



**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**  
**Instituto Integrado de Saúde**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento**



**EFEITO PROTETOR E POTENCIALIZADOR DO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO  
EM CORREDORES RECREACIONAIS**

**BRUNO PAES DE ARRUDA MATOSO**

**Campo Grande**  
**2022**



**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**  
**Instituto Integrado de Saúde**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento**



**EFEITO PROTETOR E POTENCIALIZADOR DO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO  
EM CORREDORES RECREACIONAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em ciências do movimento da Universidade Federal de Matoso Grosso Do Sul, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Alexandre  
Bullosa Álvarez

**Campo Grande**  
**2022**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

BRUNO PAES DE ARRUDA MATOSO

### **EFEITO PROTETOR E POTENCIALIZADOR DO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO EM CORREDORES RECREACIONAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento da Universidade Federal de Mato Grosso Do Sul, para obtenção do título de Mestre.

Resultado: \_\_\_\_\_

Campo Grande (MS), \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Daniel Alexandre Boulosa Álvarez  
Presidente

---

Prof. Dr. Sílvio Assis de Oliveira Júnior  
Titular

---

Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto  
Titular

---

Prof. Dr. Hugo Alexandre de Paula Santana  
Suplente

## **DEDICATÓRIA**

A minha esposa, Karin pelo apoio em todos os momentos, pelo cuidado e amor que dedicou a nossa família e ao nosso filho Lucas;

Aos meus pais, Júlio e Edith, pelos valores de honestidade e o espírito de persistência.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha esposa, Karin Rigo Matoso, pelo incentivo de seguir desde o projeto até a finalização desse trabalho. Sem a sua força e dedicação, este trabalho não seria possível.

Aos meus professores, que foram fundamentais para minha formação profissional e científica;

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Daniel Boullosa, por me incentivar a ingressar no Programa de Mestrado e pela grande contribuição para o meu conhecimento e aprimoramento científico;

Agradeço aos meus sócios da Byofisio, por me permitir realizar as coletas e todas as etapas desse projeto na clínica;

Gostaria de agradecer aos meus colegas do Programa de Mestrado, pois, apesar da nossa convivência presencial limitada, eles foram fundamentais para o sucesso deste trabalho;

Agradeço ao nosso grupo de estudo Biopsicossocial, pela contribuição nesse trabalho, em especial ao colega Gabriel Protzen;

Meu agradecimento também aos professores Sílvio Assis de Oliveira Júnior, Alessandro Moura Zagatto e Jeaser Alves de Almeida, que colaboram na melhora deste projeto durante a qualificação;

Aos meus amigos e parceiros de trabalho dos grupos de corrida, que foram fundamentais para o recrutamento dos voluntários, para que tivesse êxito neste trabalho;

Por fim, mas não menos importante, agradeço também aos voluntários, pela dedicação, empenho na participação e conclusão deste trabalho.

Fazei tudo por amor. Assim não há coisas pequenas: tudo é grande. A perseverança nas pequenas coisas, por amor, é heroísmo.

**Josemaria Escrivá**

## RESUMO

Os exercícios de força com ênfase na fase excêntrica têm a capacidade de gerar adaptações positivas do ponto de vista histológico e metabólico, reduzindo assim os parâmetros que indicam dano muscular. A adaptação protetora é referida como o efeito protetor do exercício repetido (EPER) e é caracterizada por uma redução na perda de função muscular, percepção reduzida da dor muscular tardia e níveis menores de creatina quinase (CK). O efeito potencializador agudo após exercícios de corrida tem sido também descrito em saltos verticais após testes de corrida incrementais em atletas de resistência. O objetivo desse estudo foi analisar o EPER com ênfase excêntrica no desempenho do salto vertical, equilíbrio dinâmico e parâmetros cinemáticos da corrida com e sem fadiga. Vinte corredores recreacionais foram divididos em 2 grupos, 10 do grupo experimental ( $71,5 \pm 10,07$  kg;  $172,2 \pm 5,6$  cm;  $32,4 \pm 2,9$  anos;  $59,9 \pm 8,1$  mL/kg/min), e 10 do grupo controle ( $75,1 \pm 12,4$  kg;  $173,5 \pm 6,7$  cm;  $31,7 \pm 2,6$  anos;  $55,7 \pm 5,6$  mL/kg/min). Os participantes foram submetidos, em um período de 4 semanas, realizaram teste incremental, teste de salto contramovimento, teste de equilíbrio dinâmico e duas corridas submáximas com velocidade inicial de 8 km/h nos primeiros cinco minutos e, nos cinco minutos seguintes, velocidade média da melhor marca na prova de 10 km na avaliação e reavaliação. Na segunda e terceira semanas foi aplicada uma sessão do mesmo exercício protetor com intervalo de sete dias entre as sessões no grupo experimental, com acompanhamento da dor muscular tardia às 72 h e CK às 48h. Os participantes apresentaram maiores valores de salto com contramovimento ( $37,1 \pm 1,6$  cm) após duas sessões de exercício excêntrico em comparação ao grupo controle ( $32,5 \pm 4,8$  cm) ( $p=0,008$ ). Não houve diferença no equilíbrio dinâmico ( $p=0,612$ ), desempenho do teste incremental de ida e volta ( $p=1,00$ ), e variáveis cinemáticas na corrida submáxima após intervenção ( $p>0,05$ ). O exercício proposto promoveu dano muscular, evidenciando pelos maiores valores de dor muscular tardia ( $5,1 \pm 1,9$ ) e CK ( $515,8 \pm 272,1$  U·L<sup>-1</sup>) após a primeira sessão em relação à linha de base ( $1,5 \pm 0,5$ ;  $247,3 \pm 122,3$  U·L<sup>-1</sup>) e grupo controle ( $2,0 \pm 0,6$ ;  $188,6 \pm 70,1$  U·L<sup>-1</sup>) ( $p=0,038$ ). Sugere-se também que a primeira sessão ofereceu um efeito protetor contra o dano muscular causado pela segunda sessão, evidenciado por uma menor dor muscular tardia ( $3,6 \pm 2,0$ ) ( $p=0,001$ ) e CK ( $302,9 \pm 49,4$  U·L<sup>-1</sup>) ( $p=0,005$ ). Conclui-se que 2 sessões de exercícios com ênfase excêntrica de carga moderada aumentam o desempenho do salto com contramovimento e induzem um efeito protetor já após a segunda sessão de exercício de força com ênfase excêntrica

