legenda:** DP = desvio padrão; MC = massa corporal; Gor = gordura percentual; DL/MC = Deadlift relativizado pela massa corporal; AG/MC = Agachamento relativizado pela massa corporal

**Tabela 6.** Medidas de desempenho da nova amostra com baixo escore de força.

	DL (kg)	AG (kg)	vMART (km/h)	$V_{Pico}$ (km/h)
Média	90,6	74,4	15,3	12,6
DP	29,5	17,1	1,9	1,5

**Legenda:** DP = desvio padrão; DL = Deadlift; Ag = Agachamento;  $V_{Pico}$  = Velocidade de pico no teste incremental máximo

**Tabela 7.** Associação entre as medidas reais de desempenho vMART e  $V_{Pico}$  com as Equações de predição por DL e AG, bem como, o somatório das cargas.

	Eq. Predição por DL		Eq. Predição por AG		Somatório (DL + AG)
	(Abs)	(Rel)	(Abs)	(Rel)	
vMART Real	$r = 0,766$ ; $p = 0,001^*$	$r = 0,757$ ; $p = 0,001^*$	$r = 0,545$ ; $p = 0,024^*$	$r = 0,125$ ; $p = 0,634$	$r = 0,683$ ; $p = 0,003^*$

	$r = 0,651;$ $p = 0,005^*$	$r = 0,430;$ $p = 0,085$	$r = 0,089;$ $p = 0,733$	$r = 0,573;$ $p = 0,016^*$
$V_{Pico}$ Real				

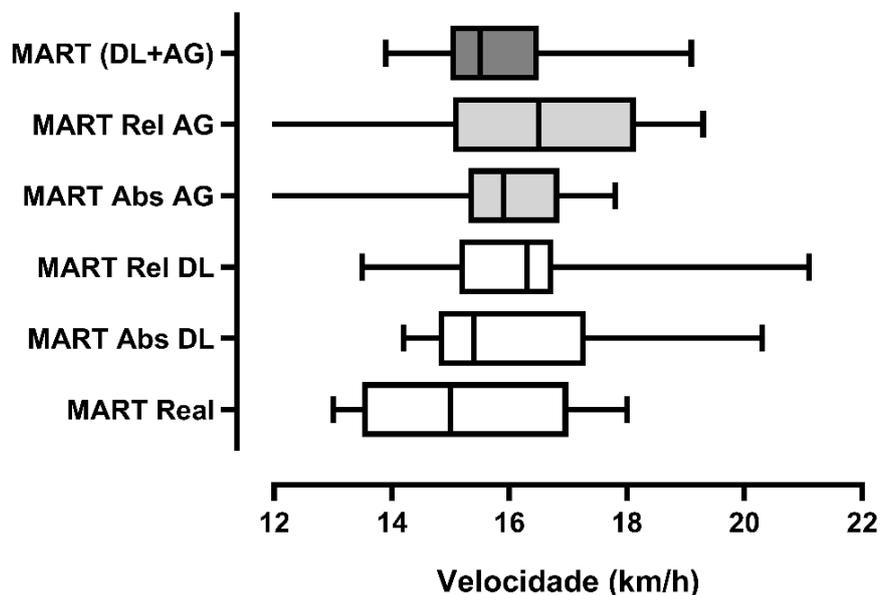
**Legenda:** DL = Deadlift; Ag = Agachamento; vMART Real = Velocidade de pico obtida no teste MART;  $V_{Pico}$  Real = Velocidade de pico obtida no teste incremental máximo; Eq. = Equação de predição; Abs = valores absolutos; Rel = valores relativizados pela massa corporal

O teste de Wilcoxon para as medidas de vMART Real vs. vMART predito por DL ( $p = 0,02$ ) e AG ( $p = 0,043$ ) apresentaram diferenças significativa, porém não para DL/MC ( $p = 0,051$ ) e AG/MC ( $p = 0,093$ ). O mesmo tratamento estatístico foi usado para as medidas de  $V_{Pico}$  Real vs.  $V_{Pico}$  predito por DL/MC ( $p = 0,002$ ), AG ( $p = 0,019$ ) e AG/MC ( $p = 0,05$ ), demonstrando diferenças significativas entre a medida real e a prevista pela equação. Para a previsão do desempenho vMART a partir do somatório das cargas de DL e AG, a comparação pelo teste de Wilcoxon não demonstrou diferenças significativas ( $p = 0,148$ ), porém, o mesmo não ocorreu para a previsão do desempenho de  $V_{Pico}$  a partir do somatório das cargas de DL e AG ( $p = 0,008$ ), onde foi observado diferenças significativas. A tabela 8 apresenta o erro típico de medida para as variáveis reais vs. preditas. As figuras 5 e 6 apresentam as comparações entre as medidas real vs. previstas pela equação, usando DL, AG e o somatório das cargas. A figura 7 e 8 apresentam a análise de concordância de Bland-Altman.

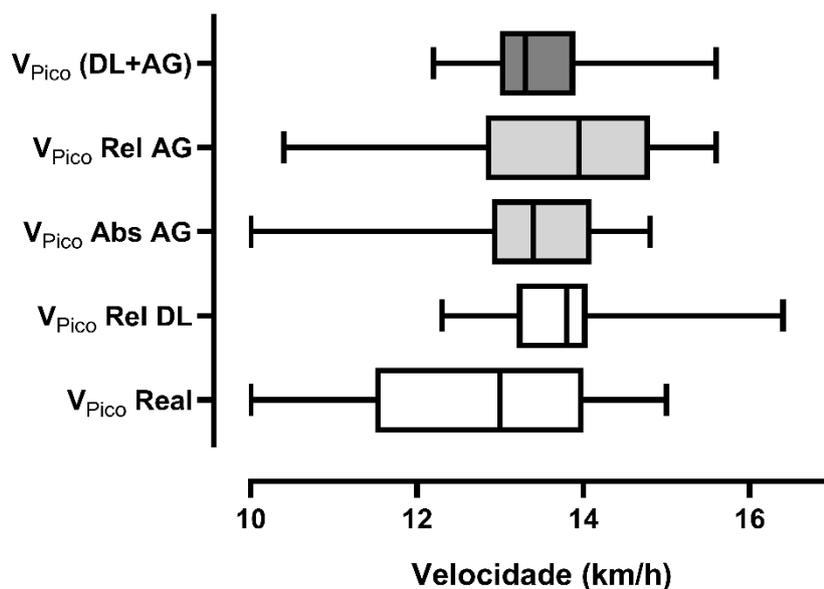
**Tabela 8.** Erro típico de medida para as variáveis reais de desempenho e preditas.

	vMART				
	DL	DL/MC	AG	AG/MC	DL+AG
	(km/h)				
ETM (Absoluto)	0,87	0,95	1,54	2,70	0,98
ETM (Relativo)	5,5%	6,0%	9,9%	17,3%	6,3%
	$V_{Pico}$				
	DL	DL/MC	AG	AG/MC	DL+AG
	(km/h)				
ETM (Absoluto)		2,67	1,30	2,26	0,89
ETM (Relativo)		18,7%	10,0%	17,4%	6,9%

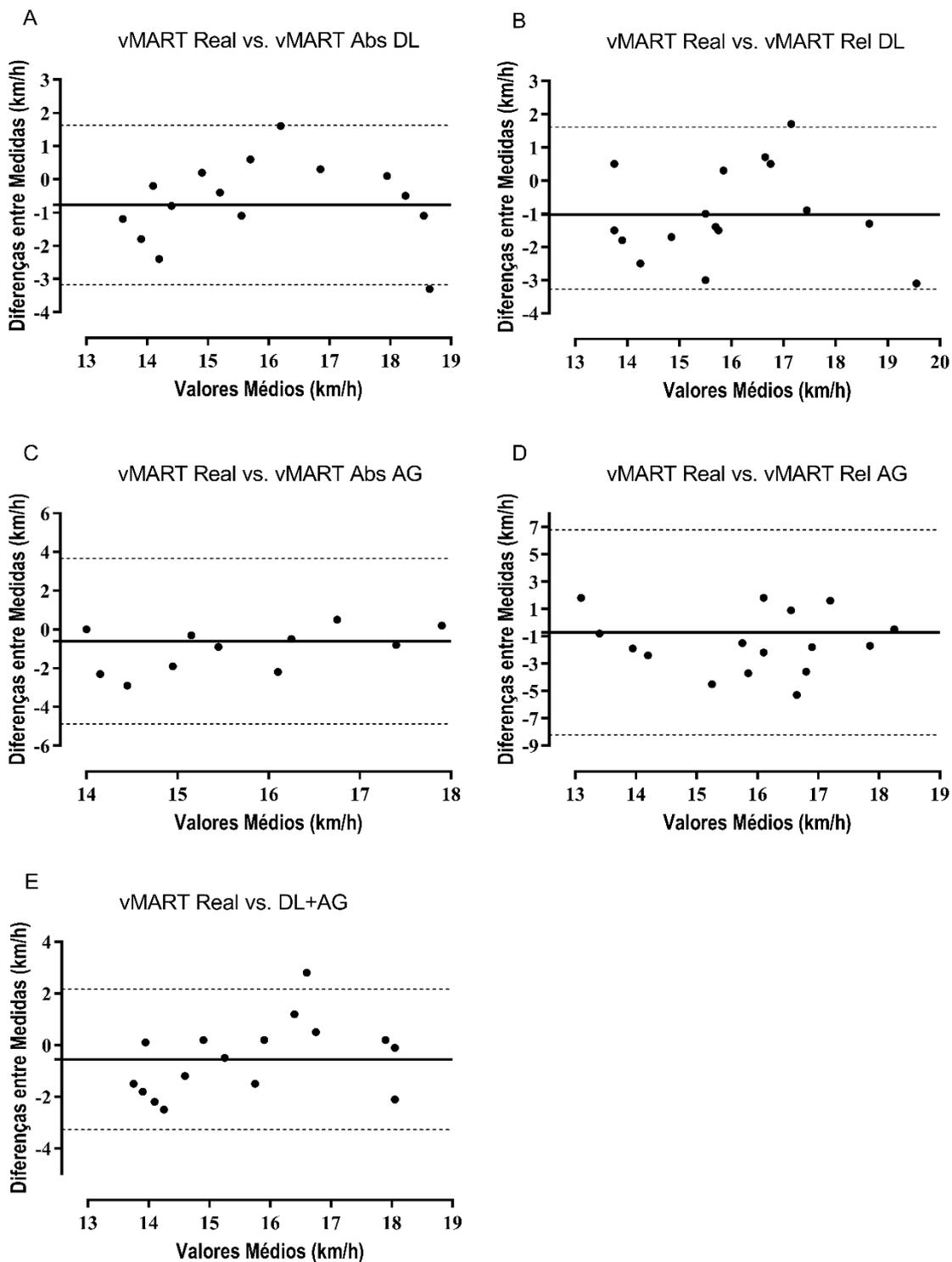
Legenda: ETM = Erro típico de medida; DL = medida de força absoluta de Deadlift; DL/MC = medida de força relativizada pela massa corporal no Deadlift; AG = medida de força absoluta de Agachamento; AG/MC = medida de força relativizada pela massa corporal no Agachamento; DL+AG = somatório das cargas de Deadlift e Agachamento.



