



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

ERIC ENRIQUE CORRÊA RODRIGUES

**CONFIABILIDADE DA TAXA DE PRODUÇÃO DE FORÇA OBTIDA DURANTE
TESTES DE SALTO VERTICAL**

Brasília

2022

Eric Enrique Corrêa Rodrigues

**CONFIABILIDADE DA TAXA DE PRODUÇÃO DE FORÇA OBTIDA DURANTE
TESTES DE SALTO VERTICAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Educação Física pela Universidade
de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Amilton Vieira

BRASÍLIA

2022

ERIC ENRIQUE CORRÊA RODRIGUES

**CONFIABILIDADE DA TAXA DE PRODUÇÃO DE FORÇA OBTIDA DURANTE
TESTES DE SALTO VERTICAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Educação Física pela Universidade de Brasília.

Brasília, 21 de setembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Amilton Vieira (FEF/UnB)
Presidente

Prof. Dr. Lauro Casqueiro Vianna (FEF/UnB)
Membro

RESUMO

Este estudo investigou quantas sessões de familiarização são necessárias para que a taxa de produção de força (TPF) seja uma medida confiável obtida durante testes de saltos com contramovimento (SCM) e saltos agachados (SA) em lutadores e homens fisicamente ativos. Quarenta e dois homens adultos realizaram vários testes SCM e SA em três ocasiões diferentes (com 2 a 7 dias de intervalo). Comparações foram realizadas entre os tipos de salto, grupos de participantes e dias de teste em um modelo misto para medidas repetidas. O coeficiente de correlação intraclasse (CCI) e o coeficiente de variação (CV) foram relatados como medidas de confiabilidade. Os participantes do grupo de homens fisicamente ativos demonstraram escores de confiabilidade ligeiramente mais altas do que os lutadores, as quais foram melhoradas com um dia de teste adicional. A TPF obtida durante o SA em indivíduos fisicamente ativos foi a única variável que apresentou um escore de confiabilidade aceitável (CCI=0,95, CV=7,8%). Este estudo sugere que a TPF pode atingir um escore aceitável de confiabilidade durante o SA com apenas uma sessão de familiarização em homens fisicamente ativos, mas o SCM pode exigir mais de duas sessões de familiarização para atingir um nível aceitável de confiabilidade.

Palavras-chave: Salto com contramovimento, salto agachado, lutadores, curva força-tempo, desempenho em testes.

ABSTRACT

This study investigated how many familiarization sessions are required for the rate of force development (RFD) to be a reliable measure obtained during countermovement jumps (CMJ) and squat jumps (SJ) in combat fighters and physically active men. Forty-two adult men performed multiple CMJ and SJ trials on three separate occasions (2-7 days apart). Comparisons were performed between jump type, participant groups, and testing days in a mixed model for repeated measures. Intraclass coefficient of correlation (CCI) and the coefficient of variation (CV) were reported as measures of reliability. Participants from the physically active group demonstrated reliability scores slightly higher than combat fighters, which was improved with an additional testing day. The RFD obtained during SJ in physically active was the single variable presenting an acceptable reliable score (CCI=0.95, CV=7.8%). This study suggests that RFD can reach an acceptable score of reliability during SJ testing with as little as one familiarization session in physically active men, but the CMJ may require more than two familiarization sessions to reach an acceptable level of reliability.

Key words: Countermovement jump, squat jump, combat fighters, force time curve, testing performance.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	5
1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	6
1.4 OBJETIVO GERAL	8
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.6 HIPÓTESES	8
1.7 JUSTIFICATIVA	8
1.8 DELIMITAÇÃO	8
2. MÉTODOS	9
2.1 TIPO DO ESTUDO	9
2.2 DESCRIÇÃO DA AMOSTRA	9
2.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	9
2.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	10
2.5 PROCEDIMENTOS DA COLETA DE DADOS	10
2.6 TRATAMENTO DOS DADOS	11
2.7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO	13
3. RESULTADOS	14
4. DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÃO	21
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A força muscular é fundamental para a execução de tarefas diárias e atividades esportivas (STONE et al., 2002). Um elevado nível de força muscular está inversamente associado à mortalidade e ao risco de doenças crônicas não transmissíveis (MOMMA et al., 2022). No que tange o desempenho atlético, uma maior força muscular está associada a um melhor desempenho em habilidades esportivas gerais (como, por exemplo, saltar e correr) e específicas, bem como a uma menor ocorrência de lesões (SUCHOMEL, NIMPHIUS e STONE, 2016).

Ainda que a força muscular possa ser medida de várias maneiras, o teste de salto vertical é provavelmente o teste físico mais predominantemente usado em pesquisas e em campo. Ele fornece informações valiosas relacionadas às capacidades neuromusculares gerais, que podem ser úteis para a avaliação, a prescrição e o monitoramento do treinamento. Entre os diferentes tipos de testes de salto vertical, o salto com contramovimento (SCM) e o salto agachado (SA) são os mais populares.

Várias métricas podem ser obtidas a partir do teste de salto vertical, mas a taxa de produção de força (TPF) parece ser uma das mais relevantes (MAFFIULETTI et al., 2016), pois a TPF pode demonstrar uma maior relação com tarefas diárias funcionais e tarefas típicas da prática esportiva quando comparada à força máxima obtida durante ações musculares voluntárias (MAFFIULETTI et al., 2010; TILLIN, PAIN e FOLLAND, 2013).