**Palavras-chave:** Efeito Protetor do Exercício; Exercício Excêntrico; Dano Muscular.

## ABSTRACT

Strength exercises with an emphasis on the eccentric phase have the ability to generate positive adaptations from a histological and metabolic point of view, thus reducing parameters that indicate muscle damage. This protective adaptation is referred to as repeated bout effect (RBE) of is characterized by a reduction in loss of muscle function, reduced perception of delayed muscle soreness, and lower levels of creatine kinase (CK). The acute potentiating effect after running exercises has also been described in vertical jumps after incremental tests. The aim of this study is to analyze the RBE with eccentric emphasis on vertical jump performance, dynamic balance and kinematic parameters of running with and without fatigue. Twenty recreational runners were divided into 2 groups, 10 of the experimental group (71.5±10.07kg; 172.2±5.6cm; 32.4±2.9 years; 59.9±8.1 mL/kg/ min), and 10 in the control group (75.1±12.4 kg; 173.5± 6.7 cm; 31.7± 2.6 years; 55.7± 5.6 59.9±8.1 mL/kg/min). Participants performed, over a period of 4 weeks, the incremental test, countermovement jump test, dynamic balance test and two submaximal runs with an initial speed of 8 km/h in the first five minutes and, in the following five minutes, the average speed of the best time in the 10 km test before and after the intervention. In the second and third weeks, a session of the same exercise was applied with an interval of seven days between sessions in the experimental group, with follow-up of delayed muscle soreness at 72 h and CK at 48 h. Participants exhibited higher values of countermovement jump (37.1±1.6 cm) after two sessions of eccentric exercise compared to the control group (32.5±4.8 cm) ( $p=0.008$ ). There was no difference in dynamic balance ( $p=0.612$ ), performance of the incremental shuttle run test ( $p=1.00$ ), and kinematic variables in submaximal running after intervention ( $p>0.05$ ). The proposed exercise promoted muscle damage, evidenced by the higher values of delayed muscle soreness (5.1±1.9) and CK (515.8±272.1 U·L<sup>-1</sup>) after the first session with respect to baseline (1.5±0.5; 247.3±122.3 U·L<sup>-1</sup>) and control group (2.0±0.6; 188.6±70.1 U·L<sup>-1</sup>) ( $p=0.038$ ) It is also suggested that the first session offered a protective effect against the muscle damage caused by the second session, evidenced by a lower delayed muscle soreness (3.6±2.0) ( $p=0.001$ ) and CK (302.9±49.4 U·L<sup>-1</sup>) ( $p=0.005$ ). It is concluded that 2 sessions of an exercise with eccentric emphasis of moderate load increased the performance of the countermovement jump and induced a protective effect already after the second session of the strength exercise with eccentric emphasis.

**Keywords:** Protective Effects of Exercise; Eccentric Exercise; Muscle Damage.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 PROBLEMA DO ESTUDO .....	10
1.2 OBJETIVOS.....	12
<b>1.2.1 Objetivo geral</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
2.1 EXERCÍCIO EXCÊNTRICO .....	13
2.2 RESPOSTAS AGUDAS DO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO .....	13
2.3 RESPOSTAS CRÔNICAS AO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO.....	14
2.4 DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO .....	15
2.5 EFEITO PROTETOR DO EXERCÍCIO REPETIDO .....	17
2.6 CORRIDA E RBE .....	18
2.7 CORRIDA E POTENCIALIZAÇÃO DO SALTO .....	20
2.8 EQUILÍBRIO DINÂMICO E CORRIDA .....	22
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>26</b>
3.1 AMOSTRA .....	26
DADOS DESCRITOS EM MÉDIA E DESVIO PADRÃO.....	26
3.2 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS .....	27
<b>3.2.1 Corrida submáxima</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2.2 Aquecimento</b> .....	<b>29</b>
<b>3.2.3 Salto contramovimento</b> .....	<b>29</b>
<b>3.2.4 Teste de Equilíbrio Dinâmico (mSEBT)</b> .....	<b>30</b>
<b>3.2.5 Teste incremental <i>Shuttle Run</i> (SR)</b> .....	<b>31</b>
<b>3.2.6 Sessão de exercício protetor (Exercício com ênfase excêntrica)</b> .....	<b>32</b>
<b>3.2.7 Coleta e análises dos níveis de Creatina Quinase (CK)</b> .....	<b>32</b>
3.3 ANÁLISE DE DADOS .....	33
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>34</b>
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>39</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>45</b>

<b>APÊNDICES E ANEXOS .....</b>	<b>53</b>
<b>APÊNDICE 1: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO I – DECLARAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DA ESTRUTURA PARA PESQUISA....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO II – PARECER APROVADO .....</b>	<b>59</b>

