

**Respostas fisiológicas agudas ao benchmark diane  
 Em praticantes de crossfit®**

Raphael Dinalli Oliveira Freitas<sup>1,5</sup>, Guilherme Pereira Saborosa<sup>2,4,5</sup>, João Pedro Assis Moreira<sup>1,5</sup>  
 Adrielle Carolina Ribeiro Lopes<sup>1,3,5</sup>, Rafael Correa Teodoro<sup>1,5</sup>, Francisco de Assis Manoel<sup>1,5</sup>  
 Luiz Henrique Resende Maciel<sup>1,3</sup>, Sandro Fernandes da Silva<sup>1,5</sup>

**RESUMO**

**Introdução:** O CrossFit® é uma modalidade de treinamento que envolve movimentos variados em alta intensidade, cujo principal componente é o WOD. **Objetivo:** Analisar as respostas fisiológicas agudas de homens e mulheres praticantes de CrossFit® após a aplicação do benchmark “Diane”. **Materiais e Métodos:** Dezoito participantes (12 homens e 6 mulheres) completaram o benchmark no menor tempo possível. O Salto com Contramovimento (CMJ), a espessura do músculo isquiotibial e a Frequência Cardíaca de Repouso (FCrep) foram medidos antes do início do WOD. Após a conclusão do treino, todos os testes foram repetidos, além dos valores de Frequência Cardíaca Pico (FCpico) durante o exercício e a Percepção de Esforço (PSE) que foram avaliadas. **Resultados:** As variáveis envolvendo o CMJ mostraram melhorias intragrupo pós-teste, principalmente na altura do salto (Homens: pré =  $38,36 \pm 4,21$  vs pós =  $38,76 \pm 5,76$  cm; Mulheres: pré =  $28,12 \pm 2,53$  vs pós =  $30,50 \pm 1,50$  cm) e na potência sendo significativa ( $p=0,004$  e  $p=0,007$  respectivamente) para as mulheres. Ao comparar homens e mulheres, uma diferença significativa ( $p<0,05$ ) foi encontrada em todos os momentos do salto. Os dois grupos apresentaram diferenças significativas na espessura muscular quando comparados os momentos pré e pós-teste ( $p<0,05$ ). Diferenças significativas ( $178,33 \pm 9,22$  bpm;  $p=0,04$ ) foram encontradas na FCpico para homens. **Conclusão:** O benchmark Diane não afetou negativamente os parâmetros neuromusculares, mesmo aqueles com altos níveis de respostas cardiovasculares e intensidade. No entanto, esse treinamento deve ser prescrito com cautela devido à alta demanda física.

**Palavras-chave:** Treinamento Físico. Monitoramento da Frequência Cardíaca. Treinamento intervalado de alta intensidade.

1 - Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

**ABSTRACT**

**Acute physiological responses to the Diane Benchmark in crossfit® practitioners**

**Introduction:** CrossFit® is a training modality that involves varied movements at high intensity, with the main component being the Workout of the Day (WOD). **Objective:** Analyze the acute physiological responses of men and women who practice CrossFit® after “Diane” benchmark. **Materials and Methods:** Eighteen participants (12 men and 6 women) completed the benchmark in the shortest time possible. Countermovement Jump (CMJ), muscle thickness, and Resting Heart Rate (HRrest) were measured before the WOD. After the workout, all tests were repeated, and Peak Heart Rate (HRpeak) values during the exercise and Rate of Perceived Exertion (RPE) were also assessed. **Results:** The variables involving the CMJ showed intragroup improvements post-test, mainly in jump height (Men: pre =  $38.36 \pm 4.21$  vs post =  $38.76 \pm 5.76$  cm; Women: pre =  $28.12 \pm 2.53$  vs post =  $30.50 \pm 1.50$  cm) and in power, which was significant ( $p=0.004$  and  $p=0.007$ , respectively) for women. When comparing men and women, a significant difference ( $p<0.05$ ) was found at all jump moments. Both groups showed significant differences in muscle thickness when comparing pre- and post-test moments ( $p<0.05$ ). Significant differences ( $178.33 \pm 9.22$  bpm;  $p=0.04$ ) were found in HRpeak for men. **Conclusion:** The “Diane” benchmark not negatively affect neuromuscular parameters, with high levels of cardiovascular and intensity responses. However, this training should be prescribed with caution due to its high physical demand.

**Key words:** Physical Training. Monitoring Heart Rate. High-intensity Interval Training.

2 - Graduando no Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.

## INTRODUÇÃO

O CrossFit® (CF) é uma modalidade de condicionamento físico de alta intensidade que envolve movimentos metabolicamente exigentes. Esse tipo de treinamento incorpora exercícios de diversas modalidades, como levantamento de peso, ginástica, atletismo e ciclismo, que são combinados de forma sinérgica (Claudino e colaboradores, 2018; Oliver-Lopez e colaboradores, 2022).

As sessões tradicionais de treinos de CF incluem o aquecimento, um período de força e sua parte principal, conhecidos também como "treino do dia" ou WOD (Triviño e colaboradores, 2025).

A execução de um WOD consiste na realização de exercícios em circuitos de alta intensidade, com repetições rápidas e consecutivas dos movimentos, com pouco ou nenhum descanso (Leitão e colaboradores, 2021).