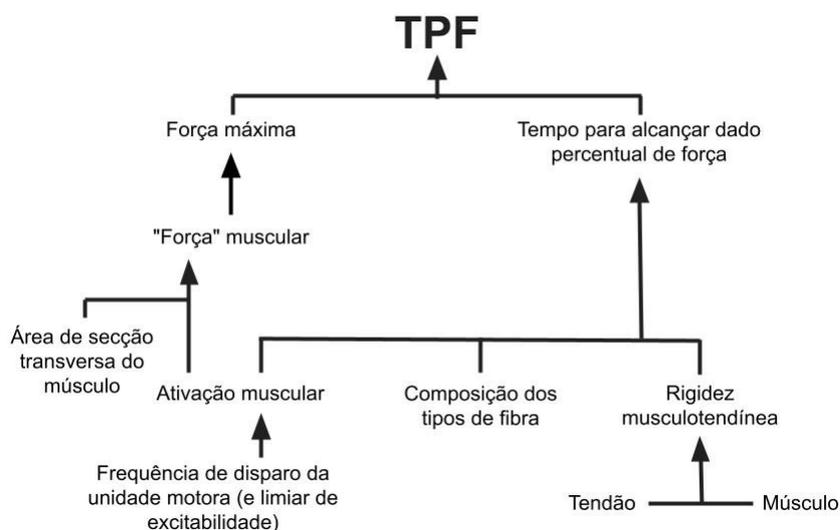
1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A TPF é derivada do registro de força-tempo obtido durante tarefas que são breves e requerem ativação neuromuscular máxima, como os saltos verticais. Influenciada por diversos fatores inerentes ao sistema neuromuscular (ver Figura 1), a TPF tem sido utilizada para caracterizar a força muscular de atletas e não atletas, inclusive de idosos e pacientes (MAFFIULETTI et al., 2016; MARTINOPOULOU et al., 2022).

Em situações nas quais o tempo para gerar força é restrito (< 200 ms), como, por exemplo, pular ou chutar em esportes e recuperar o equilíbrio após um tropeço, a TPF é crucial. No esporte, o tempo necessário para completar diversas habilidades

específicas é menor do que o tempo necessário para expressar a força máxima, conseqüentemente, a taxa na qual a força é produzida dentro desses curtos períodos dita a quantidade bruta de força aplicada durante a habilidade (TABER et al., 2016).

Figura 1. Fatores inerentes ao sistema neuromuscular que influenciam a taxa de produção de força (TPF)



(Adaptada de MAFFIULETTI et al., 2016)

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Estudos anteriores têm indicado consistentemente que a TPF analisada a partir de curvas força-tempo de saltos verticais pode demonstrar baixa confiabilidade [ou seja, coeficiente de correlação intraclassa (CCI) < 0,75 e coeficiente de variação (CV) > 10%] (FITZGERALD et al., 2018; FOCKE et al., 2013; HEISHMAN et al., 2019, 2020; HORI et al., 2009; JIMÉNEZ-REYES et al., 2016; MCLELLAN, LOVELL e GASS, 2011; MERRIGAN et al., 2021; MIZUGUCHI et al., 2015; MOIR et al., 2005; MOIR, GARCIA e DWYER, 2009; NIBALI et al., 2015; PÉREZ-CASTILLA, ROJAS e GARCÍA-RAMOS, 2019; SOUZA et al., 2020; TAYLOR et al., 2010), sendo bastante comum pesquisadores reportarem coeficientes de variação maiores que 50% (HEISHMAN et al., 2019, 2020; MERRIGAN et al., 2021; PÉREZ-CASTILLA, ROJAS e GARCÍA-RAMOS, 2019; WILSON et al., 1995).

Vários aspectos podem potencialmente reduzir a confiabilidade da TPF em saltos verticais. Por exemplo, a TPF obtida durante o SCM pode variar

substancialmente dependendo da fase do salto em que a TPF é registrada. Em um estudo (MERRIGAN et al., 2021), a TPF foi mais confiável durante a fase de frenagem (ou seja, excêntrica) (CCI ~0,87, CV ~10%) do que durante a fase propulsiva (ou seja, concêntrica) do SCM (CCI ~0,57, CV ~76%). Outro estudo demonstrou que a TPF obtida durante o SCM pode apresentar uma variação muito grande (CV ~54%), que foi pior do que o CV observado no SA (CV ~28%) (WILSON et al., 1995). Embora esses estudos tenham demonstrado escores de confiabilidade inaceitáveis tanto para SCM quanto para SA, os únicos estudos que apresentaram escores de TPF aceitáveis foram obtidos durante o SA (JIMÉNEZ-REYES et al., 2016; MOIR et al., 2005). Por exemplo, Jiménez-Reyes e colegas (2016) relataram CCI de 0,97 e CV de 7,6% para confiabilidade intra-dia da TPF obtida durante SA com sobrecarga (17 kg) realizado em uma máquina *Smith* por atletas de atletismo, enquanto Moir e colaboradores (2005) relataram 0,84 de CCI e 6,5% de CV em um grupo de nove indivíduos treinados recreativamente. Infelizmente, a diversidade entre os procedimentos aplicados nestes estudos (por exemplo, saltos com sobrecarga, número de sessões de testes, diferentes maneiras de calcular a TPF, etc) impedem uma conclusão sobre os aspectos que devem ser considerados para obter uma medida confiável da TPF durante os saltos verticais.

Enquanto achados anteriores indicam que, para a altura do salto, altos níveis de confiabilidade podem ser alcançados sem a necessidade de sessões de familiarização ao aplicar o SCM e o SA em homens fisicamente ativos (MOIR et al., 2009), pouco se sabe sobre a influência da familiarização na confiabilidade dos valores de TPF analisados durante testes de salto vertical.

Outros fatores podem contribuir para os resultados de confiabilidade, como os grupos de sujeitos selecionados para os testes. Uma vez que várias linhas de evidência sugerem que o treinamento envolvendo contrações musculares com a intenção de produzir força rápida é a modalidade de treinamento mais eficiente para induzir ganhos máximos na TPF (MAFFIULETTI et al., 2016), é provável que grupos de sujeitos compostos por atletas com antecedentes de treinamento de força que envolvam a intenção de produzir força rápida (assim como os lutadores de diversas modalidades de combate) possam apresentar maior confiabilidade das medidas em comparação com grupos contendo apenas indivíduos fisicamente ativos.