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Ca <sup>2+</sup> :	Cálcio
CAE:	Ciclo Alongamento Encurtamento
CK:	Creatina Quinase
CMJ:	Salto Contramovimento
CON:	Controle
DMIE:	Dano Muscular Induzido pelo Exercício
DMT:	Dor muscular Tardia
EC:	Economia da Corrida
EMG:	Eletromiografia
EVA:	Escala Visual Analógica de Dor
EXP:	Experimental
mSEBT:	Teste de Equilíbrio Dinâmico
NGF:	Fator de Crescimento Nervoso
PAP:	Potencialização Pós-Ativação
Pós-RBE:	Avaliação Final
Pós-SR	Pós Teste Incremental
Pré-RBE:	Avaliação Inicial
Pré-SR	Pré Teste Incremental
PSE:	Percepção Subjetiva de Esforço
RBE:	Efeito Protetor do Exercício Repetido
SEBT:	<i>Star Excursion Balance Test</i>
SR:	Teste incremental <i>Shuttle Run</i>
Sub:	Corrida Submáxima
UMTT:	Teste de corrida incremental da Universidade de Montreal
VO <sub>2max</sub> :	Volume de Oxigênio Máximo

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Características da amostra (n=20), Controle (n=10) e Experimental (n=10).....	26
<b>Tabela 2</b> - Valores descritivos do nível de treinamento da amostra de corredores recreacionais (N=20). .....	34
<b>Tabela 3</b> - Percepção subjetiva do esforço (Borg; 6-20) dentro das diferentes séries de ambas as sessões de afundo Kudashov no grupo experimental (N=10).....	34
<b>Tabela 4</b> - Parâmetros de desempenho nos testes de aptidão física. ....	36
<b>Tabela 5</b> – Parâmetros cinemáticos da corrida Pré-RBE, Pré-SR (antes da fadiga) e Pós-SR(após fadiga) e Pós-RBE, Pré-SR e Pós-SR. ....	38

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Esquema do sarcômero na contração muscular .....	14
<b>Figura 2</b> - Esquema do desenho da pesquisa.....	27
<b>Figura 3</b> - Layout aplicativo Runmatic .....	28
<b>Figura 4</b> - Coleta de salto contramovimento aplicativo My jump 2 .....	30
<b>Figura 5</b> - Avaliação equilíbrio dinâmico (mSEBT).....	31
<b>Figura 6</b> - Teste de Shuttle run 20 m.....	32
<b>Figura 7</b> - Gráfico níveis de CK.....	37
<b>Figura 8</b> - Gráfico níveis DMT .....	37

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 PROBLEMA DO ESTUDO

Os exercícios de força com ênfase na fase excêntrica têm a capacidade de gerar adaptações positivas do ponto de vista histológico e metabólico quando conduzidos de forma apropriada, principalmente em indivíduos não treinados em força (HYLDAHL *et al.*, 2017). A principal característica dos exercícios excêntricos é gerar mais danos musculares comparados a outros tipos de treinamentos (SUCHOMEL *et al.*, 2018). Os estudos que analisam o Dano Muscular Induzido pelo Exercício (DMIE) são importantes para elucidar métodos de treinamento para desempenho esportivo e relacionado ao contexto de saúde física (BUTTERFIELD, 2010; HERZOG, 2014; LIMA *et al.*, 2018).

Os principais sintomas associados ao DMIE são redução da capacidade de produzir força, aumento da Dor Muscular Tardia (DMT) (MCHUGH, 2003) e redução da amplitude de movimento (OWENS *et al.*, 2019), além do extravasamento de proteínas como a Creatina Quinase (CK) (LIMA *et al.*, 2018) e a ruptura de miofibrilas (CHEN *et al.*, 2009). Entretanto, o sistema musculoesquelético desenvolve um mecanismo de proteção adaptativo na segunda ou nas sessões subsequentes de treinamento, reduzindo assim os parâmetros que indicam DMIE, tais como CK e DMT (DOMA *et al.*, 2017). Essa adaptação é referida como o Efeito Protetor do Exercício Repetido (RBE) e é caracterizada por uma redução dos marcadores de DMIE, apresentam um menor déficit na função muscular, percepção reduzida da DMT e menores níveis de CK e outros marcadores na corrente sanguínea após treinamento resistido (HOWATSON; MILAK, 2009).

Os estudos com RBE em corredores têm mostrado uma redução nos marcadores de dano muscular como CK, DMT, função muscular e melhora de marcadores de dano muscular indireto, incluindo teste de salto de contramovimento (CMJ) (BURT *et al.*, 2013; DOMA *et al.*, 2017) e amplitude de movimento (DOMA *et al.*, 2015), a partir das sessões subsequentes de treinamento. No estudo de DOMA *et al.* (2017), verificou-se o efeito de três sessões de treinamento resistido em membros inferiores, no desempenho da corrida máxima e submáxima e nos marcadores de DMIE. Foi evidenciado que são necessárias duas sessões de treinamento de resistência para gerar uma melhora da corrida submáxima, aumento do desempenho no CMJ,

redução da DMT em músculos extensores de joelho, flexores de joelho e aumento da amplitude de movimento dos abdutores de quadril. Embora a maioria dos estudos sobre o RBE incluam exercícios de força em equipamentos como agachamento e pressão de pernas, existem alguns estudos que analisam o RBE em corrida, principalmente em declive (DOMA; DEAKIN, 2013; ESTON *et al.*, 2000; ROWLANDS *et al.*, 2001).

A corrida em declive por ter uma predominância de ênfase muscular excêntrica, também pode induzir o RBE (ESTON *et al.*, 1996). Previamente foi observado por BRAUN e DUTTO (2003) que a corrida submáxima em declive pode provocar DMIE após 48 h em atletas bem treinados, e que a DMT induzida pela corrida em declive pode interferir na mecânica da corrida. Embora os parâmetros cinemáticos podem ser alterados com redução da amplitude de movimento de tornozelo, joelho e quadril (CHEN *et al.*, 2009).