Para avaliar o desempenho dos praticantes são usados WODs de referência, também aplicados em competições (Butcher e colaboradores, 2015; Souza e colaboradores, 2021; Rios e colaboradores, 2024).

Eles se dividem em dois grupos: as "Girls", com nomes femininos como "Fran", "Cindy", "Grace" e "Diane", e os "Heroes", nomeados em homenagem aos soldados americanos mortos em combate, como "Murph", "JT" e "Nate" (Glassman, 2007; Rios e colaboradores, 2024).

Os treinos de CF promovem adaptações morfológicas e fisiológicas crônicas, devido principalmente aos efeitos agudos das sessões de treinamento (Oliver-Lopez e colaboradores, 2022; Silva de Souza e colaboradores, 2024).

Como resultado, os praticantes podem alcançar diversos objetivos, como alterações sistêmicas nos tecidos cardiovascular, neuromuscular e na composição corporal (Souza e colaboradores, 2021; Leitão e colaboradores, 2021).

Dante disso, diversos pesquisadores têm se dedicado a investigar as implicações fisiológicas, metabólicas e morfológicas da prática do CF (Butcher e colaboradores, 2015; Souza e colaboradores, 2021; Martínez-Gómez e colaboradores, 2020; Oliver-Lopez e colaboradores, 2022; Cláudio e colaboradores, 2018).

As pesquisas relacionadas às variáveis de desempenho físico (Martínez-Gómez e colaboradores, 2020) são especialmente

importantes para a prescrição e o monitoramento do treinamento da modalidade. Variáveis como a resposta aguda da Frequência Cardíaca (FC), Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) e a resposta mecânica por meio de testes de salto são frequentemente descritas em estudos com diferentes protocolos de treinamento de CF (Claudino e colaboradores, 2018; Forte e colaboradores, 2022).

Sendo assim, distintas respostas agudas e crônicas podem ocorrer devido a alternância no volume, intensidade, modo de execução e exercícios presentes nos diferentes tipos de WODs (Martinho e colaboradores, 2024; Tibana e colaboradores, 2017), determinando quais sistemas de energia são mais usados (Oliver-Lopez e colaboradores, 2022).

Por exemplo, Fernández e colaboradores (2015) observaram que em um WOD com menor volume e maior intensidade, existe a predominância das vias anaeróbias. Enquanto em um WOD com maior volume e menor intensidade, há uma maior predominância das vias aeróbias (Meier e colaboradores, 2023).

Embora muitos estudos tenham analisado os WODs mais comuns, como Fran e Murph (Souza e colaboradores, 2021; Meier e colaboradores, 2023), ainda há uma lacuna na pesquisa sobre as respostas fisiológicas agudas de outros WODs de referência. Sendo assim, o objetivo do estudo foi analisar as respostas fisiológicas agudas de homens e mulheres praticantes de CrossFit® após a realização do WOD "Diane".

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Participantes

Dezoito indivíduos adultos saudáveis ( $\geq 18$  anos de idade) de ambos os sexos, incluindo 12 homens ( $27 \pm 5,31$  anos) e 6 mulheres ( $30,17 \pm 8,89$  anos) com pelo menos 1 ano de treinamento na modalidade CrossFit®, foram recrutados para este estudo. As características antropométricas de cada grupo são apresentadas na Tabela 1.

Para garantir uma amostra homogênea, foram adotados os seguintes critérios de inclusão: os participantes deveriam ter no mínimo um ano de experiência com o treinamento de CrossFit e dominar a técnica de todos os exercícios utilizados no estudo.

Para os critérios de exclusão foram adotadas as seguintes características: apresentar fatores de risco cardiovascular, histórico de lesão osteoarticular nos últimos seis meses ou durante o período de avaliação, e a desistência de participar do estudo. Todos os participantes foram informados sobre os procedimentos e objetivos do estudo e

assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Lavras (3.663.376), de acordo com as diretrizes da Declaração de Helsinki.

**Tabela 1-** Características Antropométricas.

|              | Homens (n=12)     | Homens (n=12)    | p -valor  |
|--------------|-------------------|------------------|-----------|
| Peso (kg)    | $83,83 \pm 12,63$ | $64,78 \pm 4,9$  | 0,003     |
| Estatura (m) | $1,79 \pm 0,08$   | $1,66 \pm 0,04$  | 0,003     |
| IMC          | $26,18 \pm 2,61$  | $23,63 \pm 1,09$ | 0,038     |
| %G           | $9,82 \pm 3,95$   | $23,5 \pm 1,57$  | $< 0,001$ |