1.4 OBJETIVO GERAL

Investigar se a TPF poderia ser uma medida confiável obtida durante o SCM e o SA realizados por lutadores e homens fisicamente ativos.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comparar as escores de confiabilidade entre os dois tipos diferentes de saltos;
2. Averiguar se a familiarização desempenharia um papel na confiabilidade;
3. Verificar se um histórico de treinamento hipoteticamente superior melhoraria os escores de confiabilidade.

1.6 HIPÓTESES

1. Os resultados de confiabilidade da TPF no SA seriam melhores se comparados aos do SCM;
2. As medições seriam mais confiáveis à medida em que os participantes estivessem mais familiarizados com a execução dos testes;
3. Os atletas das modalidades de combate obteriam escores de confiabilidade melhores que os dos indivíduos fisicamente ativos.

1.7 JUSTIFICATIVA

Pesquisas relatando a confiabilidade da TPF obtida durante testes de salto vertical frequentemente apresentam resultados contraditórios. Sendo assim, faz-se necessária uma maior investigação sobre as variáveis que possam influenciar os resultados de confiabilidade dessa medida.

1.8 DELIMITAÇÃO

O presente estudo foi realizado com homens fisicamente ativos e atletas recreacionais de modalidades de combate que compareceram ao Laboratório de Pesquisa em Treinamento de Força (LPTF) da Universidade de Brasília, local onde os testes foram realizados.

2. MÉTODOS

2.1 TIPO DO ESTUDO

Trata-se de estudo quantitativo, observacional e transversal.

2.2 DESCRIÇÃO DA AMOSTRA

O tamanho da amostra foi estimado *a priori* por meio do *software* G*Power (versão 3.1.9.6, Alemanha) considerando os seguintes parâmetros: testes F, ANOVA com medidas repetidas, interação dentro do intervalo, 0,20 de tamanho de efeito, 0,05 de erro alfa, 0,80 de poder, dois grupos, três medidas e 0,5 de correlação entre as medidas. Com base nos resultados encontrados a partir dessas entradas, foram recrutados 21 atletas recreacionais treinados para modalidades de combate e a mesma quantidade de homens fisicamente ativos.

Tabela 1. Características dos participantes

Variáveis	Lutadores (n=21)	Fisicamente ativos (n=21)
Idade (anos)	25 ± 5	22 ± 2
Massa corporal (kg)	80 ± 10	77 ± 17
Estatuta (cm)	177 ± 5	176 ± 9
IMC (kg·m ⁻²)	25 ± 3	25 ± 4
Altura do SCM (cm)	44 ± 5	39 ± 7
Altura do SA (cm)	35 ± 5	33 ± 5

Legenda: IMC = índice de massa corporal.

2.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

INCLUSÃO

- Possuir uma idade entre 20 e 30 anos;
- Configurar-se no sexo masculino;
- Para os atletas de combate, eles deveriam estar envolvidos em qualquer treinamento de esportes de combate cuja frequência seja de pelo menos três dias por semana por um mínimo de dois anos;
- Para os indivíduos fisicamente ativos, eles deveriam praticar pelo menos 150 minutos por semana de atividade física de intensidade moderada ou pelo menos 75 minutos por semana de atividade vigorosa.

EXCLUSÃO:

- Portadores de quaisquer doenças crônicas ou lesões que pudessem comprometer o desempenho nos testes;
- Usuários de suplementos ergogênicos.

2.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

- Formulários de saúde, de consentimento informado, e o *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ);
- Estadiômetro;
- Balança digital;
- Testes de salto vertical (SCM e SA) realizados em uma plataforma de força (AMTI, *AccuPower Portable Force Plate*, Watertown, MA, EUA).

2.5 PROCEDIMENTOS DA COLETA DE DADOS

Foi enviado um vídeo instrutivo aos participantes apresentando a correta forma de execução dos testes de SCM e de SA previamente à visita dos participantes ao laboratório para familiarizá-los com a técnica de salto adequada e os procedimentos do estudo. Os participantes foram instruídos a evitar qualquer exercício vigoroso 48 horas antes dos testes e foram informados sobre os riscos e benefícios da pesquisa. O protocolo do presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade de Brasília, sob o número 2.878.364.

Os participantes visitaram o laboratório em três dias no mesmo período (visitas com duração de cerca de 1 hora). O primeiro dia de teste também foi dedicado ao preenchimento dos formulários e à medição da massa corporal e da estatura dos participantes. O segundo e o terceiro dia de teste foram agendados com 2-7 dias de intervalo do primeiro dia.

Antes dos testes de saltos, os participantes realizaram um protocolo de aquecimento padronizado, incluindo duas séries de agachamento em uma máquina *Smith* com sobrecarga de 50% da massa corporal do indivíduo e cinco saltos agachados de esforço progressivo (de muito fácil a máximo). Após 1-2 min de intervalo, os participantes realizaram quatro tentativas máximas do teste dos saltos em si, com 1 min de intervalo entre as tentativas. Se a diferença de altura do salto entre as tentativas excedesse 1 cm, eram realizadas mais tentativas.