O aumento do desempenho do salto vertical após diferentes testes incrementais de corrida tem sido bem descrito na literatura em corredores de resistência de diferentes níveis (BOULLOSA *et al.*, 2018). Sabe-se que o desempenho no salto vertical após exaustão depende do balanço entre potencialização e fadiga (BOULLOSA *et al.*, 2011). O RBE tem demonstrado diminuição em indicadores de fadiga muscular em estudos prévios com corredores (PASCHALIS *et al.*, 2005). Porém, o efeito do RBE no desempenho do salto vertical após exercícios de esforço máximo não tem sido verificado ainda. Dessa forma, espera-se que o RBE possa favorecer um maior desempenho do salto vertical após esforços máximos.

Um importante indicador de desempenho neuromuscular em atletas é o equilíbrio Dinâmico (mSEBT) (GRIBBLE *et al.*, 2012). Em relação mSEBT, sabe-se que é uma medida utilizada em variadas condições clínicas (JAGGER *et al.*, 2020) como instabilidade de tornozelo (MCKEON *et al.*, 2008) e lesões de joelho (ALENTORN-GELI *et al.*, 2009). Embora haja uma vasta literatura sobre o equilíbrio dinâmico em diferentes esportes como citado por PLYNKY *et al.* (2006) e POWDEN *et al.* (2019), observam-se poucos estudos com amostra de corredores (MEARDON *et al.*, 2016; RUFFE *et al.*, 2019).

Portanto, o objetivo desse estudo analisa a influência do exercício com ênfase excêntrica na potência do salto vertical, desempenho sensório-motor e parâmetros cinemáticos da corrida.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Verificar o efeito do exercício com ênfase excêntrica na potência do salto vertical, desempenho sensório-motor e parâmetros cinemáticos da corrida.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Analisar as associações entre o desempenho nos testes de salto vertical, equilíbrio dinâmico e os parâmetros cinemáticos em corredores fadigados antes e após a intervenção;
- b) Avaliar o aumento de desempenho do teste incremental *Shuttle Run* após as sessões de exercício excêntrico.

## 1.3 Hipóteses

Exercícios com ênfase excêntrica são eficazes para induzir RBE nos corredores que não realizam treinamento regular de força. Espera-se que o RBE induzido amplie o desempenho no salto com contramovimento, equilíbrio dinâmico e nos parâmetros cinemáticos da corrida.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 EXERCÍCIO EXCÊNTRICO

Os exercícios excêntricos são caracterizados por uma atividade muscular que ocorre quando uma força aplicada ultrapassa a força momentânea produzida pelo músculo que resulta em uma ação a favor do alongamento (DOUGLAS *et al.*, 2017a). Os exercícios excêntricos podem ser integrados em diferentes tipos de treinamento muscular. Exercícios pliométricos, como o *drop jump*, são frequentemente usados para melhorar a velocidade e a capacidade de salto em atletas (SUCHOMEL *et al.*, 2019). As atividades musculares excêntricas favorecem o sistema músculo-tendão utilizando a energia passiva produzida pelas ações excêntricas para realizar juntamente com as ações concêntricas o chamado Ciclo Alongamento Encurtamento (CAE). O CAE está presente principalmente na locomoção e atividades que exijam ações de velocidade e resistência. A vantagem da utilização do CAE é a atividade passiva conhecida como *rigidez muscular* (BITCHELL *et al.*, 2019). A *rigidez muscular* é a capacidade inerente da produção de força do tecido manifestar um comportamento semelhante a uma mola que influencia o desempenho muscular (BUTTERFIELD, 2010; WILSON *et al.*, 1994). O aumento de rigidez dentro da estrutura muscular como, por exemplo, actina, miosina, titina e tecido conjuntivo influenciam a força muscular e as principais características, como desenvolvimento de força e potência (HERZOG, 2014; SUCHOMEL *et al.*, 2018).

Um dos fatores levantados por Butler *et al.*, (2003) para as mudanças fisiológicas e estruturais é o papel da titina. Essa proteína é viscoelástica que se liga pelo aumento do cálcio sarcoplasmático provocando um aumento da rigidez da titina e de todo o sarcômero.

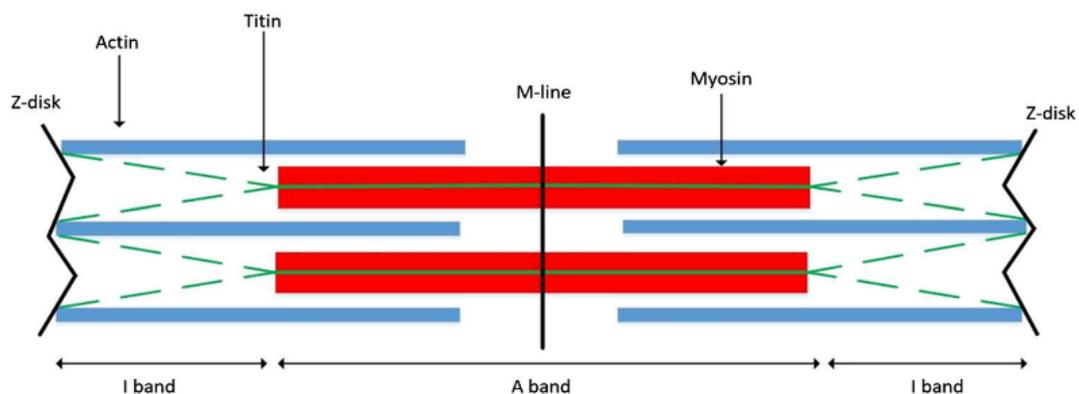
### 2.2 RESPOSTAS AGUDAS DO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO

As principais diferenças das características moleculares entre as contrações musculares isométricas e concêntricas em relação à excêntrica estão ligadas a três principais correntes de estudos, que são: o exercício excêntrico provoca um aumento na força ativa das pontes cruzadas, a estrutura não uniforme na curva comprimento-tensão, e o acoplamento de estruturas

passivas. A teoria das estruturas passivas é um mecanismo mais plausível (DOUGLAS *et al.*, 2017a; 2017b; WILSON *et al.*, 1994).