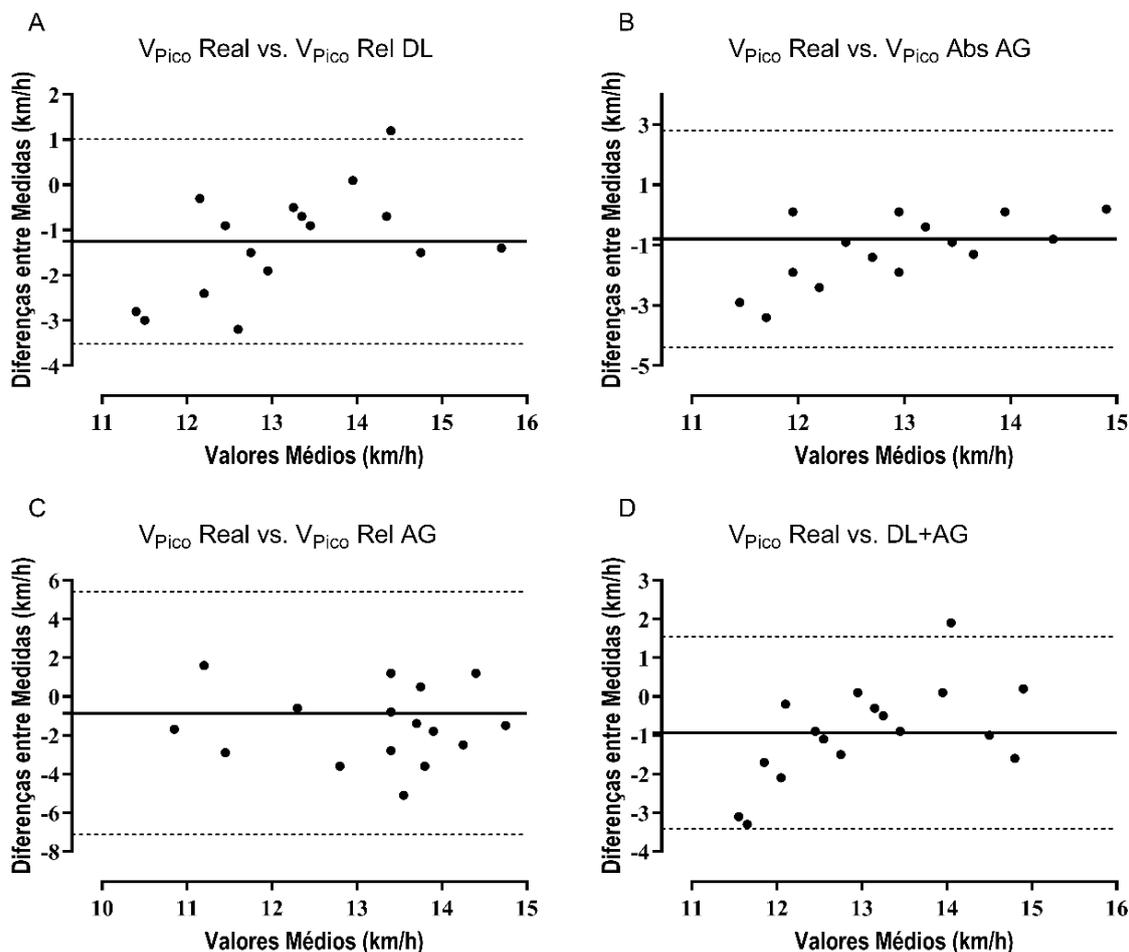
**Figura 5.** Box plot dos desempenhos de vMART real e predito, absoluto e relativo, por DL e AG, bem como, o somatório das cargas (DL+AG).



**Figura 6.** Box plot dos desempenhos de  $V_{Pico}$  real e predito, absoluto e relativo, por DL e AG, bem como, o somatório das cargas (DL+AG).



**Figura 7.** Análise de concordância por Bland-Altman para vMART



**Figura 8.** Análise de Concordância por Bland-Altman para o desempenho de  $V_{Pico}$  e as respectivas predições por DL, AG e DL+AG.

## DISCUSSÃO

O objetivo primário deste estudo foi estabelecer a relação entre a produção de força máxima absoluta, representada pela quantidade máxima de carga externa levantada (kg), e relativizada pela  $MC^{1.0}$  nos exercícios de DL e AG, a fim de analisar se o desempenho anaeróbio de vMART e aeróbio máximo  $V_{Pico}$  poderiam satisfatoriamente ser estimados através da força. Nossa hipótese primária foi parcialmente aceita, uma vez que os níveis de força não impactaram significativamente sobre o desempenho anaeróbio e aeróbio, diante de indivíduos possuidores de amplo lastro de força máxima, sugerindo a existência de um teto limite no qual os níveis de força máxima continuariam a interferir na melhoria do

desempenho. Contrariamente, observamos em indivíduos de menores escores de força, que a ampliação da força máxima caberia como estratégia de influência no desempenho de corrida. Nesse sentido, nosso estudo é pioneiro em apresentar a perspectiva de um limite em que a força é realmente importante, e que após tal limite, não há mais a necessidade de investir em novas tentativas de incrementos.

É compreendido razoavelmente na literatura, a importância do treinamento de força para o desenvolvimento do desempenho de corrida [18-20,22]. Quando combinado com a corrida parece refletir em significativas adaptações, que por sua vez, influenciaria positivamente sobre a economia de corrida e fatores de potência muscular [21]. Sentija, Marsie e Dizdar [11] demonstram que o treinamento de força em indivíduos jovens fisicamente ativos pode induzir aumentos, tanto na resistência anaeróbica, quanto na resistência aeróbica. Em indivíduos destreinados, há também uma pequena influência sobre o consumo máximo de oxigênio. Logicamente, nosso estudo não se tratou de uma intervenção crônica a partir dos exercícios apresentados, no entanto, tal referencial argumentativo de melhora reforça a plausibilidade da investigação, de modo que os efeitos dos componentes relacionados a força máxima, de fato se relacionam com o desempenho de corrida [12,23,24,26].

Além disso, nosso estudo também é pioneiro em demonstrar que o movimento de DL pode ser um importante preditor do desempenho tanto anaeróbio, quanto aeróbio. O movimento de DL é semelhante ao AG quanto sua descrição mecânica (planos e eixos de movimento). Trata-se de uma extensão de quadril, joelho e tornozelo, entretanto, com diferente posicionamento inicial, ação principal requerida (concêntrica apenas) e em sua amplitude. Choe et al., (2021) demonstram também que DL apresenta maior pico de torque articular sobre os extensores de quadril, comparado ao agachamento (3,59 vs. 2,98 Nm·kg<sup>-1</sup>,  $d = 0,81$ ,  $p < 0,001$ ) [30]. Nesse sentido, sabemos que, principalmente, que o requerimento de grandes amplitudes de movimento diante da corrida é razoavelmente pequeno, o que faz do AG elemento aparentemente pouco específico. Adicionalmente, os movimentos de extensões das articulações do quadril, joelho e tornozelo são os principais aceleradores da massa corporal diante do desempenho de curta duração, tal como no teste MART [12,23]. Portanto,

partindo da premissa principalmente da especificidade, parece haver plausibilidade na utilização do exercício de DL no contexto do desempenho de corrida, e nosso estudo corrobora com tal argumentação, principalmente quando a carga externa é relativizada pela MC (DL vs. vMART –  $R^2 = 0,482$ ; DL/MC vs. vMART –  $R^2 = 0,763$ ; DL/MC vs.  $V_{Pico}$  –  $R^2 = 0,343$ ). Então, o movimento de DL relativizado pela MC se apresenta como uma grande alternativa, explicando 76% das variações do rendimento anaeróbio e aeróbio em participantes de menores níveis de scores de força (< 1.5 da MC).