**Legenda:** kg – Quilogramas; m – Metros; IMC – Índice de Massa Corporal; %G – Percentual de Gordura.

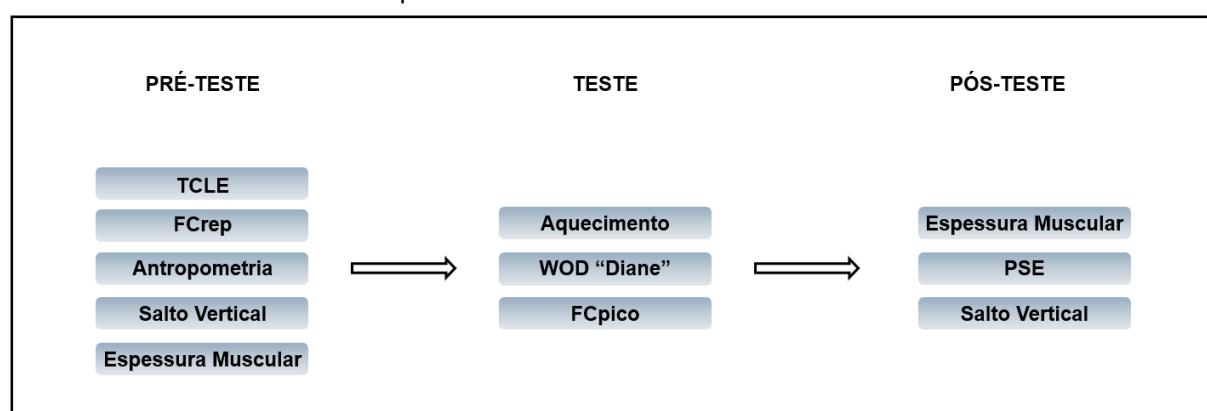
### Procedimentos

Todos os participantes assinaram o TCLE, após, eles permanecerem sentados por cinco minutos para a avaliação da Frequência Cardíaca em Repouso (FCrep).

Em seguida, foram realizados os procedimentos iniciais de coleta de dados antropométricos (peso, altura e percentual de gordura), medições de saltos verticais e de espessura muscular. Depois, os participantes foram instruídos sobre o protocolo de

aquecimento e realização do WOD de referência "Diane". Durante o teste, a Frequência Cardíaca Pico (FCpico) foi registrada, sendo a maior FC atingida durante o teste.

Ao final da sessão de teste, os procedimentos iniciais foram realizados novamente. Os participantes indicaram o nível de esforço percebido (PSE) após finalizarem estes procedimentos. As etapas estão apresentadas na Figura 1.



**Figura 1-** Procedimentos. Legenda: TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; FCrep – Frequência Cardíaca em Repouso; FCpico – Frequência Cardíaca Pico; PSE – Percepção Subjetiva de Esforço.

### Avaliações Antropométricas

O peso e a altura dos participantes foram medidos usando a balança antropométrica P200C-LD1050 (Líder Balanças®, São Paulo, Brasil).

O Percentual de Gordura (%G) foi obtido usando o sistema portátil de ultrassom

Bodymetrix® BX 2000 (IntelaMetrix, Inc., Livermore, CA) (Krueger e colaboradores, 2015; Pineau e colaboradores, 2009).

Para isso, foi utilizado um protocolo de 3 dobrass (Jackson e Pollock, 1985), que consistiu em peitoral, abdominal e coxa para homens. Para as mulheres foram medidos o tríceps, a suprailíaca e a coxa.

### Frequência Cardíaca (FC)

A FC foi monitorada usando um monitor Garmin Forerunner® 310XT (Garmin International, Kansas City, MO) conectado a cinta peitoral. A FCrep foi registrada após os participantes permanecerem sentados pelo período de repouso de cinco minutos. A FCpico foi analisada durante todo o WOD, onde, o valor mais alto alcançado foi registrado. A Frequência Cardíaca Máxima teórica (FCmáx) foi estimada usando a equação preditiva por idade: [208 - (0,7 \* idade)] (Tanaka, Monahan, Seals, 2001).

### Salto Vertical

Os participantes realizaram um salto vertical com Contra-movimento (CMJ) para avaliar a potência muscular dos membros inferiores. Usando um tapete de contato (Cefise®, LTDA., São Paulo, Brasil), os participantes foram instruídos a realizar uma flexão de joelho até atingirem aproximadamente um ângulo de 90°, seguido imediatamente por um salto vertical para alcançar a maior altura possível, mantendo a fase aérea do salto e as mãos sempre apoiando o quadril.

A aterrissagem foi feita com ambos os pés simultaneamente (Claudino e colaboradores, 2012).

Os dados registrados foram a altura do salto (cm) e a potência relativa (w/kg). Os participantes realizaram um salto de familiarização prévio e três saltos válidos em cada momento (pré e pós-teste), com um intervalo de um minuto entre os saltos. O maior valor de salto entre os três para cada momento foi registrado.

### Protocolo de Teste

#### Aquecimento

O aquecimento padrão durou aproximadamente cinco minutos, e os participantes realizaram três séries sequenciais de 5 good mornings (flexão de quadril com a barra nas costas), 5 shoulder presses (desenvolvimento frontal) e 100 metros em remadores (RowErg Remo Seco, Concept®, Morrisville, EUA). Para o aquecimento os participantes usavam apenas a barra sem o incremento de carga externa.

### WOD

O WOD realizado durante o teste foi o benchmark "Diane", que consiste em dois exercícios realizados consecutivamente por série: o Deadlift (levantamento terra) com uma carga padronizada de 225 libras para homens (100 kg) ou 155 libras para mulheres (70 kg) e o Handstand push-up (flexão vertical) sem sobrecarga. Os exercícios foram organizados em três séries consecutivas com repetições decrescentes em cada série, reduzindo em 21-15-9. O tempo final em que os participantes levaram para completar todas as repetições foram registrados (Glassman, 2003).