No trabalho de Herzog (2014), foi proposta uma possível resposta para explicar algumas características dos exercícios excêntrico, como ganho de força residual e menor gasto energético nas contrações musculares. A titina é um fator chave para entender os fenômenos que ocorrem dentro da estrutura do sarcômero. Na Figura 1 exemplifica o papel da titina dentro do sarcômero na contração muscular (DOUGLAS *et al.*, 2017).

Figura 1 – Esquema do sarcômero na contração muscular



Fonte: Douglas *et al.* (2017p, p. 665).

A contração excêntrica exibe características neurais distintas em comparação a outros tipos de atividades musculares concêntricas e isométricas. As pesquisas de Duchateau e Baudry (2014) referem-se a uma inibição da atividade do influxo espinhal com um mecanismo primário nas contrações excêntricas. Essa menor atividade pode ser atribuída à utilização de estruturas passivas e ao tipo de contração (HERZOG, 2014). As atividades corticais em contrações excêntricas parecem ser aumentadas com uma maior área cerebral relacionada, independente da carga imposta (FANG *et al.*, 2001).

### 2.3 RESPOSTAS CRÔNICAS AO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO

As respostas crônicas do treinamento excêntrico são desencadeadas entre duas e seis semanas como descrito no trabalho de Hyldahl *et al.* (2017). A função mecânica e adaptações

morfológicas da arquitetura musculotendínea são importantes principalmente para algumas variáveis de potência, força e velocidade (DOUGLAS *et al.*, 2017b).

Os mecanismos das adaptações crônicas são, em sua grande maioria, uma combinação de diferentes características morfológicas, neurais e das estruturas teciduais. A potência e o desempenho em atividades que envolvam o CAE (BITCHELL *et al.*, 2019) são beneficiadas, principalmente, pela atividade morfológica do treinamento excêntrico (SUCHOMEL *et al.*, 2019). O desenvolvimento de força, potência muscular e a utilização do CAE estão descritos com um aumento da força total. O aumento da ativação voluntária de agonistas durante o treinamento excêntrico realiza um menor fluxo excitatório para os neurônios motores espinhais observando um aumento de força excêntrica após treinamento, a capacidade de utilizar as unidades motoras rápidas e mudança de qualidade do *stiffness* músculo-tendão (AAGAARD, 2003; HOODY *et al.*, 2019).

#### 2.4 DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO

Os exercícios de uma maneira geral incluindo contrações excêntricas, que o indivíduo não esteja acostumado pode resultar em um DMIE (ESTON *et al.*, 1996; HYLDAHL; HUBAL, 2014). As características dos exercícios excêntricos são eventos como diminuição da força muscular, redução da amplitude de movimento, DMT, rigidez, edema e também redução do desempenho físico como equilíbrio e capacidade de *sprint* (HYLDAHL *et al.*, 2017; KHAN *et al.*, 2016). O DMIE é caracterizado pelo aumento de enzimas circulantes intramusculares como a CK, troponina, mioglobina e é conhecido por prejudicar produção de força e potência (DOUGLAS *et al.*, 2017a). Os mecanismos que os exercícios excêntricos levam a DMT e o ramo descendente da curva do comprimento-tensão do sarcômero as miofibrilas das fibras musculares são alongadas no momento da contração. A teoria de Morgan (1990) relata que, após contrações excêntricas, os sarcômeros mais frágeis absorvem a maior parte da mudança de comprimento, esse alongamento resulta do rompimento dos sarcômero. De acordo com a proposta do rompimento dos sarcômeros estudos que realizaram contrações excêntricas em comprimento muscular mais longo observaram maiores sintomas de DMT em consonância com a proposta de Morgan (1990).

Esses eventos provocados inicialmente por estresse mecânico no sarcômero desencadearia uma cascata de eventos metabólicos. Um outro fator é a perda da homeostase do

cálcio, reação inflamatória e estresse oxidativos, que contribuem de forma secundária. Os aumentos anormais da concentração de cálcio no interior das células musculares ativam as proteases musculares que desencadeiam a destruição da membrana celular (HODY *et al.*, 2019).

As respostas inflamatórias e imunológicas associadas ao DMIE excêntrico concentram-se na implicação de vários tipos de células satélites na regeneração muscular após uma sessão de exercício excêntrico (HYLDAHL *et al.*, 2017). A atividade de células imunológicas como neutrófilos, leucócitos, na corrente sanguínea foram observadas após dano muscular e no perimísio imediatamente após a sessão de exercício. Os infiltrados inflamatórios de sinalização acumulam-se na área com dano muscular 1 a 24 h após o exercício excêntrico (PAULSEN *et al.*, 2010). A dimensão da resposta inflamatória está relacionada com os estímulos iniciais do dano muscular induzido, ou seja, pequenas perturbações provocam uma resposta adaptativa menor, enquanto um dano muscular com atividade excêntrica intensa gera uma resposta inflamatória mais intensa, com aumento das proteínas circulantes intramusculares, como a CK até aumento de risco de necrose (PAULSEN *et al.*, 2010).