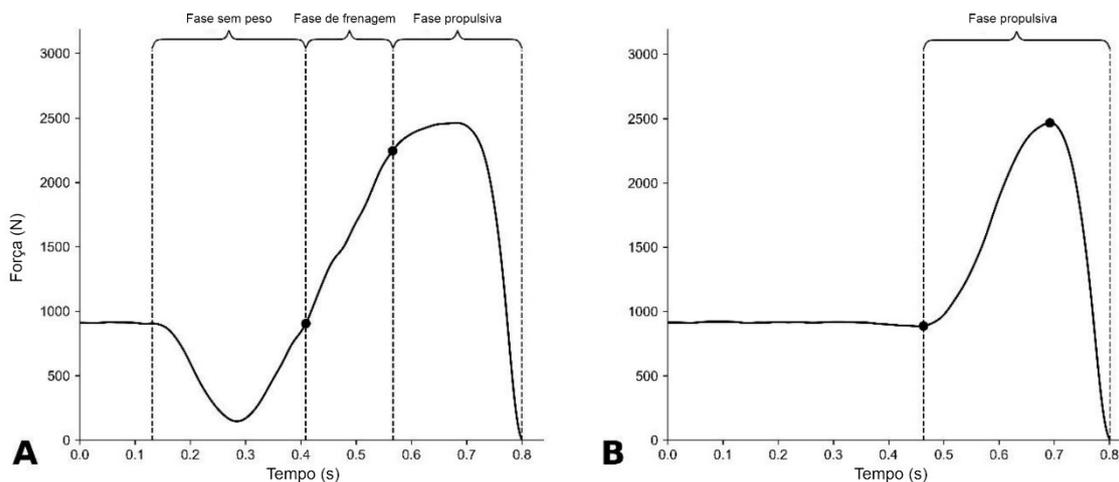
Para o teste dos saltos, os participantes permaneceram parados sobre a plataforma de força até o comando verbal “3, 2, 1, pula”. Eles foram instruídos a manter as mãos nos quadris e pular o mais alto possível. Para o SCM, a profundidade do contramovimento foi auto selecionada; para o SA, eles foram obrigados a manter o ângulo do joelho em torno de 90° por 2-3 segundos antes do salto. Os dados de força-tempo do SA foram inspecionados visualmente para eliminar qualquer tentativa em que o contramovimento tivesse sido realizado involuntariamente. Nos casos em que o contramovimento foi identificado, uma tentativa adicional de SA era realizada.

2.6 TRATAMENTO DOS DADOS

A força de reação do solo (FRS) foi registrada a uma frequência de amostragem de 1000 Hz por meio de um *software* comercial (AccuPower 2.0.3 Dickinson, ND, EUA). Depois, um script personalizado (Python, versão 3.9) foi usado para calcular a TPF para ambos os tipos de saltos (TPF_{SA} e TPF_{SCM}). O sinal de 1 segundo mais estável registrado durante a “fase de pesagem” foi usado para calcular o limiar a fim de identificar o início do movimento. A TPF foi calculada através da divisão da força pico pelo intervalo de tempo desde o início do movimento até o pico de força. O início do movimento foi identificado a partir de quando a FRS excedia o equivalente a cinco vezes o desvio padrão do peso corporal menos 30 ms (MCMAHON, et al., 2018; PÉREZ-CASTILLA, ROJAS e GARCÍA-RAMOS, 2019).

Para o SCM, a TPF foi obtida a partir da fase de frenagem, ou seja, o aspecto descendente do salto (MCMAHON, et al., 2018), enquanto, para o SA, foi obtida da fase propulsiva (ou seja, o aspecto ascendente do salto), pois não há fase de frenagem no SA (MCLELLAN, LOVELL e GASS, 2011). Os dados ainda foram analisados objetivamente para remover qualquer SA apresentando contramovimento, uma vez que a inspeção visual da curva força-tempo não é sempre suficiente para detectar contramovimento (SHEPPARD e DOYLE, 2008). O SA foi descartado se um dos seguintes critérios fosse observado: a) a FRS tenha ultrapassado o limiar de 5 × desvio padrão do peso corporal ou 30 N no sentido descendente; b) uma inclinação negativa de 1000 N/s. Como consequência, a amostra para TPF_{SA} dos lutadores foi reduzida para 17, enquanto para os homens fisicamente ativos foi reduzida para 10 participantes.

Figura 2. Curva força-tempo registrada durante os testes de salto com contramovimento (A) e salto agachado (B) de um participante típico do grupo de homens fisicamente ativos. Os pontos representam o início do movimento e o pico de força nas respectivas fases de interesse.



Após todas as suposições de parametrização terem sido atendidas, o teste ANOVA de modelo misto foi usado para as comparações entre grupos e dias, com Bonferroni como *post hoc*. Os parâmetros de confiabilidade foram estimados avaliando as mudanças nas medidas repetidas (ou seja, dias 1 e 2 *versus* dias 2 e 3). Com base nos limites de confiança de 90% dos Coeficientes de Correlação Intraclasse, os valores < 0,5, entre 0,5 e 0,749, 0,75 e 0,9 e > 0,90 foram interpretados como ruins, moderados, bons e excelentes, respectivamente (KOO e LI, 2016). O erro típico como coeficiente de variação (CV%) foi multiplicado por 2 para interpretar sua magnitude usando os limites de 0,2, 0,6, 1,2, 2,0, 4,0 para pequeno, moderado, grande, muito grande e extremamente grande (SMITH e HOPKINS, 2011). Embora os critérios para que uma medida tenha confiabilidade aceitável ainda não estejam padronizados, a combinação de CCI $\geq 0,75$ e CV $\leq 10\%$ é geralmente considerada confiável. O software IBM SPSS (versão 25.0) foi usado para as estatísticas inferenciais (erro alfa definido em 5%), enquanto uma planilha personalizada no software Microsoft Excel foi usada para os cálculos de confiabilidade (HOPKINS, 2017).

2.7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Para averiguar o papel que a familiaridade desempenha na confiabilidade da medida da TPF, e determinar quantas sessões de testes seriam necessárias para produzir dados confiáveis de TPF, é possível que fossem necessárias mais de 3 sessões de testes. Entretanto, não é sempre possível exigir que os participantes, especialmente os atletas, fiquem afastados de suas rotinas de treinamento vigoroso, e é por isso que foram incluídas apenas 3 sessões de testes no presente estudo.

3. RESULTADOS

A Tabela 2 e a Figura 3 exibem a TPF_{SA} e TPF_{SCM} nos três dias de teste. Para a TPF_{SCM} , não houve diferença significativa ao longo dos três dias ($F[2,80]=1,074$, $p=0,333$, η^2 parcial=0,026) e nenhuma diferença significativa entre os grupos ($F[1,40]=0,753$, $p=0,391$, η^2 parcial=0,018), mas houve interação significativa entre dias e grupos ($F[2,80]=4,848$, $p=0,018$, η^2 parcial=0,108). O teste de Bonferroni como *post hoc* revelou que a TPF_{SCM} no dia 1 foi menor que no dia 2 para atletas de combate ($p=0,048$), mas nenhuma outra interação foi identificada. Para a TPF_{SA} , não houve diferença entre os três dias ($F[2,48]=3,126$; $p=0,053$, η^2 parcial=0,115), nenhuma diferença entre os grupos ($F[1,24]=0,746$; $p=0,391$, η^2 parcial=0,004), e nenhuma interação entre dias e grupos ($F[2,48]=0,491$; $p=0,615$, η^2 parcial=0,020).