#### Espessura Muscular

A espessura muscular foi medida usando um sistema portátil de ultrassom Bodymetrix® BX 2000 (IntelaMetrix, Brentwood, CA, EUA) (Kang e colaboradores, 2020). Os grupos musculares avaliados foram os isquiotibiais da perna direita. Um avaliador experiente aplicou gel condutor no local da medição para que o aparelho pudesse percorrer toda a musculatura. As imagens foram obtidas escaneando toda a extensão do músculo desde a borda externa do fêmur até a aponeurose externa do músculo (Enes e colaboradores, 2021).

#### Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)

A PSE foi medida cinco minutos após o exercício usando a escala de Borg CR10 (Foster e colaboradores, 2021; Sweet e colaboradores 2004). O instrumento é uma escala tipo Likert que varia de 0 a 10, onde 0 indica um esforço de atividade "muito leve" e 10 um esforço "muito, muito difícil". Todos os participantes foram instruídos sobre o funcionamento da escala de PSE respondendo à pergunta "Qual foi a dificuldade do seu treino?", registrando o valor de cada resposta.

#### Análise Estatística

Para a análise das variáveis, foi usado uma análise descritiva, o teste de Shapiro-Wilk foi adotado para verificar a distribuição da amostra, com um nível de significância de  $p < 0,05$ . Como a amostra não se apresentou homogênea, o teste de Mann-Whitney foi utilizado para comparar as variáveis entre os sexos em diferentes momentos. O teste de

Wilcoxon foi usado para a análise intra-grupo. Todos os dados foram processados utilizando o software Statistical Package for Social Science (SPSS – IBM® SPSS® Statistics versão 23).

## RESULTADOS

Os valores médios das variáveis de desempenho para homens e mulheres alcançados durante o teste, como tempo total do WOD, PSE, FCrep, FCpico e a porcentagem de FCmáx alcançada (%FC), são mostrados na Tabela 2. Diferenças significativas intragrupo ( $p<0,05$ ) foram encontradas apenas para os homens, em relação à FCpico ( $p<0,04$ ) e a PSE ( $p<0,01$ ).

**Tabela 2 - Variáveis de Desempenho.**

|             | Homens          |                  | Mulheres        |                  |
|-------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
|             | Média ± DP      | p (Shapiro-Wilk) | Média ± DP      | p (Shapiro-Wilk) |
| Tempo (seg) | 339,83 ± 128,57 | 0,67             | 384,83 ± 169,07 | 0,28             |
| PSE         | 8,08 ± 0,79     | 0,01*            | 8,00 ± 0,89     | 0,16             |
| FCrep       | 71,50 ± 12,35   | 0,78             | 71,33 ± 6,40    | 0,07             |
| FCpico      | 178,33 ± 9,22   | 0,04*            | 177,33 ± 9,28   | 0,87             |
| %G          | 94,44 ± 5,46    | 0,07             | 94,97 ± 5,86    | 0,19             |

Legenda: \*Diferença significativa intragrupo ( $p \leq 0,05$ ).

### Parâmetros Neuromusculares

Em relação aos parâmetros neuromusculares (Tabela 3), a espessura muscular foi maior para homens ( $p=0,001$ ) e para mulheres ( $p=0,01$ ) após o WOD em comparação ao momento pré. Apenas as mulheres apresentaram um aumento significativo na potência e na altura do salto ( $p < 0,05$ ) após o teste.

No entanto, quando os grupos foram comparados, na Tabela 4 = homens versus

mulheres, os homens tiveram valores significativamente maiores de altura do salto no momento pré ( $p=0,001$ ) e pós ( $p=0,004$ ). A potência pré ( $p=0,001$ ) e pós teste ( $p=0,002$ ) também apresentaram valores significativamente maiores para homens. As comparações das outras variáveis analisadas no presente estudo não revelaram valores que diferissem significativamente ( $p>0,05$ ) entre os grupos.

**Tabela 3 - Parâmetros Neuromuscular.**

|                            | Homens            |                   |        |       | Mulheres          |                   |        |       |
|----------------------------|-------------------|-------------------|--------|-------|-------------------|-------------------|--------|-------|
|                            | Média ± DP<br>Pré | Média ± DP<br>Pós | p      | d     | Média ± DP<br>Pré | Média ± DP<br>Pós | p      | d     |
| Espessura<br>Muscular (mm) | 38,41±3,66        | 40,37±3,41        | 0,001* | -0,10 | 35,95±2,55        | 37,80±2,93        | 0,01*  | -2,14 |
| Potência<br>(Watts)        | 48,94±3,85        | 48,86±4,25        | 0,53   | 0,02  | 39,70±2,65        | 42,02±1,53        | 0,007* | -1,89 |
| Altura do salto<br>(cm)    | 38,36±4,21        | 38,76±5,76        | 0,36   | -1,56 | 28,12±2,53        | 30,50±1,50        | 0,004* | -1,34 |

Legenda: mm, milímetros; cm, centímetros; \*Diferença significativa em relação ao momento pré-teste ( $p\leq 0,05$ ).