Entretanto, apesar desta linha de pensamento, em nosso estudo visualizamos que também o AG possui relevância para explicar o desempenho de corrida, mesmo diante de um padrão cinemático distinto do realizado na corrida (amplitude profunda de avaliação – *deep squat*). Visto que o movimento de AG, bem como, suas variações diante de diferentes manifestações da força figuram na literatura como medida opcional de avaliação e mecanismo preditivo [10,12,13,24], nossos resultados se apresentam em linha, apresentando um coeficiente de determinação capaz de explicar 35% das variações do desempenho anaeróbio quando consideramos a carga externa bruta ( $R^2 = 0,357$ ), aumentando sua capacidade associativa para 64% quando relativizamos pela MC<sup>1,0</sup> ( $R^2 = 0,644$ ). A predição do  $V_{Pico}$ , no entanto, apenas apresentou potencial associativo quando relativizado pela MC<sup>1,0</sup> (AG/MC vs.  $V_{Pico}$  –  $R^2 = 0,614$ ), explicando 61% das variações do rendimento aeróbio.

Também de forma pioneira, baseamos nossa hipótese secundária sob a perspectiva de que a junção entre cargas externas nos movimentos de DL e AG poderiam melhor prever ambos os desempenhos, comparado a medida de força isoladamente. Essa justificativa teve origem na ideia de que ambos os movimentos produzem torque específico (superiores) sobre uma dada articulação, conforme sugerido por [30]. No entanto, nossa hipótese H<sub>2</sub> foi refutada, pois apesar da viabilidade de sua utilização como mecanismo preditor do desempenho, os somatórios das medidas de força não apresentaram superioridade no modelo preditivo do desempenho anaeróbio ( $R^2 = 0,45$ ) e aeróbio ( $R^2 = 0,27$ ), comparado aos modelos de força isoladamente, portanto, sendo talvez desnecessário a utilização de duas avaliações distintas.

A comparação com a literatura se mostrou complexa diante de sua condição ímpar, uma vez que não temos estudos semelhantes que realizaram a estratégia de somatório de forças. No entanto, dentro das análises de predição em modalidades distintas, tal como no Crossfit/ Fitness funcional, é possível a inferência sobre o assunto. Estudos progressos analisaram o somatório das variáveis máximas de força nos movimentos de DL, “Clean” (Arranque) e os movimentos de “Press” (quaisquer movimentos de empurrar acima da cabeça) e observaram que o somatório das variáveis produziu melhores respostas preditivas que os exercícios isoladamente [33]. Os autores também observaram correlação negativa entre  $VO_{2Máx}$  ( $r = -0,79$ ;  $p = 0,001$ ), a carga máxima levantada no movimento de clean ( $r = -0,86$ ;  $p = 0,001$ ), agachamento ( $r = -0,65$ ;  $p = 0,008$ ) e agachamento pela frente ( $r = -0,79$ ;  $p = 0,002$ ) e o somatório das cargas absolutas ( $r = -0,78$ ;  $p = 0,001$ ) com o rendimento no workout Open 15.5 [34]. Adicionalmente, [35,36], estão alinhados com essas afirmações, destacando que o somatório das forças de seus personal records (PR) nos principais movimentos de base, podem ser utilizados como medida de sucesso para prever o rendimento físico.

Nossa hipótese  $H_3$  apenas reforça a perspectiva observada sobre o assunto na literatura. A análise confiabilidade é amplamente discutida há anos, e já sabemos que apesar de variar de estudo para estudo, ou de movimento a movimento, Grgic, Lazinica, Schoenfeld e Pedisic (2020) admitem em sua revisão sistemática que diante de 32 estudos sobre a confiabilidade teste-reteste da avaliação de 1RM ( $n = 1595$ ), foram observados que 92% dos estudos com qualidade metodológica moderada a excelente apresentavam  $CCI \geq 0,90$  [37]. Em nosso estudo, os resultados não se mostraram diferentes da literatura, apresentando excelente estabilidade para o movimento de DL ( $CCI = 0,99$ ;  $117,2 \pm 32,7$  kg vs.  $120,2 \pm 34,4$  kg), bem como, para o movimento de AG ( $CCI = 0,99$ ;  $91,4 \pm 24,6$  kg vs.  $93,2 \pm 22,3$  kg).

Por fim, a segunda parte de nosso estudo objetivou realizar a validação cruzada das equações geradas. Acreditávamos que as equações apresentariam significativa associação entre as medidas reais e preditas ( $H_1'$ ). No entanto, nossa hipótese foi parcialmente aceita. As equações preditivas utilizando DL e DL/MC apresentaram boa associação entre as medidas reais de desempenho MART e as

previstas ( $r = 0,766$  e  $r = 0,757$  -  $p = 0,001$ , respectivamente), com um erro de medida estimado de 5,5 e 6,0%, respectivamente. Apesar deste pequeno erro de medida, apenas a equação gerada por DL/MC não diferiu significativamente quando comparadas ( $p = 0,051$ ). De forma semelhante, DL/MC também apresentou uma boa relação entre as medidas reais e previstas de  $V_{Pico}$  ( $r = 0,651$ ;  $p = 0,005$ ), no entanto, com altíssimo erro de medida (18,7%) e diferente estatisticamente da medida real de  $V_{Pico}$  ( $p = 0,002$ ), o que a torna impassível de utilização.

Ao observamos as medidas de AG e AG/MC no contexto preditivo de MART, apenas AG/MC apresentou igualdade estatística limítrofe entre o previsto e a medida real ( $p = 0,019$  e  $p = 0,05$ , respectivamente), porém, com um elevado erro de medida de 17,3%. O mesmo não ocorreu para AG e AG/MC como mecanismo preditivo de  $V_{Pico}$ . Neste caso, a correlação não demonstrou relação significativa ( $r = 0,430$  -  $p = 0,085$ ;  $r = 0,089$  -  $p = 0,733$ ), além de apresentar diferenças estatísticas significativas, portanto, não cabendo seu emprego prático.

Em última análise, observamos uma boa relação entre as medidas preditas e preditoras para o somatório das cargas de AG e DL ( $r = 0,683$  -  $p = 0,003$ ;  $r = 0,573$  -  $p = 0,016$ , respectivamente para as medidas reais de MART e  $V_{Pico}$ ), no entanto, apenas o desempenho anaeróbio se beneficiou com a previsão, não apresentando diferenças entre as medidas previstas e reais ( $p = 0,148$ ), além de um baixo erro de medida agregado (6,3%). Apesar de tais desfechos, conforme já comentado anteriormente, parece-nos desnecessário a utilização de ambas as cargas, uma vez que a medida de DL ou DL/MC para prever os resultados de MART por si só já apresenta boa correlação e baixo erro de medida.

Sabemos que o processo de validação cruzada ou cross-validation é um procedimento requerido para analisar se realmente uma medida prediz o que se propõe a predizer [38]. Evidências ao longo dos últimos anos produziram equações preditivas para consumo máximo de oxigênio [39,40] e para o desempenho [41–43], com resultados diversos. Mahar et al., 2011, analisaram a validade preditiva das equações geradas pelo teste PACER (Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run) em adolescentes, e observaram que a regressão demonstrou que o Modelo Quadrático e o Modelo Linear eram ligeiramente mais precisos do que outros modelos de estimativa do  $VO_{2Máx}$ . As correlações para esses modelos entre

o  $VO_{2Máx}$  medido e estimado foi de  $r = 0,75$  e  $r = 0,74$ ) e com níveis de precisão bastante semelhantes (erro total de 6,37 e 6,59 mL/kg/min, respectivamente). Semelhante aos nossos desfechos, alguns modelos preditivos, apesar de apresentarem correlações moderadas a alta, foram observadas baixas precisões de estimativa (estimativa de  $V_{Pico}$  através de DL/MC = 18,7%; AG = 10,0%; AG/MC = 17,4% de erro típico de medida).

## CONCLUSÃO

Os níveis de força máxima não apresentaram relação significativa entre o desempenho aeróbio e anaeróbio para indivíduos de elevados níveis de força. Entretanto, para os participantes de menor escore de força, as associações entre força máxima e relativa de DL e AG apresentaram-se significativas. A força tanto para o exercício de DL quanto para AG relativizadas pela massa corporal apresentaram maiores coeficientes de determinação comparado ao modelo preditor pela carga externa absoluta. Vale destacar que o movimento de DL teve maior destaque preditivo para o teste anaeróbio de vMART, explicando 76% das variações do desempenho de corrida. Contrariamente, para o desempenho aeróbio, o movimento de AG relativizado pela massa corporal explicou de forma superior as variações do desempenho de corrida.

Apesar da viabilidade de utilização do somatório das cargas de DL e AG como mecanismo preditor do desempenho de corrida, estes não apresentaram superior ao modelo preditivo individual. A análise CCI apontou excelente estabilidade da medida (CCI = 0,99) entre as sessões realizadas para o movimento de DL.

Por fim, a validação cruzada mostrou significativa precisão de DL/MC para estimar vMART, porém o mesmo não ocorreu para as estimativas de  $V_{Pico}$ , apresentando significativas divergências.