A DMT é uma sensação desagradável geralmente avaliada durante a palpação, contração ou alongamento do músculo estimulado. O período característico dos sintomas da DMT normalmente se estendem entre 12 e 24 horas após exercício excêntrico, principalmente, em indivíduos não treinados, com picos entre 24 e 72 horas. O período de latência da DMT está entre 5 e 7 dias após exercício excêntrico. Nos estudos de Hyldahl *et al.* (2017) e Proske e Allen (2005), a DMT foi pouco correlacionada com outros marcadores indiretos de DMIE. A intensidade do dano muscular não reflete necessariamente a magnitude do estímulo. Em relação aos mecanismos para explicar a DMT, algumas hipóteses foram levantadas, como liberação de ácido láctico, espasmo, dano no tecido conjuntivo, inflamação e estresse oxidativo (HYLDAHL *et al.*, 2017). A hipótese mais relevante foi que as alterações bioquímicas, térmicas e mecânicas são associadas às respostas inflamatórias que sensibilizam os músculos aferentes (HYLDAHL; HUBAL, 2014). O trabalho de Murase *et al.* (2013) forneceu novas perspectivas sobre os mecanismos moleculares envolvidos na DMT, como a relação com a bradicinina e o Fator de Crescimento Nervoso (NGF), importantes mecanismos de produção de DMT após exercícios excêntricos.

A DMT, de acordo com a percepção, pode relacionar-se com o dano e inflamação do tecido conjuntivo mais do que a fibra muscular (PROSKE; ALLEN, 2005). A rigidez passiva, edema muscular, e rigidez muscular podem interferir na amplitude de movimento das articulações, comumente observadas após exercícios excêntricos (CHEN *et al.*, 2009). Com

relação à percepção de força e propriocepção muscular, ambas são reduzidos após o exercício excêntrico, o que pode interferir no desempenho esportivo.

## 2.5 EFEITO PROTETOR DO EXERCÍCIO REPETIDO

O termo RBE está caracterizado por um evento no qual o DMIE e os seus marcadores são progressivamente atenuados com a exposição repetida do mesmo exercício excêntrico a partir da segunda sessão com efeitos protetores por várias semanas (DOMA *et al.*, 2015; NOSAKA *et al.*, 2001). O RBE está ligado à adaptação pela qual uma sessão de exercício excêntrico protege com menor dano muscular, nas sessões subsequentes do mesmo exercício excêntrico. As adaptações são caracterizadas na revisão de Mchugh (2003) como neurais, mecânicas e celulares. Uma característica é que indivíduos treinados são menos suscetíveis à DMIE e às cascatas de eventos associadas do que indivíduos não treinados (NEWTON *et al.*, 2008).

Com relação aos efeitos neurais, os dados de eletromiografia (EMG) indicam uma distribuição do estresse em um número maior de fibras musculares. A análise do efeito protetor no membro contralateral com o treinamento do membro ipsilateral apoia o efeito neural do exercício excêntrico explicando parte do fenômeno. Parece mais plausível que a adaptação contralateral seja mediada por mecanismos neurais, pois não há estímulo direto para alterações celulares ou mecânicas no membro contralateral na conclusão do trabalho de Howatson e Van Someren (2007).

A resposta celular no mecanismo contrátil desempenha um papel na resposta inflamatória no RBE. A relação com a hipótese do *popping*, ou seja, estouros dos sarcômeros (Morgan, 1990), as contrações excêntricas em estruturas musculares mais longas são fundamentais para a extensão do dano muscular. O aumento do número de sarcômeros em série aumenta a resposta adaptativa ao treino excêntrico, o que possibilita o RBE contra o mecanismo prejudicial do dano muscular, reduzindo a tensão dos sarcômeros e ruptura mecânica.

No trabalho de Newton *et al.* (2008) e de Proske e Allen (2005), foi evidenciada a curva comprimento tensão deslocando-se após exercícios com dano muscular e pode ser atribuído ao aumento de sarcômeros em série, embora essa adaptação tenha um caráter crônico para concretizar-se a partir de sete dias. No curto prazo, a curva de deslocamento para direita pode relacionar-se com um efeito agudo do dano muscular, o *popping* dos sarcômeros, com perda da força e todos os sintomas associados com o efeito agudo do dano muscular.

O DMIE em relação ao treino excêntrico tem séries de adaptações em exercícios subsequentes em curto prazo (uma semana). Os sinais de DMIE podem ser atenuados por uma carga excêntrica progressiva ou por incorporação de exercícios de pré-condicionamento. Os atletas treinados são menos suscetíveis aos efeitos prejudiciais do DMIE (DOUGLAS *et al.*, 2017b).

## 2.6 CORRIDA E RBE

A corrida de longa distância está relacionada a muitas características fisiológicas que contribuem para seu sucesso. Os estudos referentes às variáveis que influenciam a performance são diversas com  $VO_2max$ , lactato associado ao limiar ventilatório, Economia da Corrida (EC), potência e capacidade anaeróbica (BAUMANN *et al.*, 2014). A EC é a característica referente à eficiência mecânica da corrida. O consumo de oxigênio estacionário durante corridas submáximas em diferentes velocidades pré-determinadas (CHEN; NOSAKA; TU, 2007). Os principais fatores que afetam a EC são temperatura muscular, trocas gasosas, concentração plasmática de catecolaminas, glicogênio muscular e dano muscular (BRAUN; DUTTO; 2003; CHEN; NOSAKA; TU, 2007).

A corrida em declive é utilizada em muitos trabalhos para verificar o DMIE por ter um componente de característica excêntrica. Os estudos de Braun e Dutto (2003) indicam que o comportamento utilizando corrida submáximas de 65,75 e 85% foi acompanhado de melhora de 3% na economia da corrida e uma diminuição de 3% no comprimento da passada após 48 horas de corrida em declive. No trabalho de Chen, Nosaka e Tu (2007), foi verificado o dano muscular e o impacto na função muscular e a economia da corrida, sendo que a corrida em declive reduziu a EC em 4% a 7%, e o efeito da corrida em declive foi menos do que a magnitude nos marcadores de economia da corrida. Isso sugere que a diminuição na economia da corrida foi associada a danos musculares e a combinação da necessidade de recrutar mais fibras musculares. Mudanças na forma de corrida, comprometimento da capacidade de utilizar o CAE e redução do glicogênio muscular provavelmente contribuem para a diminuição da economia da corrida (BRAUN; DUTTO, 2003; CHEN *et al.*, 2009; DUTTO; SMITH, 2002).