**Tabela 4 - Comparação entre grupos.**

|                                | Homens              | Mulheres            | Média ± DP | p     | d |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|------------|-------|---|
| Tempo (seg)                    | $339,83 \pm 128,57$ | $384,83 \pm 169,07$ | 0,73       | 0,31  |   |
| PSE                            | $8,08 \pm 0,79$     | $8,00 \pm 0,89$     | 0,44       | 0,05  |   |
| FCrep                          | $71,50 \pm 12,35$   | $71,33 \pm 6,40$    | 0,88       | 0,01  |   |
| FCpico                         | $178,33 \pm 9,22$   | $177,33 \pm 9,28$   | 0,37       | 0,11  |   |
| %FCmáx                         | $94,44 \pm 5,46$    | $94,97 \pm 5,86$    | 0,57       | 0,09  |   |
| Espessura Muscular (mm)        | $38,41 \pm 3,66$    | $35,95 \pm 2,55$    | 0,08       | -0,73 |   |
| Espessura Pós-teste            | $40,37 \pm 3,41$    | $37,80 \pm 2,93$    | 0,06       | -0,78 |   |
| Potência Pré-teste (Watts)     | $48,94 \pm 3,85$    | $39,70 \pm 2,65$    | 0,001*     | -2,58 |   |
| Potência Pós-teste             | $48,86 \pm 4,25$    | $42,02 \pm 1,53$    | 0,002*     | -1,83 |   |
| Altura do Salto Pré-teste (cm) | $38,36 \pm 4,21$    | $28,12 \pm 2,53$    | 0,001*     | -2,66 |   |
| Altura do Salto Pós-teste      | $38,76 \pm 5,76$    | $30,50 \pm 1,50$    | 0,004*     | -1,64 |   |

**Legenda:** seg, segundos; %FCmáx, porcentagem média atingida da Frequência Cardíaca Máxima;

\*Diferença significativa entre homens e mulheres ( $p \leq 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar as respostas fisiológicas agudas de homens e mulheres praticantes de crossfit® após a aplicação do benchmark Diane.

Um dos principais achados deste estudo é que, embora o treinamento tenha apresentado um alto nível de intensidade, de acordo com valores percentuais de FCmáx e PSE, os praticantes alcançaram uma melhora no desempenho do CMJ após o treinamento.

Como o CF é caracterizado por movimentos constantemente variados realizados em alta intensidade, os WODs geralmente provocam respostas cardiovasculares significativas (Kliszczewicz e colaboradores, 2015).

Neste estudo, o aumento da FC foi uma característica relevante, alinhando-se com achados de outras pesquisas que envolvem a prática da modalidade (Forte e colaboradores, 2022; Tibana e colaboradores, 2019; Toledo e colaboradores, 2021).

Embora não tenhamos observado diferenças entre os grupos (Tabela 4), houve um aumento da FCrep para a FCpico em ambos os sexos, sendo significativamente maior ( $p < 0,05$ ) para os homens, conforme ilustrado na Tabela 2.

O aumento exponencial da FC parece originar-se do tempo gasto durante o movimento, da massa muscular envolvida no exercício e da intensidade do esforço alcançada pelo praticante (Forte e colaboradores, 2022).

A %FCmáx alcançada pelos grupos foram semelhantes, embora, tenha sido ligeiramente maior para o grupo feminino

(94,97% versus 94,44%), mesmo não havendo diferença significativa. Estes achados podem estar relacionados as diferenças morfológicas, metabólicas e distúrbios neuromusculares, que promovem respostas diferentes entre homens e mulheres (Billaut e Bishop, 2009).

Além disso, os valores da porcentagem de FCmáx acima de 90% indicam que as atividades foram realizadas no domínio severo (Mann e colaboradores, 2013).

A alta intensidade do WOD "Diane" é reforçada pela PSE reportada pelos participantes (Tabela 2).

Embora o CF apresente treinos com durações diferentes, afetando as respostas cardiovasculares e metabólicas (Tibana e colaboradores, 2018), o tempo de conclusão do "Diane" neste estudo (homens  $5,66 \pm 2,14$  min; mulheres  $6,41 \pm 2,81$  min) se mostra notável em relação ao esforço.

Outros estudos com protocolos mais longos (de 10 a 20 minutos) registraram níveis de PSE e respostas cardiovasculares elevados após a sessão (Tibana e colaboradores, 2017, 2018).

Isso sugere que, embora a duração da atividade esteja relacionada ao esforço cardiovascular (Forte e colaboradores, 2022), sessões de treinamento mais curtas com intensidade exacerbada também geram alto estresse metabólico mesmo em um período mais curto.

No que se refere aos parâmetros neuromusculares, o CMJ permite avaliar a força rápida em relação ao ciclo alongamento-encurtamento (Krzyszkowski, Chowning e Harry, 2022) e a fadiga muscular por meio de variáveis mecânicas (Claudino e colaboradores, 2012).

Considerado um benchmark WOD de condicionamento metabólico, sua realização pode causar maior fadiga muscular, promovendo uma redução na capacidade de salto e força explosiva do praticante (Maté-Muñoz e colaboradores, 2018).

No entanto, as variáveis de desempenho do CMJ (Tabela 3) revelaram uma melhora no desempenho em ambos os grupos no momento pós-teste, mesmo com o alto nível de exigência proposto pelo benchmark.

A melhora observada no salto imediatamente após a realização WOD reforça a hipótese de que ele resultou como uma atividade de condicionamento para a Potenciação Pós-Ativação (PAP).