## REFERÊNCIAS

1. Sousa, C.V.; Sales, M.M.; Nikolaidis, P.T.; Rosemann, T.; Knechtle, B. How Much Further for the Sub-2-Hour Marathon? *Open Access J Sports Med* **2018**, Volume 9, doi:10.2147/oajsm.s169758.
2. Hoogkamer, W.; Snyder, K.L.; Arellano, C.J. Reflecting on Eliud Kipchoge's

- Marathon World Record: An Update to Our Model of Cooperative Drafting and Its Potential for a Sub-2-Hour Performance. *Sports Medicine* **2019**, *49*, doi:10.1007/s40279-019-01056-2.
3. Billat, V.; Pycke, J.R.; Vitiello, D.; Palacin, F.; Correa, M. Race Analysis of the World's Best Female and Male Marathon Runners. *Int J Environ Res Public Health* **2020**, *17*, doi:10.3390/ijerph17041177.
  4. Noakes, T.D.; Myburgh, K.H.; Schall, R. Peak Treadmill Running Velocity during the Vo2 Max Test Predicts Running Performance. *J Sports Sci* **1990**, *8*, doi:10.1080/02640419008732129.
  5. Caputo, F.; Oliveira, M.; Greco, C.; Denadai, B. Aerobic Exercise: Bioenergetics, Physiological Adjustments, Fatigue and Performance Indices. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* **2009**, *11*, 94–102.
  6. Roger, R.; Alan M, N.; Sharon A, P. Validation of an Allometric Model to Predict Cardiorespiratory Fitness in Young Adults from 20-M Shuttle Run Test Performance. *Int J Sports Exerc Med* **2022**, *8*, doi:10.23937/2469-5718/1510226.
  7. Wilson, J.M.; Marin, P.J.; Rhea, M.R.; Wilson, S.M.C.; Loenneke, J.P.; Anderson, J.C. Concurrent Training: A Meta-Analysis Examining Interference of Aerobic and Resistance Exercises. *J Strength Cond Res* **2012**, *26*, doi:10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d.
  8. Paavolainen, L.M.; Nummela, A.T.; Rusko, H.K. Neuromuscular Characteristics and Muscle Power as Determinants of 5-Km Running Performance. *Med Sci Sports Exerc* **1999**, *31*, doi:10.1097/00005768-199901000-00020.
  9. Houmard, J.A.; Costill, D.L.; Mitchell, J.B.; Park, S.H.; Chenier, T.C. The Role of Anaerobic Ability in Middle Distance Running Performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* **1991**, *62*, doi:10.1007/BF00635632.
  10. Loturco, I.; Kobal, R.; Kitamura, K.; Fernandes, V.; Moura, N.; Siqueira, F.; Cal Abad, C.C.; Pereira, L.A. Predictive Factors of Elite Sprint Performance: Influences of Muscle Mechanical Properties and Functional Parameters. *J Strength Cond Res* **2019**, *33*, doi:10.1519/JSC.0000000000002196.
  11. Sentija, D.; Marsic, T.; Dizdar, D. The Effects of Strength Training on Some Parameters of Aerobic and Anaerobic Endurance. *Coll. Antropol* **2009**, *33*, 111–116.
  12. Meylan, C.M.P.; Cronin, J.; Oliver, J.L.; Hopkins, W.G.; Pinder, S. Contribution of Vertical Strength and Power to Sprint Performance in Young Male Athletes. *Int J Sports Med* **2014**, *35*, doi:10.1055/s-0033-1363191.
  13. Cunningham, D.J.; West, D.J.; Owen, N.J.; Shearer, D.A.; Finn, C. V.; Bracken, R.M.; Crewther, B.T.; Scott, P.; Cook, C.J.; Kilduff, L.P. Strength and Power Predictors of Sprinting Performance in Professional Rugby Players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* **2013**, *53*.
  14. Cheatham, S.W.; Kolber, M.J.; Cain, M.; Lee, M. THE EFFECTS OF SELF-MYOFASCIAL RELEASE USING A FOAM ROLL OR ROLLER MASSAGER ON JOINT RANGE OF MOTION, MUSCLE RECOVERY, AND PERFORMANCE: A SYSTEMATIC REVIEW. *Int J Sports Phys Ther* **2015**, *10*.
  15. Machado, S.; Jansen, P.; Almeida, V.; Veldema, J. Is TDCS an Adjunct Ergogenic Resource for Improving Muscular Strength and Endurance

- Performance? A Systematic Review. *Front Psychol* 2019, 10.
16. Bonilla, D.A.; Boulosa, D.; Del Coso, J. Advances in Nutrition, Dietary Supplements and Ergogenic Aids for Athletic Performance: Trends and Future Prospects. *Nutrients* 2023, 15.
  17. Paavolainen, L.; Nummela, A.; Rusko, H. Muscle Power Factors and VO<sub>2</sub>max as Determinants of Horizontal and Uphill Running Performance. *Scand J Med Sci Sports* 2000, 10, doi:10.1034/j.1600-0838.2000.010005286.x.
  18. Doma, K.; Deakin, G.B. The Effects of Strength Training and Endurance Training Order on Running Economy and Performance. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* 2013, 38, doi:10.1139/apnm-2012-0362.
  19. Beattie, K.; Kenny, I.C.; Lyons, M.; Carson, B.P. The Effect of Strength Training on Performance in Endurance Athletes. *Sports Medicine* 2014, 44.
  20. Aagaard, P.; Andersen, J.L. Effects of Strength Training on Endurance Capacity in Top-Level Endurance Athletes. *Scand J Med Sci Sports* 2010, 20.
  21. Balsalobre-Fernández, C.; Santos-Concejero, J.; Grivas, G. V. Effects of Strength Training on Running Economy in Highly Trained Runners: A Systematic Review with Meta-Analysis of Controlled Trials. *J Strength Cond Res* 2016, 30, doi:10.1519/JSC.0000000000001316.
  22. Rohleva, M. Exploring the Relationship between Endurance and Strength Training in Power Sports. *J Educ Train Stud* 2017, 5, doi:10.11114/jets.v5i4.2292.
  23. Delecluse, C. Influence of Strength Training on Sprint Running Performance. Current Findings and Implications for Training. *Sports Med* 1997, 24, doi:10.2165/00007256-199724030-00001.
  24. Furlong, L.A.M.; Harrison, A.J.; Jensen, R.L. Measures of Strength and Jump Performance Can Predict 30-m Sprint Time in Rugby Union Players. *J Strength Cond Res* 2021, 35, doi:10.1519/JSC.00000000000003170.
  25. Eihara, Y.; Takao, K.; Sugiyama, T.; Maeo, S.; Terada, M.; Kanehisa, H.; Isaka, T. Heavy Resistance Training Versus Plyometric Training for Improving Running Economy and Running Time Trial Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Open* 2022, 8.
  26. Cunningham, D.J.; West, D.J.; Owen, N.J.; Shearer, D.A.; Finn, C. V.; Bracken, R.M.; Crewther, B.T.; Scott, P.; Cook, C.J.; Kilduff, L.P. Strength and Power Predictors of Sprinting Performance in Professional Rugby Players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 2013, 53.
  27. Llanos-Lagos, C.; Ramirez-Campillo, R.; Moran, J.; Sáez de Villarreal, E. Effect of Strength Training Programs in Middle- and Long-Distance Runners' Economy at Different Running Speeds: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine* 2024, 54.
  28. McBride, J.M.; Blow, D.; Kirby, T.J.; Haines, T.L.; Dayne, A.M.; Triplett, N.T. Relationship between Maximal Squat Strength and Five, Ten, and Forty Yard Sprint Times. *J Strength Cond Res* 2009, 23, doi:10.1519/JSC.0b013e3181b2b8aa.
  29. Schiemann, S.; Keiner, M.; Wirth, K.; Lohmann, L.H.; Wagner, C.M.; Behm, D.G.; Warneke, K. The Magnitude of Correlation between Deadlift 1RM and Jumping Performance Is Sports Dependent. *Front Sports Act Living* 2024, 6, doi:10.3389/fspor.2024.1345213.
  30. Choe, K.H.; Coburn, J.W.; Costa, P.B.; Pamukoff, D.N. Hip and Knee Kinetics

- During a Back Squat and Deadlift. *J Strength Cond Res* **2021**, *35*, doi:10.1519/JSC.0000000000002908.
31. Nummela, A. Reliability and Validity of the Maximal Anaerobic Running Test. *Int J Sports Med* **1996**, *17*, doi:10.1055/s-2007-972908.
  32. Nummela, A.T.; Paavolainen, L.M.; Sharwood, K.A.; Lambert, M.I.; Noakes, T.D.; Rusko, H.K. Neuromuscular Factors Determining 5 Km Running Performance and Running Economy in Well-Trained Athletes. *Eur J Appl Physiol* **2006**, *97*, doi:10.1007/s00421-006-0147-3.
  33. Tibana, R.A.; Neto, I.V. de S.; de Sousa, N.M.F.; Romeiro, C.; Hanai, A.; Brandão, H.; Dominski, F.H.; Voltarelli, F.A. Local Muscle Endurance and Strength Had Strong Relationship with CrossFit® Open 2020 in Amateur Athletes. *Sports* **2021**, *9*, doi:10.3390/sports9070098.
  34. Tibana, R.; de Souza, N.; Cunha, G.; Prestes, J. Correlação Das Variáveis Antropométricas e Fisiológicas Com o Desempenho No Crossfit®. *RBPFEFEX - Revista Brasileira De Prescrição E Fisiologia Do Exercício* **2018**, *11*, 880–887.
  35. Meier, N.; Rabel, S.; Schmidt, A. Determination of a Crossfit® Benchmark Performance Profile. *Sports* **2021**, *9*, doi:10.3390/sports9060080.
  36. Bellar, D.; Hatchett, A.; Judge, L.W.; Breaux, M.E.; Marcus, L. Herthe Relationship of Aerobic Capacity, Anaerobic Peak Power and Experience to Performance in CrossFit Exercise. *Biol Sport* **2015**, *32*, doi:10.5604/20831862.1174771.
  37. Grgic, J.; Lazinica, B.; Schoenfeld, B.J.; Pedisic, Z. Test–Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: A Systematic Review. *Sports Med Open* **2020**, *6*.
  38. Browne, M.W. Cross-Validation Methods. *J Math Psychol* **2000**, *44*, doi:10.1006/jmps.1999.1279.
  39. Latin, R.W.; Berg, K.E. The Accuracy of the ACSM and a New Cycle Ergometry Equation for Young Women. *Med Sci Sports Exerc* **1994**, *26*, doi:10.1249/00005768-199405000-00019.
  40. Williford, H.N.; Scharff-Olson, M.; Wang, N.; Blessing, D.L.; Smith, F.H.; Duey, W.J. Cross-Validation of Non-Exercise Predictions of  $\dot{V}O_{2peak}$  in Women. *Med Sci Sports Exerc* **1996**, *28*, doi:10.1097/00005768-199607000-00022.
  41. Mahar, M.T.; Guerieri, A.M.; Hanna, M.S.; Kemble, C.D. Estimation of Aerobic Fitness from 20-m Multistage Shuttle Run Test Performance. *Am J Prev Med* **2011**, *41*, doi:10.1016/j.amepre.2011.07.008.
  42. Sayers, S.P.; Harackiewicz, D. V.; Harman, E.A.; Frykman, P.N.; Rosenstein, M.T. Cross-Validation of Three Jump Power Equations. *Med Sci Sports Exerc* **1999**, *31*, doi:10.1097/00005768-199904000-00013.
  43. Carvalho, H.M.; Coelho E Silva, M.J.; Figueiredo, A.J.; Goncalves, C.E.; Castagna, C.; Philippaerts, R.M.; Malina, R.M. Cross-Validation and Reliability of the Line-Drill Test of Anaerobic Performance in Basketball Players 14-16 Years. *J Strength Cond Res* **2011**, *25*, doi:10.1519/JSC.0b013e3181d09e38.