O trabalho de Paschalis *et al.* (2005) verificou o efeito de uma única sessão de exercício excêntrico com contração isocinética controlada, na EC e variáveis fisiológicas relacionadas. Nesse trabalho, o exercício excêntrico dessa magnitude e tipo resultou em uma redução do torque, DMT, e perda da amplitude de movimento, mas não resultou negativamente na

economia da corrida em diferentes intensidades examinadas. A intensidade do exercício, o modo e os grupos musculares selecionados como os sujeitos do estudo recreativo versus treinados testado podem influenciar a extensão do DMIE.

O trabalho de Chen *et al.* (2009) comparou três intensidades diferentes: abaixo do limiar do lactato (70% VO<sub>2</sub>max) no limiar do lactato (80% VO<sub>2</sub>max) e acima do limiar do lactato (90% VO<sub>2</sub>max) para mudanças na economia da corrida após corrida em declive em indivíduos não treinados. Os resultados sugerem que o dano muscular pode ter um efeito maior no desempenho de resistência em alta do que baixa intensidade. O DMIE prejudica o desempenho na corrida de resistência em alta intensidade.

O estudo de Doma *et al.* (2015) verificou o RBE em sessões de treinamento de força de membro inferiores consistindo em exercícios de agachamento, *leg press*, cadeira extensora e cadeira flexora e medidas de desempenho físico, desempenho na corrida, CMJ, amplitude de movimento e respostas endócrinas. A hipótese seria que uma sessão de treinamento de força poderia fornecer proteção contra danos musculares em treinos subsequentes e que os efeitos catabólicos do treinamento de força poderiam reduzir após a segunda sessão do treinamento de força. A conclusão foi de que sessões de treinamento de força parecem fornecer efeitos protetores contra danos musculares após a segunda sessão de treinamento. O desempenho submáximo da corrida foi igualmente prejudicado após as duas sessões de treinamento de força, sugerindo que um número maior de sessões pode ser necessário para induzir o RBE. No trabalho de Doma *et al.* (2017), foi examinado o efeito agudo de três sessões de treinamento de resistência no desempenho da corrida. Foi hipotetizado que uma sessão adicional de treinamento minimizaria os efeitos prejudiciais do exercício de resistência no desempenho na corrida. O estudo conclui que a sessão inicial de treinamento de resistência induziu a maior mudança na CK, embora pelo menos duas sessões de treinamento de resistência tenham sido necessárias para induzir o RBE na corrida com as variáveis de dor muscular, amplitude de movimento, CMJ e medidas desempenho de corrida em esforços máximos e submáximos.

Na revisão de Assumpção *et al.* (2013), foi observado que os efeitos da DMIE por diferentes tipos de exercício força, corrida de longa distância e corrida em declive na EC. Essa revisão analisa a EC após exercícios de salto, exercícios excêntricos, isoinerciais e isocinéticos e corrida em declive. Os achados foram que os efeitos do DMIE na EC parecem depender da interação entre o tipo de exercício excêntrico e a intensidade na qual a EC é medida. Os exercícios de força modificam a EC preferencialmente durante o exercício de alta intensidade (90% VO<sub>2</sub>max). Embora os efeitos da corrida em declive possam ser observados em intensidades moderadas (65% VO<sub>2</sub>max). Uma única sessão de exercício de força ou corrida em

declive que gere DMIE atenua as alterações nos marcadores indiretos de dano muscular e reduz as alterações na EC.

O estudo de Burt *et al.* (2013) avaliou os efeitos de repetidas sessões de exercícios no dano muscular, nas respostas fisiológicas, metabólicas, cinemáticas e perceptivas na corrida submáxima. A conclusão foi que o desempenho da corrida submáxima de resistência é alterado nos dias após o exercício de resistência não habitual, embora após a sessão inicial de exercício causando dano muscular ocorra uma adaptação do músculo que atenua os efeitos prejudiciais do dano muscular. Sugere-se que o RBE observado seja uma interação de várias adaptações neurais e periféricas para proteger o músculo contra a DMIE após a segunda sessão de exercício de resistência. O trabalho de Burt *et al.* (2015), teve objetivo de investigar se um menor volume de exercício que gere dano muscular pode proteger o músculo contra os efeitos prejudiciais nas respostas fisiológicas, metabólicas, cinemáticas e perceptivas durante a corrida de intensidade fixa após corridas de alta intensidade.

## 2.7 CORRIDA E POTENCIALIZAÇÃO DO SALTO

A Potencialização do salto é caracterizada por um fenômeno pelo qual o desempenho muscular é agudamente aprimorado. Geralmente, está relacionada com a melhora do desempenho em exercícios com características que requeiram produção de força rápida e sprints. Na literatura, sugere-se que as vias responsáveis pela potencialização são duas: periféricas e centrais (BEATO *et al.*, 2020; TILLIN; BISHIP, 20009). Uma das vias periféricas é atribuída a fosforilação da cadeia leve reguladora da miosina. Essa fosforilação aumentada permite que a cadeia leve reguladora mediada pela enzima miosina kinase aumente a sensibilidade das proteínas contráteis ao Cálcio ( $Ca^{2+}$ ) que é liberado no retículo sarcoplasmático, facilitando o desenvolvimento de força e contração muscular. As vias centrais supraespinhais e vias espinhais sugere-se que o aumento da eficiência sináptica induzida pela elevação residual do  $Ca^{2+}$  pré-sináptico e a redução da falha do transmissor que ocorre nos motoneurônios de ordem superior são responsáveis por unidades motoras de contração rápida. Os efeitos centrais podem contribuir para o recrutamento sustentado de unidades motoras de alto limiar na contribuição das fibras de contração rápida para a contração muscular (TILLIN; BISHOP, 2009).