Esse fenômeno se baseia na melhora aguda da potência e atividade muscular, ocorrendo quando exercícios de resistência de alta intensidade são realizados antes de um movimento balístico, como o salto (Karakoç e colaboradores, 2025).

Alguns autores, como Poulos e colaboradores (2018), relataram melhorias no desempenho do salto após a realização do agachamento com diferentes cargas (65% ou 87% de 1RM).

Timón e colaboradores (2019) também mostraram que o desempenho do CMJ melhorou após a realização de dois tipos diferentes de WODs.

O inchaço muscular analisado após a realização do benchmark (Tabela 3) é uma das hipóteses para explicar o fenômeno da PPA.

Essa relação sugere que alterações agudas na arquitetura do músculo podem influenciar o desempenho do salto vertical e aumentar a atividade muscular (Garbisu-Hualde e Santos-Concejero, 2021; Poulos e colaboradores, 2018).

O exercício de resistência utilizado no WOD (levantamento terra) caracteriza-se por ser um movimento com ação predominantemente excêntrica dos músculos isquiotibiais. Há um crescente reconhecimento de que o exercício excêntrico destes músculos pode aumentar a flexibilidade do grupo muscular (Nishida e colaboradores, 2018).

De acordo com Cogley e colaboradores (2021) um aquecimento dinâmico realizado com exercícios de alongamento do grupo muscular antagonista dos extensores do joelho pode melhorar o desempenho e resultar em uma maior capacidade de produzir força. Esses resultados também podem explicar o aumento no desempenho do CMJ após os participantes

realizarem o WOD “Diane”, pois, os grupos musculares recrutados durante o levantamento terra e o CMJ são pares antagônicos.

Com base nas respostas agudas apontadas pelos resultados, o benchmark “Diane” atinge os níveis de intensidade recomendados pelo ACSM para melhorar o condicionamento cardiovascular (Garber e colaboradores, 2011).

No entanto, os altos níveis de PSE induzidos pelo elevado esforço do WOD faz com que treinadores e praticantes se orientem sobre as demandas exigidas pela prática do CF para evitar os possíveis riscos do exercício em alta intensidade.

Das limitações apresentadas pelo presente estudo, destacam-se o baixo número de participantes principalmente para o grupo feminino, além da ausência de métodos de avaliação do estresse metabólico, como a concentração de lactato sanguíneo.

Mais pesquisas envolvendo um maior grupo populacional e com métodos de avaliação mais abrangentes são necessárias para investigar as implicações fisiológicas e metabólicas das sessões de CF em homens e mulheres.

## CONCLUSÃO

Os resultados revelaram que o benchmark Diane provocou altas respostas cardiovasculares e de PSE em homens e mulheres, indicando o caráter intenso do treino.

Apesar de atender às recomendações para melhorar a aptidão cardiovascular, sua prescrição deve ser criteriosa.

Os parâmetros neuromusculares não foram afetados negativamente nos grupos estudados, e uma melhora no desempenho foi observada após a realização do benchmark.

No entanto, poucos estudos avaliaram as implicações de uma sessão de CrossFit® no teste de salto vertical, o que limita nossas interpretações.

Finalmente, as descobertas deste estudo contribuem para uma melhor compreensão das respostas fisiológicas e neuromusculares que envolvem a prática do CrossFit®, servindo como base para futuras investigações e para um embasamento teórico mais sólido no planejamento de treinos que incluem esta modalidade.

## CONFLITO DE INTERESSE

Nenhuma declaração de interesse.