## LISTA DE ANEXOS

### ANEXO 1 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Caro Participante:

Gostaríamos de convidá-lo a participar como voluntário da pesquisa intitulada Análise Fisiológicas Derivadas de Exercício Aeróbios e de Força e o Efeito do Treinamento Intervalado Resistido de Alta Intensidade (HIRT) Sobre os Ganhos do Vo<sub>2</sub>máx, o Desempenho Aeróbio: um Estudo Controlado e Randomizado que se refere a um projeto de pesquisa dos professores Doutor Alberto Souza de Sá Filho e Josivam Peixoto (mestrando), o qual pertence ao Curso de Educação Física da Universidade UniEvangélica de Goiás.

O objetivo deste estudo é analisar um mês de intervenção em diferentes modelos de prescrição de exercício resistido intervalado de alta intensidade (HIRT) sobre a melhora do VO<sub>2</sub>Máx e desempenho aeróbio, em praticantes de corrida recreacionalmente treinados. Os resultados contribuirão para a tomada de decisão principalmente para o esporte, e para a construção de rotinas de treinamento.

Sua forma de participação consiste inicialmente em 16 visitas iniciais ao laboratório. Em cada uma das visitas, serei submetido a diferentes procedimentos com o envolvimento de um elevado esforço, sendo todos realizados por pessoal qualificado. Assinarei um termo de consentimento por livre e espontânea vontade. Na primeira visita realizarei um teste de esforço máximo de pista. A partir daí, serão empregadas visitas de condicionamento físico com exercícios de força HIRT em forma de circuito, que serão executados até o esforço máximo. Ao final, uma nova avaliação aeróbia máxima será executada para determinação das adaptações derivadas do treinamento.

Seu nome não será utilizado em qualquer fase da pesquisa, o que garante seu anonimato, e a divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar os voluntários. Não será cobrado nada e não haverá gastos, decorrentes de sua participação, se houver algum dano decorrente da pesquisa, o participante será indenizado nos termos da Lei.

Nesta pesquisa o risco pode ser avaliado como: **baixo**. No entanto, pode ocorrer algum tipo de desconforto, mesmo que raro, como: dores musculares, ou outras manifestações típicas derivadas da realização de força muscular. Caso

aconteça algum desses problemas, um profissional avaliará minha condição, orientando-me sobre as condutas mais adequadas a serem seguidas. Caso alguma anormalidade seja detectada antes ou durante os procedimentos deste experimento, ou dores musculares permaneçam muito tempo após o exercício, minha participação será automaticamente vetada.

São esperados os seguintes benefícios imediatos da sua participação nesta pesquisa: espera-se como benefício a ampliação do conhecimento metodológico para orientação dos profissionais de Educação Física que trabalham na área de prescrição do treinamento de força.

Gostaríamos de deixar claro que sua participação é voluntária e que poderá recusar-se a participar ou retirar o seu consentimento, ou ainda descontinuar sua participação se assim o preferir, sem penalização alguma ou sem prejuízo ao seu cuidado. Desde já, agradecemos sua atenção e participação e colocamo-nos à disposição para maiores informações. Esse termo terá suas páginas rubricadas pelo pesquisador principal e será assinado em duas vias, das quais uma ficará com o participante e a outra com o pesquisador principal. Alberto Souza de Sá Filho, residente no endereço Rua 15, 1770, apartamento 1306, Setor Marista, Goiânia, GO. Telefone: 62 99414-1182.

Eu \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_ confirmo que Alberto Souza de Sá Filho e Josivam Peixoto explicou-me os objetivos desta pesquisa, bem como, a forma de participação. As alternativas para minha participação também foram discutidas. Eu li e compreendi este Termo de Consentimento, portanto, eu concordo em dar meu consentimento para participar como voluntário desta pesquisa.

Anápolis, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022.

\_\_\_\_\_  
(Assinatura do participante da pesquisa)

## **ANEXO 2 - Alongamento Inter-Séries: uma Comparação Preliminar Randomizada e Controlada do Desempenho de Força de Extensão de Joelho em Praticantes Recreacionalmente Treinados**

### **RESUMO**

Objetivos: Comparar o efeito da aplicação de alongamento da cadeia anterior entre séries, sobre o volume total de repetições (VT) e o volume load (VL) no exercício de extensão de joelho. Métodos: 11 universitário do sexo masculino (18 a 30 anos) foram recrutados e realizaram 3 visitas ao laboratório. Na 1ª visita, foi realizado um teste de repetição máxima em ambas as pernas isoladamente (1RM). Na 2ª visita, foi realizado um sorteio da perna a ser treinada. Após um aquecimento de 5' em bicicleta ergométrica, cada avaliado foi submetido a 4 séries a uma sobrecarga de 70% de 1RM (descanso passivo). Na última visita, após aquecimento, os avaliados foram submetidos as mesmas 4 séries a 70% de 1RM, entretanto, diferenciando apenas pelo alongamento entre séries (procedimento randomizado). O tempo de 2 min foi dado entre as séries. Para realização do protocolo de alongamento, toda a cadeia anterior foi considerada (flexores de quadril, extensores de joelho e extensores de tornozelo). O tempo de alongamento foi de 20 seg, em condição máxima, permanecendo em repouso por 1min e 40seg. Após cada série, a escala de Omni-res (escala de percepção de esforço) foi administrada. O VT foi calculado a partir do somatório de repetições alcançado. O VL foi calculado com base em VT x carga externa. Para comparação entre grupos amostrais para múltiplas séries, um teste de Kruskal-Wallis foi utilizado. VT e VL foram analisados de forma paramétrica através de um teste T para amostras independentes. Todas as análises consideraram um nível de significância de  $p = 0,05$ . Resultados: O teste de Kruskal-Wallis não demonstrou diferenças significativas entre os grupos de intervenção ( $p = 0,884$ ;  $p = 0,564$ ;  $p = 0,530$ ;  $p = 0,947$ ; respectivamente para série 1, 2, 3 e 4 entre grupos). O teste T para amostras independentes não apresentou diferenças significativas para o VT realizado entre grupos de intervenção ( $VT = 34,3 \pm 4,9$  vs.  $33,9 \pm 6,3$  reps;  $p = 0,881$ , respectivamente para sem alongamento vs. com alongamento). Para a análise do VL, o teste T independente também não pontou diferenças significativas entre grupos amostrais ( $VL = 1405,3 \pm 515,8$  vs.  $1367,0 \pm 454,0$ ;  $p = 0,855$ , respectivamente para sem alongamento vs. com alongamento). OMNI-RES por séries não demonstrou diferenças significantes entre grupos de trabalho ( $p = 0,659$ ;  $p = 0,100$ ;  $p = 0,311$ ;  $p = 0,635$ , respectivamente para as séries 1, 2, 3 e 4). Conclusão: Não houve influência do alongamento entre séries para o VT, VL e a percepção subjetiva de esforço.

**Palavras-chave:** Alongamento; Treinamento de Força; Performance

## **Interset Stretching: A Preliminary Randomized Controlled Comparison of Knee Extension Strength Performance in Recreationally Trained**

### **ABSTRACT**

**Objectives:** To compare the effect of applying anterior chain stretching between sets on the total volume of repetitions (VT) and volume load (VL) in the knee extension exercise. **Methods:** 11 male university students (18 to 30 years old) were recruited and carried out 3 visits to the laboratory. On the 1st visit, a maximum repetition test was performed on both legs alone (1RM). On the 2nd visit, a draw was made for the leg to be trained. After a 5' warm-up on an exercise bike, each participant was subjected to 4 sets at an overload of 70% of 1RM (passive rest). In the last visit, after warming up, those evaluated underwent the same 4 series at 70% of 1RM, however, differing only in the stretching between series (randomized procedure). A time of 2 min was given between sets. To carry out the stretching protocol, the entire anterior chain was considered (hip flexors, knee extensors and ankle extensors). The stretching time was 20 seconds, in maximum condition, remaining at rest for 1 minute and 40 seconds. After each series, the Omni-res scale (perceived exertion scale) was administered. VT was calculated from the sum of repetitions achieved. VL was calculated based on VT x external load. For comparison between sample groups for multiple series, a Kruskal-Wallis test was used. VT and VL were analyzed parametrically using a T test for independent samples. All analyzes considered a significance level of  $p = 0.05$ . **Results:** The Kruskal-Wallis test demonstrated no significant differences between the intervention groups ( $p = 0.884$ ;  $p = 0.564$ ;  $p = 0.530$ ;  $p = 0.947$ ; respectively for series 1, 2, 3 and 4 between groups). The T test for independent samples showed no significant differences for VT performed between intervention groups (VT =  $34.3 \pm 4.9$  vs.  $33.9 \pm 6.3$  reps;  $p = 0.881$ , respectively for without stretching vs. with stretching). For the VL analysis, the independent T test also did not show significant differences between sample groups (VL =  $1405.3 \pm 515.8$  vs.  $1367.0 \pm 454.0$ ;  $p = 0.855$ , respectively for without stretching vs. with stretching). OMNI-RES by series did not demonstrate significant differences between work groups ( $p = 0.659$ ;  $p = 0.100$ ;  $p = 0.311$ ;  $p = 0.635$ , respectively for series 1, 2, 3 and 4). **Conclusion:** There was no influence of stretching between sets on VT, VL and subjective perception of effort.