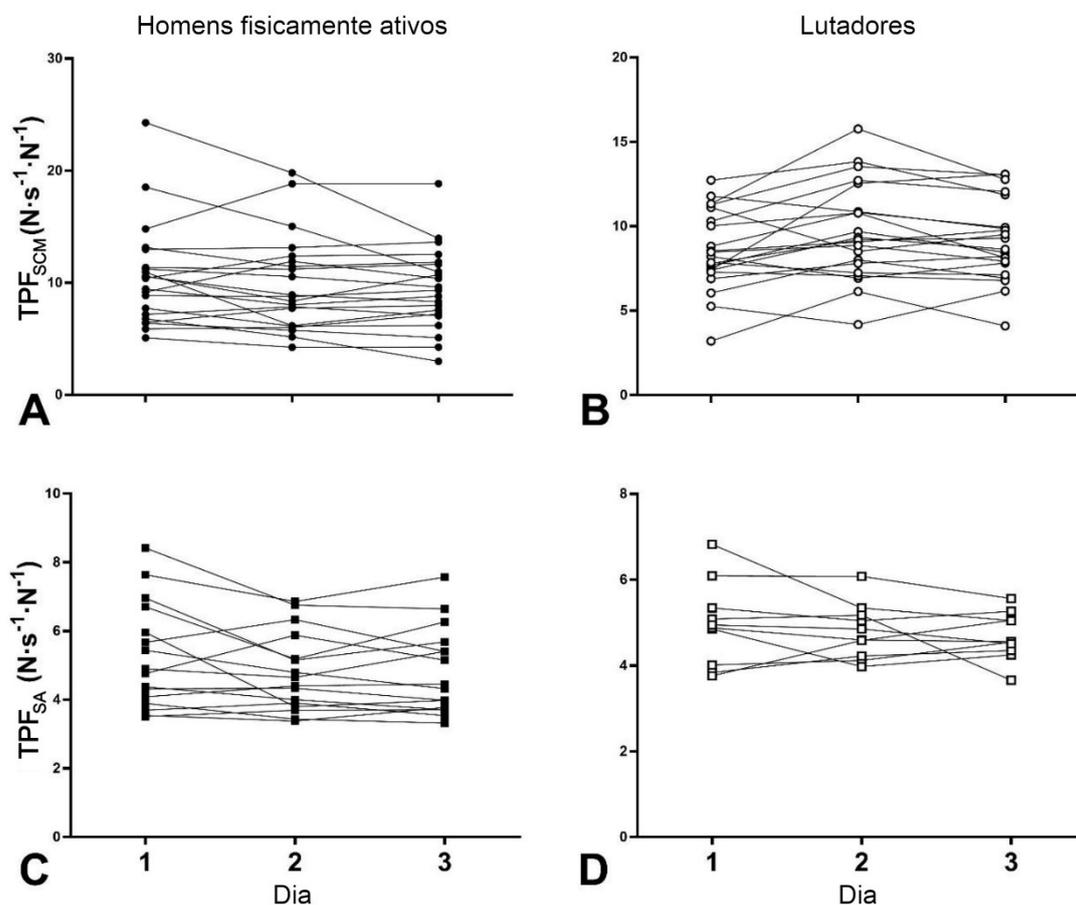
Tabela 2. Taxa de produção de força relativa ao peso corporal ($N \cdot s^{-1} \cdot N^{-1}$) obtida durante testes de saltos verticais realizados por lutadores e homens fisicamente ativos

Grupos	Tipo de salto	Dia 1	Dia 2	Dia 3
Homens fisicamente ativos	SCM	10,6 ± 4,5	9,9 ± 4,2	9,5 ± 3,6
	SA	5,2 ± 1,5	4,8 ± 1,2	4,8 ± 1,3
Lutadores	SCM	8,5 ± 2,3*	9,7 ± 2,9	9,1 ± 2,4
	SA	5,0 ± 1,0	4,8 ± 0,6	4,7 ± 0,6

Os dados são apresentados como média ± desvio padrão para o salto com contramovimento (SCM) e salto agachado (SA).

* Dia 1 menor que o dia 2, $p=0,048$. ANOVA de modelo misto foi usado para comparações entre grupos e dias com Bonferroni como *post hoc*.

Figura 3. Taxa de produção de força (TPF) individual obtida durante saltos com contramovimento (A e B) e saltos agachados (C e D) realizados por homens fisicamente ativos (A e C) e atletas de combate (B e D) em três dias de testes