## REFERÊNCIAS

- 1-Billaut, F.; Bishop, D. Muscle fatigue in males and females during multiple-sprint exercise. *Sports Medicine*. Vol. 39. Num. 4. 2009. p. 257-278.
- 2-Butcher, S.; Neyedly, T.; Horvey, K.; Benko, C. Do physiological measures predict selected CrossFit® benchmark performance? *Open Access Journal of Sports Medicine*. Vol. 6. 2015. p. 241.
- 3-Claudino, J.G.; Mezêncio, B.; Soncin, R.; Ferreira, J.C.; Couto, B.P.; Szmuchrowski, L. A. Pre vertical jump performance to regulate the training volume. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 33. Num. 2. 2012. p. 101-107.
- 4-Claudino, J.G.; Gabbett, T.J.; Bourgeois, F.; Souza, H.S.; Miranda, R.C.; Mezêncio, B.; Serrão, J.C. CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*. Vol. 4. Num. 1. 2018.
- 5-Cogley, D.; Byrne, P.; Halstead, J.; Coyle, C. Responses to a combined dynamic stretching and antagonist static stretching warm-up protocol on isokinetic leg extension performance. *Sports Biomechanics*. 2021.
- 6-Enes, A.; Alves, R.C.; Schoenfeld, B.J.; Oneda, G.; Perin, S.C.; Trindade, T.B.; Souza-Junior, T.P. Rest-pause and drop-set training elicit similar strength and hypertrophy adaptations compared with traditional sets in resistance-trained males. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. Vol. 46. Num. 11. 2021. p. 1417-1424.
- 7-Fernández, J.F.; Solana, R.S.; Moya, D.; Marin, J.M.S.; Ramón, M.M. Acute physiological responses during crossfit®/workouts. *European Journal of Human Movement*. Vol. 35. 2015.
- 8-Forte, L.D.M.; Freire, Y.G.C.; Júnior, J.S.D.S.; Melo, D.A.; Meireles, C.L.S. Physiological responses after two different CrossFit workouts. *Biology of Sport*. Vol. 39. Num. 2. 2022. p. 231-236.
- 9-Foster, C.; Boullosa, D.; McGuigan, M.; Fusco, A.; Cortis, C.; Arney, B.E.; Porcari, J.P. 25 Years of Session Rating of Perceived Exertion: Historical Perspective and Development. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Vol. 16. Num. 5. 2021. p. 612-621.
- 10-Garber, C.E.; Blissmer, B.; Deschenes, M.R.; Franklin, B.A.; Lamonte, M.J.; Lee, I.M.; Swain, D.P. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 43. Num. 7. 2011. p. 1334-1359.
- 11-Garbisu-Hualde, A.; Santos-Concejero, J. Post-Activation Potentiation in Strength Training: A Systematic Review of the Scientific Literature. *Journal of Human Kinetics*. Vol. 78. Num. 1. 2021. p. 141-150.
- 12-Glassman, G. Benchmark Workouts. *CrossFit Journal*. 2003.
- 13-Glassman, G. Understanding CrossFit. *CrossFit Journal Article Reprint*. 2007. Vol. 56.
- 14-Jackson, A. S.; Pollock, M. L. Practical Assessment of Body Composition. *The Physician and Sportsmedicine*. Vol. 13. Num. 5. 1985. p. 76-90.
- 15-Kang, S.; Park, J. H.; Seo, M.W.; Jung, H.C.; Kim, Y.I.; Lee, J.M. Validity of the Portable Ultrasound BodyMetrixTM BX-2000 for Measuring Body Fat Percentage. *Sustainability*. Vol. 12. p. 8786. Vol. 12. Num. 21. 2020. p. 8786.
- 16-Karakoç, B.; Eken, Ö.; Kurtoğlu, A.; Arslan, O.; Eken, İ.; Elkholi, S. M. Time-of-Day Effects on Post-Activation Potentiation Protocols: Effects of Different Tension Loads on Agility and Vertical Jump Performance in Judokas. *Medicina*. Vol. 61. Num. 3. 2025. p. 426.
- 17-Kliszczewicz, B.; John, Q.C.; Daniel, B.L.; Gretchen, O.D.; Michael, E.R.; Kyle, T.J. Acute Exercise and Oxidative Stress: CrossFit (TM) vs. Treadmill Bout. *Journal of Human Kinetics*. Vol. 47. Num. 1. 2015. p. 81-90.

- 18-Krueger, E.; Ulbricht, L.; Ripka, W.; Neves, E. B. Avaliação da tecnologia do ultrassom portátil e sua correlação com o percentual de gordura obtido pelas dobras cutâneas em adultos jovens. *Revista de Atenção à Saúde*. Vol. 13. Num. 46. 2015. p. 78-83.
- 19-Krzyszkowski, J.; Chowning, L.D.; Harry, J.R. Phase-Specific Predictors of Countermovement Jump Performance That Distinguish Good From Poor Jumpers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 36. Num. 5. 2022. p. 1257-1263.
- 20-Leitão, L.; Dias, M.; Campos, Y.; Vieira, J.G.; Sant'ana, L.; Telles, L.G.; Vianna, J. Physical and Physiological Predictors of FRAN CrossFit® WOD Athlete's Performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 18. Num. 8. 2021.
- 21-Mann, T.; Lamberts, R. P.; Lambert, M. I. Methods of Prescribing Relative Exercise Intensity: Physiological and Practical Considerations. *Sports Medicine*. Vol. 43. Num. 7. 2013. p. 613-625.
- 22-Martínez-Gómez, R.; Valenzuela, P. L.; Alejo, L. B.; Gil-Cabrera, J.; Montalvo-Pérez, A.; Talavera, E.; Barranco-Gil, D. Physiological Predictors of Competition Performance in CrossFit Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 17. Num. 10. 2020.
- 23-Martinho, D.V.; Rebelo, A.; Gouveia, É.R.; Field, A.; Costa, R.; Ribeiro, A.S.; Casonatto, J.; Amorim, C.; Sarmento, H. The physical demands and physiological responses to CrossFit®: a scoping review with evidence gap map and meta-correlation. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. Vol. 16. Num. 1. 2024. p. 196.
- 24-Maté-Muñoz, J.L.; Lougedo, J.H.; Barba, M.; Cañuelo-Márquez, A.M.; Guodemar-Pérez, J.; García-Fernández, P.; Lozano-Esteve, M.D. C.; Alonso-Melero, R.; Sánchez-Calabuig, M. A.; Ruiz-López, M.; de Jesús, F.; Garnacho-Castaño, M. v. Cardiometabolic and Muscular Fatigue Responses to Different CrossFit® Workouts. *Journal of Sports Science & Medicine*. Vol. 17. Num. 4. 2018. p. 668-679.
- 25-Meier, N.; Sietmann, D.; Schmidt, A. Comparison of Cardiovascular Parameters and Internal Training Load of Different 1-h Training Sessions in Non-elite CrossFit® Athletes. *Journal of Science in Sport and Exercise*. Vol. 5. Num. 2. 2023.
- 26-Nishida, S.; Tomoto, T.; Kunugi, S.; Miyakawa, S. Effect of change in passive stiffness following low-intensity eccentric hamstring exercise on peak torque angle. *Journal of Physical Therapy Science*. Vol. 30. Num. 12. 2018. p. 1434-1439.
- 27-Oliver-Lopez, A.; Garcia-Valverde, A.; Sabido, R. Summary of the evidence on responses and adaptations derived from CrossFit training. A systematic review. *Retos*. Vol. 46. 2022. p. 309-322.
- 28-Pineau, J.C.; Filliard, J.R.; Bocquet, M. Ultrasound techniques applied to body fat measurement in male and female athletes. *Journal of Athletic Training*. Vol. 44. Num. 2. 2009. p. 142-147.
- 29-Poulos, N.; Chaouachi, A.; Buchheit, M.; Slimani, D.; Haff, G.G.; Newton, R.U. complex training and countermovement jump performance across multiple sets: effect of back squat intensity. Complex training and countermovement jump. Vol. 75. 2018. p. 75-89.
- 30-Rios, M.; Pyne, D.B.; Fernandes, R.J. The Effects of CrossFit® Practice on Physical Fitness and Overall Quality of Life. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 22. Num. 1. 2024. p. 19.
- 31-Silva de Souza, R.A.; Barreto, G.; Alves Freire, P.A.; Abreu, W.C.; Saunders, B.; Silva, S.F. Sodium bicarbonate improved CrossFit® Benchmark Fran, but not subsequent 500 m rowing performance. *Research in Sports Medicine (Print)*. 2024.
- 32-Souza, R.A.S.; Silva, A.G.; Souza, M.F.; Ferreira Souza, L.K.; Roschel, H.; Silva, S.F.; Saunders, B. A Systematic Review of CrossFit® Workouts and Dietary and Supplementation Interventions to Guide Nutritional Strategies and Future Research in CrossFit®. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 31. Num. 2. 2021. p. 187-205.