**Keywords:** Stretching; Strength Training; Performance

## INTRODUÇÃO

A manipulação das variáveis do treinamento de força é recomendada para perpetuar adequadas respostas adaptativas [1,2]. A depender do *status* de treinamento dos praticantes, a construção de diferentes métodos que proponham uma quebra de platô, permitindo alcance de maior volume total de repetições (VT) e volume de carga (isto é, volume load - VL), se estabelecem como condição sine qua non para ganhos de força e evolução da arquitetura muscular [3-6].

Modelos de programação combinando múltiplas valências físicas têm sido alvo de discussões na literatura como um mecanismo de estímulo adicional ao desenvolvimento muscular. Apesar de não ser um consenso, parece que a utilização de estratégias de alongamento entre as séries de força possibilitaria um maior VL, por conseguinte, maiores ganhos de espessura em determinados grupos musculares [7,8]. Além disso, essa combinação se projetaria como uma relevante estratégia para a redução do tempo total da sessão comparado ao treinamento resistido convencional, isto é, estratégia tempo-eficiente [9].

Segundo Evangelista et al. (2019) e Souza et al., (2013), a adição do alongamento inter-séries além de suprimir o tempo dedicado as sessões de alongamento, parece também maximizar as adaptações miofibrilares [10], uma vez que o alongamento pode regular a sinalização anabólica através de sensores de força ativos e passivos, portanto, aumentar o potencial para ganhos de força e hipertrofia [11,12]. Entretanto, apesar desse entendimento, a literatura ainda é incipiente em compreender os desfechos práticos de tais estratégias, pois, apesar de impactar de forma positiva sobre o tempo total da sessão, é sabido que os exercícios de alongamentos quando indevidamente planejados em relação ao seu volume, podem culminar na redução do VL [13].

Então, de acordo com o atual corpo de evidências, parece-nos que as respostas ao alongamento inter-séries permanecem ainda inconclusivo sobre os desfechos de VT e VL, uma vez que trabalhos recentes, como os estudos de Brigatto et al., (2022) e Padilha et al., (2019), observaram impactos negativos sobre tais variáveis após a aplicação de alongamentos. Logo, para melhor tomada de decisão, há necessidade de maiores investigações.

Portanto, o objetivo primário do presente estudo foi comparar os efeitos da

aplicação de 20 segundos de alongamento da cadeia anterior entre séries, sobre o VT e o VL, além do impacto de treinamento no exercício de extensão de joelho. Como hipótese, espera-se que pelo tempo de execução de alongamento, este não afete os desfechos de VT, VL e impacto de treino.

## **MÉTODOS**

### **Abordagem Experimental**

O presente estudo seguiu os pressupostos descritos no guideline STROBE-Statement para desenhos de estudos transversais randomizados e controlados. A pesquisa foi realizada ao longo do período de janeiro a junho de 2024, e teve uma duração total de quatro meses, seguindo a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, assim como, aprovado pelo comitê de ética em pesquisa nº (#1.220.339 - CAAE: 26916819.9.0000.5512). Todos os participantes obtiveram as informações necessárias sobre o estudo e tiveram suas dúvidas sanadas. Aos que aceitaram e foram selecionados, foi lhes apresentado os entendimentos dos riscos inerentes ao exercício, assinando o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

### **Amostra**

A população do presente estudo foi constituída por praticantes de musculação treinados, frequentadores da academia da Universidade Evangélica de Goiás, do sexo masculino, com idades entre 18 a 30 anos (jovens e adultos). Estes foram recrutados via chamada pública no curso de Educação Física, sendo selecionados aleatoriamente uma amostra de 11 indivíduos a serem testados. Como critério de inclusão: praticar musculação por no mínimo 12 meses ininterruptos, estar familiarizado com o exercício cadeira extensora. Como critérios de exclusão, foram adotados: não ter nenhuma lesão articular ou ligamentar no joelho; não completar os testes submetidos; utilizar quaisquer tipos de esteroides anabolizantes.

### **Desenho do Estudo**

11 universitário do sexo masculino (18 a 30 anos) foram recrutados e

realizaram 3 visitas ao laboratório. Na primeira visita, foram realizados os procedimentos antropométricos básicos, além de um teste de repetição máxima (RM) para uma das pernas. A perna a ser testada foi randomizada e definida por sorteio simples. Na segunda visita, após um aquecimento de 5' em bicicleta ergométrica, cada avaliado foi submetido a 4 séries a uma sobrecarga de 70% de 1RM (descanso passivo). Na última visita, após aquecimento, os avaliados foram submetidos as mesmas 4 séries a 70% de 1RM, entretanto, diferenciando apenas pelo alongamento entre séries (momento experimental). Os procedimentos controle, sem alongamento, e o momento experimental foram randomizados por sorteio simples. O tempo de 2 min foi dado entre as séries. Para realização do protocolo de alongamento, toda a cadeia anterior foi considerada (flexores de quadril, extensores de joelho e extensores de tornozelo). O tempo de alongamento foi de 20 seg em condição de máxima percepção de dor, permanecendo em repouso por 1min e 40seg. Após cada série, a escala de Omni-res (escala de percepção de esforço - PSE) foi empregada, assim como 20 min após o término da sessão. Todos os procedimentos foram realizados em um mesmo horário do dia (período da manhã) e com temperatura ambiente entre 23 e 26°.

## **PROCEDIMENTOS**

### **Procedimentos Antropométricos**

A altura foi medida (SECA® GmbH, Hamburgo, Alemanha) com o voluntário em pé e descalço, com os tornozelos, panturrilhas, nádegas, escápula e cabeça apoiadas na parede. A posição da cabeça acompanhou o plano de Frankfurt e a estatura foi medida no momento da inspiração do ar. A massa corporal foi medida (Toledo 2096 PP, São Bernardo do Campo, Brasil) enquanto os participantes usavam roupas leves. Todas as medidas seguiram as recomendações propostas pela International Society for Advancement of Kinanthropometry (ISAK).

### **Teste de Repetição Máxima (RM)**

Para determinação do teste de 1 RM, os avaliados foram submetidos a uma progressão de carga e no máximo três tentativas com cinco minutos de intervalo entre elas. Para o movimento de extensão de joelho unilateral, os participantes

iniciaram sentados e com o joelho em 90°. A fase concêntrica consistiu em erguer o aparato posicionado no tornozelo até a angulação de 180°, alinhando tornozelo e joelho. As tentativas em que os avaliados não conseguiram estabelecer a posição de alinhamento em extensão máxima não foram consideradas. Antes das três tentativas os participantes realizaram uma progressão de carga que se deu da seguinte forma: a) aquecimento padrão apenas com o peso referente a 50% do estimado pelo participante (12 a 15 reps); b) uma série com seis reps com 75% da carga máxima estimada pelo voluntário (intervalo de 3 min); c) uma série com duas reps com 85% da carga máxima estimada (intervalo de 5 min). Após a progressão, iniciou-se as tentativas reais de 1RM. Um encorajamento verbal foi fornecido em todas as medidas de força.

### **Procedimento de Alongamento**

O procedimento de alongamento ocorreu apenas para o grupo experimental. Foram realizados 20 segundos de alongamento estático simultaneamente para flexores de quadril, extensores de joelho e extensores de tornozelo, entre cada série realizada. Após posicionamento em base de apoio unipodal, o alongamento da cadeia anterior ocorreu com auxílio externo de um dos avaliadores, elevando o membro até o ponto máximo de percepção de dor. A Figura 1 apresenta o posicionamento de alongamento realizado.

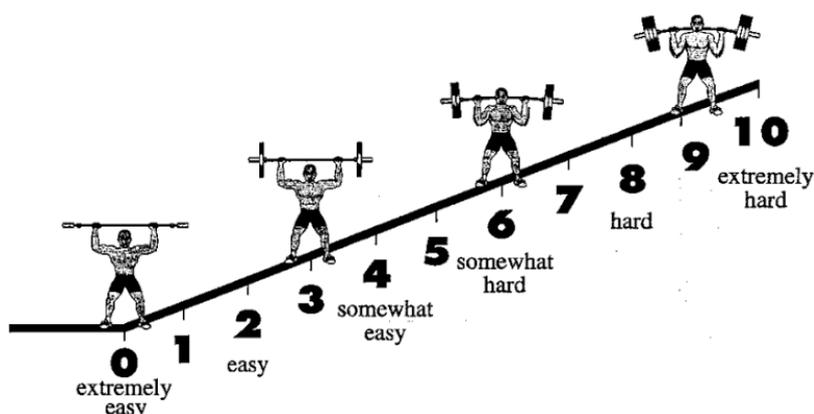


**Figura 1:** Alongamento da cadeia anterior

Obs.: as setas indicam o vetor de posicionamento para alcançar o máximo alongamento da cadeia anterior.

### **Escala OMNI-RES**

A escala OMNI-RES representada pela Figura 2, e foi utilizada para mensurar a PSE de cada avaliado, sendo ela utilizada com percepção de 0 a 10, onde 0 significa muito fácil e 10 extremamente difícil. A escala foi aplicada a cada final de séries, bem como, 20 min após o término da sessão de força. Os avaliados já conheciam previamente as escalas de PSE, portanto, não cabendo familiarização.