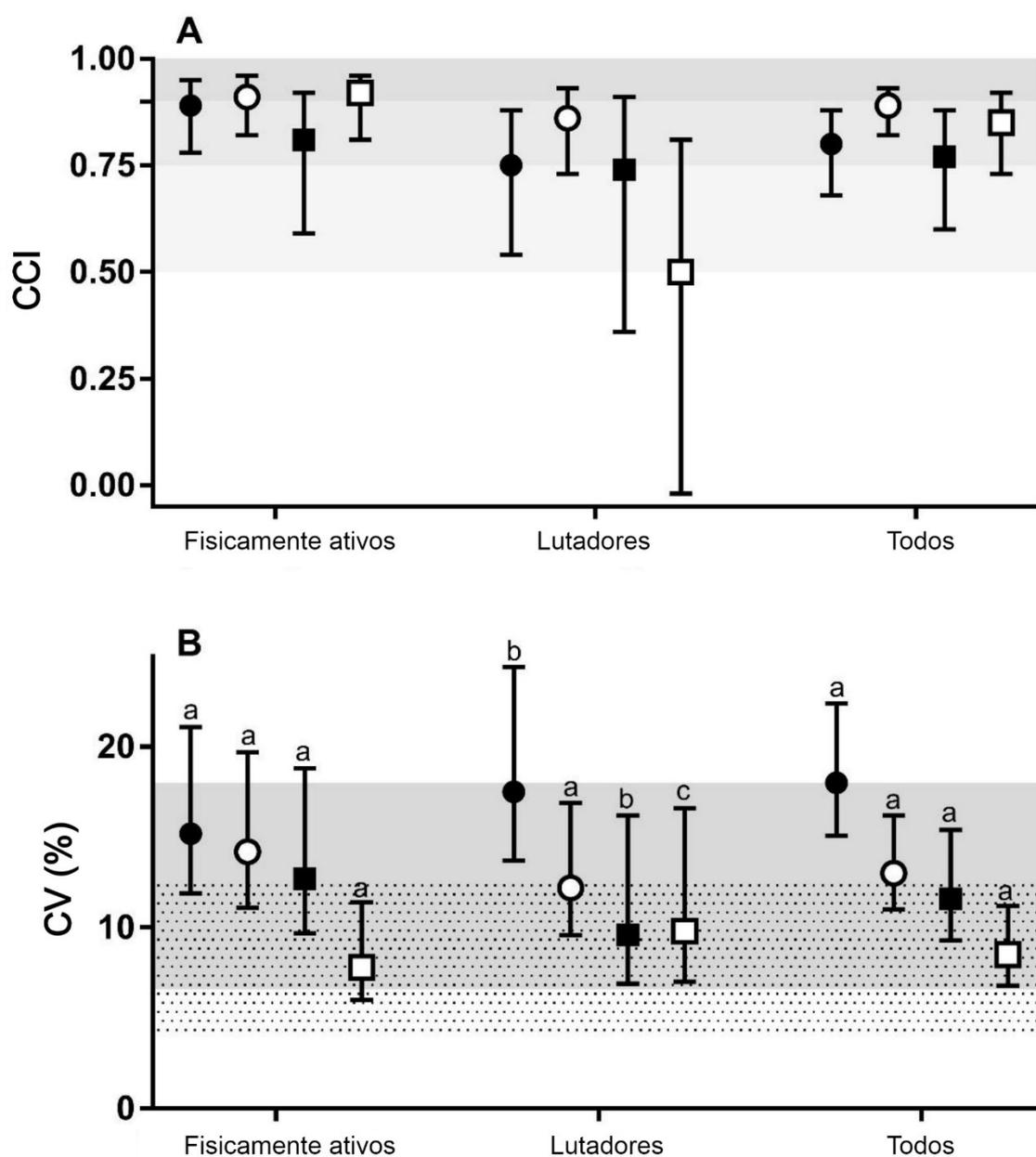
A Figura 4A mostra a confiabilidade entre dias da TPF_{SA} e da TPF_{SCM} em homens fisicamente ativos e lutadores. Considerando todos os participantes, as escores do CCI melhoraram ligeiramente ao longo dos dias de teste (ou seja, valores médios maiores com limites de confiança mais curtos). Especificamente, no 3º dia de teste, a TPF_{SCM} melhorou de moderada a boa para boa a excelente, enquanto a TPF_{SA} melhorou de moderada a boa para moderada a excelente.

Considerando o grupo dos homens fisicamente ativos, a TPF_{SCM} foi semelhante entre todos os dias de teste, mas a TPF_{SA} melhorou de moderada a excelente (entre os dias 1 e 2) para boa a excelente (entre os dias 2 e 3). Para os lutadores, a TPF_{SCM} melhorou de moderada a boa (entre os dias 1 e 2) para moderada a excelente (entre

os dias 2 e 3), mas a TPF_{SA} piorou de ruim a excelente (entre os dias 1 e 2) para ruim a boa (entre os dias 2 e 3).

A Figura 4B mostra a análise do coeficiente de variação. Considerando todos os participantes, o CV apresentou maior concordância (ou seja, menor variação) nos dias 2 e 3 do que nos dias 1 e 2, mas todos foram considerados moderados. A TPF_{SCM} dos lutadores melhorou com o terceiro dia de testes, enquanto a TPF_{SA} piorou ligeiramente.

Figura 4. Confiabilidade entre dias e concordância da taxa de produção de força obtida durante saltos com contramovimento (SCM) e saltos agachados (SA) em homens fisicamente ativos e lutadores. (A) Coeficiente de correlação intraclassa (CCI) e (B) erro típico de medida como coeficiente de variação (CV). Os dados dos SCM são apresentados como (●) para os dias 1 e 2 e como (○) para os dias 2 e 3. Os dados dos SA são apresentados como (■) para os dias 1 e 2 e como (□) para os dias 2 e 3. ^a moderado, ^b grande e ^c muito grande para o CV. Os dados foram apresentados como média e limites de confiança de 90%.



4. DISCUSSÃO

O presente estudo indicou que a TPF pode ser uma medida confiável de desempenho em ações dinâmicas durante os testes de SCM e SA. Especificamente, após um dia de familiarização, a TPF_{SA} (entre os dias 2 e 3) em homens fisicamente ativos pode ser considerada confiável ($CCI \geq 0,75$ e $CV \leq 10\%$) (ATKINSON e NEVILL, 1998). Ao contrário do que foi hipotetizado, não foi encontrada nenhuma evidência de que lutadores, indivíduos que teoricamente deveriam estar mais acostumados a exercícios de salto vertical, apresentem dados com um escore superior de confiabilidade.