33-Sweet, T.W.; Foster, C.; McGuigan, M.R.; Brice, G. Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 18. Num. 4. 2004. p. 796-802.

34-Tanaka, H.; Monahan, K.D.; Seals, D.R. Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*. Vol. 37. Num. 1. 2001. p. 153-156.

35-Tibana, R.A.; Almeida, L.M.; Vieira, I.; Sousa, D.E.; Frade, M.; Azevedo Voltarelli, F. Extreme Conditioning Program Induced Acute Hypotensive Effects are Independent of the Exercise Session Intensity. *International Journal of Exercise Science*. Vol. 10. Num. 8. 2017. p. 1165.

36-Tibana, R.A.; Sousa, N.M.F.; Prestes, J.; Nascimento, D.C.; Ernesto, C.; Neto, J.H.F.; Voltarelli, F.A. Is Perceived Exertion a Useful Indicator of the Metabolic and Cardiovascular Responses to a Metabolic Conditioning Session of Functional Fitness? *Sports*. Vol. 7. Num. 7. 2019.

37-Tibana, R.A.; Sousa, N.M.F.; Prestes, J.; Voltarelli, F.A. Lactate, Heart Rate and Rating of Perceived Exertion Responses to Shorter and Longer Duration CrossFit® Training Sessions. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. Vol. 3. Num. 4. 2018.

38-Timón, R.; Olcina, G.; Camacho-Cardeñosa, M.; Camacho-Cardenosa, A.; Martínez-Guardado, I.; Marcos-Serrano, M. 48-hour recovery of biochemical parameters and physical performance after two modalities of CrossFit workouts. *Biology of Sport*. Vol. 36. Num. 3. 2019. p. 283-289.

39-Toledo, R.; Dias, M.R.; Toledo, R.; Erotes, R.; Pinto, D.S.; Reis, V.M.; Heinrich, K.M. Comparison of Physiological Responses and Training Load between Different CrossFit® Workouts with Equalized Volume in Men and Women. *Life*. Vol. 11. Num. 6. 2021.

40-Triviño, A.R.; Díaz-Romero, C.; Martín-Olmedo, J.J.; Jiménez-Martínez, P.; Alix-Fages, C.; Cwiklinska, M.; Pérez, D.; Jurado-Fasoli, L. Acute effects of intra-training carbohydrate ingestion in CrossFit® trained adults: a randomized, triple-blind, placebo-controlled crossover trial. *European Journal of Applied*

*Physiology*. Vol. 125. Num. 5. 2025. p. 1337-1347.

3 - Grupo de Pesquisa em Esportes de Alta Performance, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

4 - Laboratório de Psicobiologia e Exercício, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.

5 - Grupo de Estudos e Pesquisas em Respostas Neuromusculares, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

E-mail dos autores:

raphaeldinalli@gmail.com  
guisaborosa08@gmail.com  
joaoassism11@gmail.com  
adrielle.crlopes@gmail.com  
prof.rafaelteodoro@gmail.com  
franciscomanoel@ufla.br  
luizhenrique@ufla.br  
sandrofs@ufla.br

Autor correspondente:

sandrofs@ufla.br

Recebido para publicação em 14/08/2025  
Aceito em 14/09/2025