**Figura 2:** Escala de OMNI-RES

### **Cálculo do Volume Load e Impacto de Treinamento**

O VL foi calculado com base no trabalho total realizado nas quatro séries, utilizando a seguinte fórmula: VL total = [número total de repetições × carga externa a 70% de 1RM (kg)], conforme sugerido por [14]. Foram contabilizadas apenas as repetições completadas dentro da amplitude de movimento necessária previamente estabelecida. O impacto de treinamento foi calculado a partir do produto de VL x PSE (OMNI-res).

### **Procedimento de Randomização**

Durante a segunda visita, foi realizado um sorteio simples, onde cada participante retirou um número de 1 a 2 de um envelope, onde o número “1” significava condição controle e o número “2”, condição experimental. Por exclusão, o número sorteado já indicaria a sessão seguinte a ser realizada. O mesmo ocorreu para definição da perna a realizar o teste de RM, entretanto, com a letra “D” representando a perna direita e a letra “E”, a esquerda.

## **Análise e Tratamento de Dados**

Para evitar possíveis vieses de análise, os dados foram coletados por dois pesquisadores distintos associados ao projeto e ao grupo de pesquisa (D.P. e P.A). Um terceiro avaliador foi responsável pela análise dos dados. O pesquisador responsável pela análise dos dados permaneceu cego durante todo o processo de coleta de dados (líder do grupo A.S).

## **Análise Estatística**

Após análise dos pressupostos estatísticos, os dados de caracterização da amostra, bem como, de performance, foram descritos por média e desvio padrão (DP). A mediana foi utilizada para os grupos de dados com distribuição não normal. Para comparação entre grupos amostrais para múltiplas séries, um teste de Kruskal-Wallis foi utilizado. VT e VL foram analisados de forma paramétrica através de um teste T para amostras independentes. Por fim, o impacto de treino foi comparado a partir de um teste Mann-Whitney. Todas as análises consideraram um nível de significância de  $p = 0,05$ . O pacote estatístico SPSS (versão 20) foi utilizado para análise dos dados e o software GraphPad Prism (versão 8.0.21) confeccionou os gráficos.

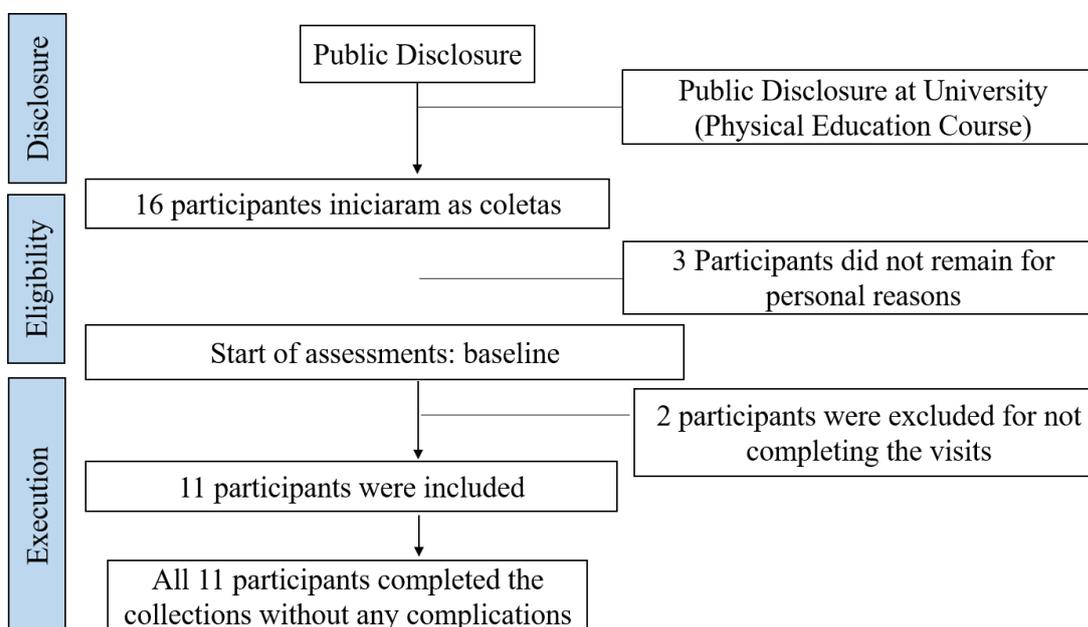
## **RESULTADOS**

O Fluxograma 1 apresenta o fluxo de entrada e saída de participantes. A Tabela 1 apresenta a caracterização amostral antropométrica e de experiência com a modalidade do treinamento de força. A Tabela 2 apresenta os dados de desempenho de força na condição de familiarização e desempenho real de extensão de joelho.

**Tabela 1.** Caracterização amostral

	Idade (anos)	Altura (cm)	Massa Corporal (kg)	IMC (kg/cm <sup>2</sup> )	Experiência (meses)
Média	27,3	173,5	74,6	24,6	37,9
DP	8,2	8,8	16,2	3,5	11,9

Legenda: IMC = índice de massa corporal; DP = desvio padrão da média



**Fluxograma 1.** Fluxo de entrada e saída de participantes do estudo.

**Tabela 2.** Desempenho de força para extensão de joelho

	Performance RM (kg)	RM a 70% (kg)
Média	57,7	40,8
DP	17,1	12,0

Legenda: RM = repetição máxima; DP = desvio padrão da média

A análise prévia dos pressupostos apresentou que as séries de 1 a 4 para ambos os grupos não demonstram normalidade ( $p < 0,05$ ), portanto, foram analisados a partir de testes não paramétricos. Entretanto, as variáveis compostas de VT e VL demonstraram comportamento normal. A tabela 3 apresenta a performance por série e acumulados para ambos os grupos de intervenção, sem e com alongamento entre séries.

O teste de Kruskal-Wallis não demonstrou diferenças significativas entre os grupos de intervenção ( $p = 0,884$ ;  $p = 0,564$ ;  $p = 0,530$ ;  $p = 0,947$ ; respectivamente para série 1, 2, 3 e 4 entre grupos). O teste T para amostras independentes não

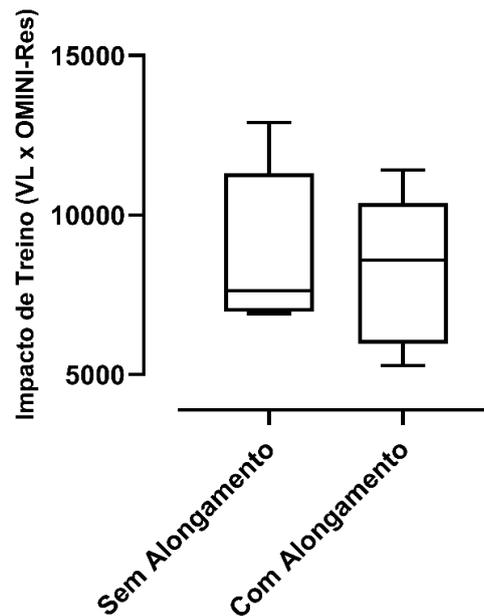
apresentou diferenças significativas para o VT realizado entre grupos de intervenção, assumindo igualdade de variância ( $p = 0,881$ ). Para a análise do VL, o teste T independente também não pontou diferenças significativas entre grupos amostrais, assumindo igualdade de variância ( $p = 0,855$ ).

Ao analisarmos os pressupostos para impacto de treino (VL x OMNI-Res Média), não foi visualizado distribuição normal dos dados ( $p = 0,003$ ;  $p = 0,007$ , respectivamente para grupo de intervenção sem alongamento e com alongamento). Portanto, o teste de Mann-Whitney foi utilizado na análise, não apontando diferenças significativa entre grupos amostrais ( $p = 0,182$ ). A Figura 2 apresenta o impacto de treino para ambos os grupos amostrais.

**Tabela 3.** Performance de extensão de joelhos sem e com alongamento entre séries

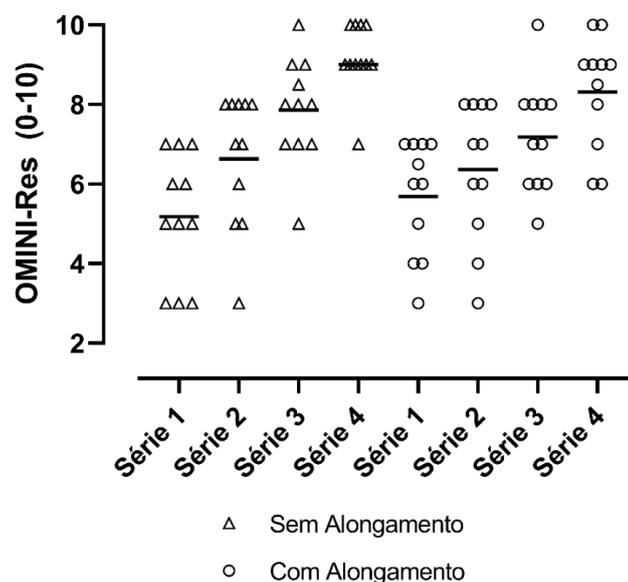
	Momento Controle				Momento Experimental			
	Med	Média	DP	(IC-95%)	Med	Média	DP	(IC-95%)
Série 1	10,0	9,4	1,6	(8,3-10,4)	10,0	9,7	0,6	(9,2-10,1)
Série 2	9,0	8,9	1,4	(7,9-9,8)	10,0	9,1	1,4	(8,1-10,0)
Série 3	8,00	8,5	1,4	(7,5-9,5)	8,0	7,9	2,3	(6,3-9,4)
Série 4	7,00	7,5	1,9	(6,1-8,7)	8,0	7,2	2,5	(5,4-8,8)
VT	-	34,3	4,9	(30,9-37,5)	-	33,9	6,3	(29,7-38,1)
VL (VT x Carga)	-	1405,3	515,8	(1058-1751)	-	1367,0	454,0	(1061-1672)
Impacto (VL x OMNI)	-	10120,8	4319,4		-	9582,6	4478,5	

Legenda: Med = mediana; DP = desvio padrão da média; IC-95% = intervalo de confiança; VT = volume total de séries; VL = volume load; impacto = impacto fisiológico de treinamento



**Figura 2.** Representação do impacto de treinamento entre as diferentes intervenções.

Ao analisarmos as escalas de OMNI-RES por série, o teste não paramétrico para K amostras independentes não demonstrou diferenças significantes entre grupos de trabalho ( $p = 0,659$ ;  $p = 0,100$ ;  $p = 0,311$ ;  $p = 0,635$ , respectivamente para as séries 1, 2, 3 e 4). A figura 3 apresenta os resultados de esforço para ambos os tratamentos.