Foi demonstrado que homens fisicamente ativos podem apresentar um escore de TPF confiável ($CCI=0,92$, $CV=7,8\%$) durante o SA com apenas uma única sessão de familiarização. Esse resultado corrobora parcialmente com os achados de um estudo anterior (MOIR et al., 2005) mostrando que escores de TPF aceitáveis ($CCI=0,84$, $CV=6,5\%$) podem ser obtidos sem qualquer sessão de familiarização em indivíduos recreativamente treinados. Existem semelhanças entre os estudos que podem explicar o escore confiável observado da TPF. Primeiro, ambos os estudos consideraram os valores médios da TPF (dentre, por exemplo, 3 tentativas) em vez do maior valor da TPF usado em outros estudos (FOCKE et al., 2013; HORI et al., 2009). Segundo, ambos calcularam a TPF média (Δ força / Δ tempo) em vez da TPF pico (o gradiente mais acentuado da curva força-tempo), pois a TPF pico pode demonstrar escores de confiabilidade mais baixas (HORI et al., 2009; PÉREZ-CASTILLA, ROJAS e GARCÍA-RAMOS, 2019). Moir e colegas (2005) relataram CCI de 0,53 e CV de 12,7% usando a abordagem da TPF pico, e outros estudos relataram CV variando de 20 a 36% (FITZGERALD et al., 2018; PÉREZ-CASTILLA, ROJAS e GARCÍA-RAMOS, 2019; WILSON et al., 1995). Por outro lado, cabe destacar que todos os participantes do estudo de Moir e colegas tinham experiência com exercícios resistidos, e suas rotinas de treinamento incluíam agachamentos. Isso pode sugerir que o histórico de treinamento desempenha um papel na confiabilidade da TPF, explicando o porquê de nenhuma sessão de familiarização ter sido necessária para esses participantes, embora uma sessão tenha sido necessária para os participantes do presente estudo.

Em relação ao histórico de treinamento dos participantes, Jiménez-Reyes e colaboradores (2016) relataram CCI de 0,97 e CV de 7,6% para confiabilidade intra-dia da TPF obtida durante SA com sobrecarga (17 kg) realizado em uma máquina Smith por atletas de atletismo. Embora as diferenças nos procedimentos de teste impeçam qualquer comparação direta com os resultados da presente pesquisa, pode-se especular que sua amostra de atletas de *sprint* e de salto que competem em nível nacional e internacional pode ser responsável por seus resultados positivos. O nível competitivo dos atletas da presente amostra foi provavelmente inferior ao relatado por Jiménez-Reyes e colaboradores (2016). É possível argumentar que os participantes que realizam o exercício de agachamento em sua rotina de treinamento podem apresentar controle e desempenho superiores da musculatura dos membros inferiores, permitindo uma medida de TPF mais confiável durante o SA. Por esse motivo, talvez não tenham sido observados maiores escores de confiabilidade na presente amostra de lutadores (os quais não participam de treinamento resistido estruturado com regularidade), que, pelo contrário, tenderam a apresentar escores piores do que os homens fisicamente ativos (os quais incluem, em grande parte, o treinamento resistido como parte de seus estilos de vida).

Outro ponto interessante a se observar dos resultados é que o SA atingiu escores aceitáveis de TPF, mas o SCM não. Embora possa ser difícil alcançar a conformidade no protocolo do SA (ou seja, não incluir nenhum contramovimento), o SCM é provavelmente mais propenso a mudanças diárias dos participantes na estratégia de salto. Estudos anteriores (KENNEDY & DRAKE, 2018) sugerem que o pico de força pode ocorrer nas fases de frenagem ou propulsão do SCM. Assim, os padrões individuais do SCM podem afetar substancialmente a TPF, uma vez que a fase propulsiva geralmente ocorre entre 150 e 200 ms após o início do movimento. Considerando essas inconsistências e dificuldades na avaliação da TPF, não é de se surpreender que vários estudos tenham mostrado $CV > 50\%$ para a TPF obtida durante o SCM (HEISHMAN et al., 2019, 2020; MERRIGAN et al., 2021; PÉREZ-CASTILLA, ROJAS e GARCÍA-RAMOS, 2019; WILSON et al., 1995).

Por esse motivo, a TPF foi medida apenas na fase de frenagem no presente estudo, o que resultou em melhores escores de confiabilidade (por exemplo, CCI 0,86-0,91 e CV 12-14% com uma sessão de familiarização) do que o relatado anteriormente em diversos outros estudos (FITZGERALD et al., 2018; FOCKE et al., 2013;

HEISHMAN et al., 2019, 2020; HORI et al., 2009; MCLELLAN, LOVELL e GASS, 2011; MERRIGAN et al., 2021; MIZUGUCHI et al., 2015; MOIR, GARCIA e DWYER, 2009; NIBALI et al., 2015; PÉREZ-CASTILLA, ROJAS e GARCÍA-RAMOS, 2019; TAYLOR et al., 2010; WILSON et al., 1995), mas ainda piores do que o considerado adequado para fins de confiabilidade.

Dessa forma, pode-se argumentar que o SCM não é adequado para aqueles que buscam medir a TPF de maneira confiável, enquanto o SA é provavelmente uma escolha melhor para medir a TPF durante movimentos dinâmicos. No entanto, é importante ter em mente que alcançar a conformidade do protocolo do SA requer a visualização dos dados da curva força-tempo em tempo real a fim de detectar contramovimento.

Por fim, cabe mencionar que também foi observada uma queda incomum na confiabilidade da TPF analisada nos testes de SA dos lutadores do dia 2 em relação ao dia 3. Não foi possível explicar tal queda a partir dos dados e do desenho experimental do presente estudo.

5. CONCLUSÃO

Este estudo sugere que a TPF é uma variável confiável obtida durante os testes de SA com apenas uma sessão de familiarização em homens fisicamente ativos. No entanto, o teste de SCM provavelmente não é um teste adequado para medir a TPF porque requer mais de 2 sessões de familiarização para atingir um nível aceitável de confiabilidade. Os dados dos lutadores – indivíduos com um histórico de treinamento teoricamente superiores – apresentaram escores de confiabilidade semelhantes ou piores do que os dos homens fisicamente ativos.