**Figura 3.** Respostas de esforço diante dos tratamentos, sem e com alongamentos entre séries

## DISCUSSÃO

Nosso objetivo primário foi comparar os efeitos da aplicação de 20 segundos de alongamento estático sobre a cadeia anterior entre séries de força, sobre o VT, VL, além do impacto de treinamento no exercício de extensão de joelho. Como principal achado, nossos desfechos não foram impactados pela estratégia inter-séries de alongamento estático, portanto, aceitando-se a hipótese inicial.

É sabido na literatura que estudos de alongamento prévio a prática de exercícios de força, podem reduzir o desempenho de resistência de força e de potência, impactando de forma direta no VT [15]. Entretanto, há um consenso que tais resultados são dependentes do VT de alongamento realizado, afetando negativamente a produção de força do grupo muscular alongado. A literatura reporta ainda que intervenções com maiores durações de alongamentos podem aumentar a magnitude da redução aguda do desempenho de resistência de força [16], afetando potencialmente o VL. Compreendendo isso, nosso protocolo foi pensado para superar tais limitações e nossos achados se alinham com parte da literatura, não observando reduções significativas sobre VT e VL ao incluir a estratégia de alongamento estático inter-séries [8]. Os mesmos resultados parecem se replicar até um tempo de intervenção de 30 segundos, conforme sugerido por [7]. Portanto, parece-nos aceitável a inclusão desta estratégia até esse tempo, para que não haja prejuízos sobre o trabalho total realizado.

De forma semelhante ao nosso estudo, Padilha et al., (2019) utilizou alongamento de quadríceps inter-séries para o movimento de extensão de joelhos e apresentaram reduções no trabalho total diante do alongamento inter-séries ( $11823 \pm 1735$  J), em comparação com treinamento controle com 40 seg de recuperação ( $13976 \pm 2378$  J) e o treinamento de força tradicional com 120 seg de recuperação ( $15511 \pm 2251$  J). Entretanto, o tempo de alongamento inter-séries realizado neste estudo [17] foi de 25 seg, o que conflitou com nossos resultados e com as afirmações anteriores. A possível explicação pode se relacionar com a forma de medir a força, através de equipamentos isocinéticos, o que difere

substancialmente na sensibilidade dos resultados.

Contrariamente, o trabalho de Brigatto et al., (2022) nos mostra que o mesmo não se fez verdadeiro quando o tempo de alongamento foi aumentado (45 seg). A estratégia de alongamento inter-séries reduziu a carga total levantada para o grupo de alongamento (sem alongamento:  $979 \pm 251$  Kgf vs grupo alongamento:  $687 \pm 313$  Kgf), além de reduzir total de repetições realizadas (sem alongamento:  $32,8 \pm 6,5$  reps vs. com alongamento:  $21,9 \pm 7,6$  reps) [18]. Adicionalmente, os autores mostraram uma redução do impacto de treinamento para o grupo de alongamento inter-séries ( $215 \pm 74$  Ua vs.  $279 \pm 67$  Ua, respectivamente para condição de alongamento e controle), o que também diferiu de nosso estudo. Essa redução se justificou principalmente pelo menor trabalho total realizado no grupo com alongamento ( $\Delta = 29,9\%$ ) e não na resposta de carga interna. Vale destacar que o exercício realizado e o grupamento alvo a ser estimulado com alongamento diferiram de nosso estudo (peitoral maior), o que torna metodologicamente distinto e de difícil comparação.

Um diferencial de nosso estudo, foi a aplicação do alongamento em toda cadeia anterior (flexores do quadril, extensores de joelho e extensores de tornozelo). Concebemos tal perspectiva, uma vez que o músculo reto femoral exibe conexão entre duas diferentes articulações. Dos estudos citados até o momento, Padilha et al., (2019) utilizaram a mesma estratégia de alongamento, porém, sem indicação de estiramento concomitante de flexores de quadril, apenas a aparente estabilização do mesmo em posição neutra. Nossos participantes foram indicados e monitorados a projetar ao máximo o quadril para um vetor póstero-anterior (Figura 1), realizando o estiramento ao limite da dor. Demais estudos realizaram alongamentos isolados sobre a musculatura alvo, o que dificultaria comparações diretas. Dessa forma, mostramos que a aplicação da estratégia de alongamento em articulações adjacentes simultâneo ao alongamento da articulação alvo não prejudicou o desempenho de resistência de força.

Por fim, a abordagem de inclusão de uma valência física adicional no programa de treinamento de força, ratifica o cenário prático da busca do engajamento em programas que sejam otimizados. O tempo é uma barreira a adesão ao exercício, portanto, a otimização, em sobremaneira, facilita a inserção

de praticantes na modalidade do treinamento de força. Então, numa perspectiva tempo-eficiente, nosso estudo indica que o alongamento estático sobre toda a cadeia anterior, simultaneamente, pode ser utilizado como estratégia complementar sem impactar negativamente sobre VL e sem aumentar o impacto de treinamento da sessão.

## CONCLUSÃO

Não houve influência do alongamento da cadeia anterior inter-séries sobre o VT de séries, VL, PSE e o impacto de treino da sessão. Sugere-se uso da estratégia de alongamento inter-séries como perspectiva tempo-eficiente.

## REFERÊNCIAS

1. McLeod JC, Currier BS, Lowisz CV, Phillips SM. The influence of resistance exercise training prescription variables on skeletal muscle mass, strength, and physical function in healthy adults: An umbrella review. *J Sport Health Sci.* 2024;13(1):47-60.
2. JBB DEC, Brigatto FA, Zaroni RS *et al.* Manipulating Resistance Training Variables to Induce Muscle Strength and Hypertrophy: A Brief Narrative Review. *Int J Exerc Sci.* 2022;15(4):910-933.
3. Krzysztofik M, Wilk M, Wojdala G, Golas A. Maximizing Muscle Hypertrophy: A Systematic Review of Advanced Resistance Training Techniques and Methods. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(24).
4. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(4):674-688.
5. Ralston GW, Kilgore L, Wyatt FB, Baker JS. The Effect of Weekly Set Volume on Strength Gain: A Meta-Analysis. *Sports Med.* 2017;47(12):2585-2601.
6. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci.* 2017;35(11):1073-1082.
7. Evangelista AL, De Souza EO, Moreira DCB *et al.* Interset Stretching vs. Traditional Strength Training: Effects on Muscle Strength and Size in Untrained Individuals. *J Strength Cond Res.* 2019;33 Suppl 1S159-S166.
8. Souza AC, Bentes CM, de Salles BF *et al.* Influence of inter-set stretching on strength, flexibility and hormonal adaptations. *J Hum Kinet.* 2013;36:127-135.
9. Iversen VM, Norum M, Schoenfeld BJ, Fimland MS. No Time to Lift? Designing Time-Efficient Training Programs for Strength and Hypertrophy: A Narrative Review. *Sports Med.* 2021;51(10):2079-2095.

10. Schoenfeld BJ, Wackerhage H, De Souza E. Inter-set stretch: A potential time-efficient strategy for enhancing skeletal muscle adaptations. *Front Sports Act Living*. 2022;41035190.
11. Warneke K, Lohmann LH, Lima CD *et al*. Physiology of Stretch-Mediated Hypertrophy and Strength Increases: A Narrative Review. *Sports Med*. 2023;53(11):2055-2075.
12. Nunes JP, Schoenfeld BJ, Nakamura M, Ribeiro AS, Cunha PM, Cyrino ES. Does stretch training induce muscle hypertrophy in humans? A review of the literature. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2020;40(3):148-156.
13. de Almeida FN, Lopes CR, da Conceicao RM *et al*. Acute Effects of the New Method Sarcoplasmic Stimulating Training Versus Traditional Resistance Training on Total Training Volume, Lactate and Muscle Thickness. *Front Physiol*. 2019;10579.
14. Peterson MD, Pistilli E, Haff GG, Hoffman EP, Gordon PM. Progression of volume load and muscular adaptation during resistance exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(6):1063-1071.
15. Junior RM, Berton R, de Souza TM, Chacon-Mikahil MP, Cavaglieri CR. Effect of the flexibility training performed immediately before resistance training on muscle hypertrophy, maximum strength and flexibility. *Eur J Appl Physiol*. 2017;117(4):767-774.
16. Rubini EC, Costa AL, Gomes PS. The effects of stretching on strength performance. *Sports Med*. 2007;37(3):213-224.
17. Padilha UC, Vieira A, Vieira DCL *et al*. Could inter-set stretching increase acute neuromuscular and metabolic responses during resistance exercise? *Eur J Transl Myol*. 2019;29(4):8579.
18. JBB DEC, Brigatto FA, Germano MD *et al*. Acute Effects of Inter-set Stretching on Performance and Metabolic Parameters of Resistance-trained Men. *Int J Exerc Sci*. 2022;15(4):231-244.