Propõe-se que estudos futuros considerem a experiência com treinamento resistido dos participantes da amostra, que a rotina de treinamento deles inclua exercícios de agachamento, por exemplo, como um elemento moderador para uma medida mais confiável de TPF.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATKINSON, Greg; NEVILL, Alan M. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. **Sports Medicine**, v. 26, n. 4, p. 217-238, 1998.

FITZGERALD, John S. et al. Test-retest reliability of jump execution variables using mechanography: a comparison of jump protocols. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 9, p. 963-969, 2018.

FOCKE, Anne et al. Effects of age, sex and activity level on counter-movement jump performance in children and adolescents. **European Journal of Sport Science**, v. 13, n. 5, p. 518-526, 2013.

HEISHMAN, Aaron et al. Countermovement jump inter-limb asymmetries in collegiate basketball players. **Sports**, v. 7, n. 5, p. 103, 2019.

HEISHMAN, Aaron D. et al. Countermovement jump reliability performed with and without an arm swing in NCAA division 1 intercollegiate basketball players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 34, n. 2, p. 546-558, 2020.

HORI, Naruhiro et al. Reliability of performance measurements derived from ground reaction force data during countermovement jump and the influence of sampling frequency. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 3, p. 874-882, 2009.

HOPKINS, Will G. Spreadsheets for analysis of validity and reliability. **Sportscience**, v. 21, 2017.

HORNSBY, W. Guy et al. Maximum strength, rate of force development, jump height, and peak power alterations in weightlifters across five months of training. **Sports**, v. 5, n. 4, p. 78, 2017.

JIMÉNEZ-REYES, Pedro et al. Maximal velocity as a discriminating factor in the performance of loaded squat jumps. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 2, p. 227-234, 2016.

KENNEDY, Rodney A.; DRAKE, David. Is a bimodal force-time curve related to countermovement jump performance?. **Sports**, v. 6, n. 2, p. 36, 2018.

KOO, Terry K.; LI, Mae Y. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. **Journal of Chiropractic Medicine**, v. 15, n. 2, p. 155-163, 2016.

MAFFIULETTI, Nicola A. et al. Asymmetry in quadriceps rate of force development as a functional outcome measure in TKA. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 468, n. 1, p. 191-198, 2010.

MAFFIULETTI, Nicola A. et al. Rate of force development: physiological and methodological considerations. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 6, p. 1091-1116, 2016.

MARTINOPOULOU, Klimentini et al. Evaluation of the Isometric and Dynamic Rates of Force Development in Multi-Joint Muscle Actions. **Journal of Human Kinetics**, v. 81, n. 1, p. 135-148, 2022.

MCLELLAN, Christopher P.; LOVELL, Dale I.; GASS, Gregory C. The role of rate of force development on vertical jump performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 2, p. 379-385, 2011.

MCCMAHON, John J. et al. Understanding the key phases of the countermovement jump force-time curve. **Strength & Conditioning Journal**, v. 40, n. 4, p. 96-106, 2018.

MERRIGAN, Justin J. et al. Identifying reliable and reliable force-time metrics in athletes—considerations for the isometric mid-thigh pull and countermovement jump. **Sports**, v. 9, n. 1, p. 4, 2020.

MIZUGUCHI, Satoshi et al. A new approach to determining net impulse and identification of its characteristics in countermovement jumping: Reliability and validity. **Sports Biomechanics**, v. 14, n. 2, p. 258-272, 2015.

MOIR, Gavin et al. The influence of familiarization on the reliability of force variables measured during unloaded and loaded vertical jumps. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 19, n. 1, p. 140, 2005.

MOIR, Gavin L.; GARCIA, Alberto; DWYER, Gregory B. Intersession reliability of kinematic and kinetic variables during vertical jumps in men and women. **International Journal of Sports Physiology & Performance**, v. 4, n. 3, 2009.

MOMMA, Haruki et al. Muscle-strengthening activities are associated with lower risk and mortality in major non-communicable diseases: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. **British Journal of Sports Medicine**, 2022.

NIBALI, Maria L. et al. Influence of familiarization and competitive level on the reliability of countermovement vertical jump kinetic and kinematic variables. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 10, p. 2827-2835, 2015.

PÉREZ-CASTILLA, Alejandro; ROJAS, F. Javier; GARCÍA-RAMOS, Amador. Assessment of unloaded and loaded squat jump performance with a force platform: Which jump starting threshold provides more reliable outcomes?. **Journal of Biomechanics**, v. 92, p. 19-28, 2019.

SHEPPARD, Jeremy M.; DOYLE, Tim LA. Increasing compliance to instructions in the squat jump. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 648-651, 2008.

SMITH, Tiaki Brett; HOPKINS, Will G. Variability and predictability of finals times of elite rowers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 11, p. 2155-2160, 2011.

SOUZA, Alisson A. et al. Reliability and test-retest agreement of mechanical variables obtained during countermovement jump. **International Journal of Exercise Science**, v. 13, n. 4, p. 6, 2020.

STONE, Michael H. et al. How much strength is necessary?. **Physical Therapy in Sport**, v. 3, n. 2, p. 88-96, 2002.

SUCHOMEL, Timothy J.; NIMPHIUS, Sophia; STONE, Michael H. The importance of muscular strength in athletic performance. **Sports Medicine**, v. 46, n. 10, p. 1419-1449, 2016.

TABER, Christopher et al. Roles of maximal strength and rate of force development in maximizing muscular power. **Strength & Conditioning Journal**, v. 38, n. 1, p. 71-78, 2016.

TAYLOR, Kristie-Lee et al. Sources of variability in iso-inertial jump assessments. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 5, n. 4, p. 546-558, 2010.

TILLIN, Neale Anthony; PAIN, Matthew Thomas Gerard; FOLLAND, Jonathan. Explosive force production during isometric squats correlates with athletic performance in rugby union players. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, n. 1, p. 66-76, 2013.

WILSON, Greg J. et al. Assessing dynamic performance: A comparison of rate of force development tests. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 9, n. 3, p. 176-181, 1995.