Os processos para potencializar o salto são considerados por diferentes variáveis, as principais são: tipo de contração (excêntrica, concêntrica e isométrica); intervalo de tempo da atividade condicionante que induz a potencialização e a semelhança biomecânica e em relação à carga da atividade subsequente à potencialização. Os protocolos de indução da potencialização incluem contração voluntária máxima ou intermitentes isométricas e dinâmicas que incluem saltos com carga, corrida, arremesso e exercícios de força (BEATO *et al.*, 2020; DELLO IACONO; SEITZ, 2018; SEITZ; HAFF, 2016). O estudo de Dello Iacono, Martone e Padulo (2016) investigou os efeitos de dois protocolos de potencialização baseados em *drop jump* nas habilidades neuromusculares, salto, corrida e corrida com mudança de direção, em jogadores de handebol de elite. Os resultados mostraram o papel crucial que diferentes induções de potencialização desempenham na otimização dos desempenhos funcionais relacionados. Os protocolos de *Drop-jump* vertical e horizontal unipodais especificamente orientados representam meios viáveis para alcançar tarefas aprimoradas baseadas em *sprints* como salto e corrida com mudança de direção.

O estudo de Boullosa *et al.* (2011), teve o objetivo de evidenciar as diferenças mecânicas quando atletas de resistência realizam CMJ antes e depois de teste incremental Université de Montréal Track Test (UMTT). A hipótese que a potencialização e a fadiga pelo teste incremental refletiriam nos parâmetros mecânicos durante CMJ e na velocidade máxima de *sprint* acima de 20 m. A potencialização após teste incremental gerou maior desempenho no CMJ. Em atletas que obtiveram uma melhor performance no teste incremental, observa-se uma maior estimulação da musculatura em intensidades submáximas resultando em uma maior potencialização.

Com relação aos estudos que envolvem corrida, García-Pinillos *et al.*, (2018) estudaram os efeitos agudos de um teste de corrida incremental no desempenho de salto CMJ e força de preensão manual em atletas de resistência, e concluíram que a potencialização ocorre após um exercício de corrida incremental em atletas de resistência. Embora no estudo García-Pinillos *et al.* (2016) que verificou o teste incremental de Léger *et al.* (1988) em corredores de resistência e os dados cinemáticos durante o CMJ para elucidar a potencialização, foi hipotetizado que as melhorias observadas no desempenho do CMJ apesar da exaustão do teste incremental refletiriam na cinemática do salto. Os resultados encontrados mostram que os dados cinemáticos durante o CMJ não explicam o fenômeno potencialização após um teste de corrida exaustivo em corredores de resistência.

O trabalho de Del Rosso *et al.* (2016) avaliou o ritmo de corredores treinados durante uma tomada de tempo de 30 km, com as variáveis de esforço percebido, capacidade de salto,

lactato e frequência cardíaca. O objetivo era avaliar se a potencialização dos saltos influencia no ritmo de corrida. Os resultados foram que uma redução da velocidade e ritmo nos 10 km finais do 30 km avaliados com um aumento do esforço percebido, embora o desempenho do saltou aumentou desde a linha de base foi mantido. Sugere-se que a estimulação pode ser regulada por dois mecanismos diferentes, um atuando como centro integrador, conforme refletido no esforço percebido e outro atuando no sistema periférico potencializando o desempenho muscular do salto.

## 2.8 EQUILÍBRIO DINÂMICO E CORRIDA

As avaliações referentes ao equilíbrio e controle postural são utilizadas principalmente para avaliar: riscos de lesões, déficits iniciais resultantes de lesões e reavaliar o equilíbrio após intervenções (PLISKY *et al.*, 2006 2009). O equilíbrio pode ser dividido em duas categorias: estático e dinâmico. O controle postural estático exige que o indivíduo estabeleça um suporte estável, ou seja, uma base estável e mantenha essa posição com o mínimo de oscilação. Esse tipo de avaliações é útil para avaliar utilizando plataforma de força ou escalas clínicas confiáveis. Mas para avaliar indivíduos saudáveis e a sua capacidade para realizar tarefas ficam limitadas (GRIBBLE *et al.*, 2004; 2009; 2012).

O equilíbrio dinâmico possui um nível de movimento para executar uma tarefa em uma base estável. A tarefa pode relacionar-se como saltar no mesmo lugar, saltar em diferentes direções, movimento de alcance mantendo a base estável. A avaliação do equilíbrio dinâmico reproduz, em parte, as atividades esportivas e a capacidade de equilíbrio dinâmico em comparação aos testes estáticos (GRIBBLE *et al.*, 2012). O *Star Excursion Balance test* (SEBT) destacou-se no cenário clínico e pesquisas relacionadas ao esporte. Na sua origem é uma ferramenta de avaliações utilizando uma série de agachamentos unipodais para alcance de um ponto em oito direções no solo. A disposição das linhas de alcance a partir de um ponto central possibilita desafiar o equilíbrio dinâmico em diferentes planos de movimento sagital, frontal e transversal.

Em relação à confiabilidade do SEBT, pesquisas forneceram forte relação da familiarização do teste com pelo menos quatro tentativas em indivíduos saudáveis é consistente, com a redundância do SEBT em 8 direções foi proposto uma modificação para três direções de alcance (anterior, posteromedial e posterolateral). Essa modificação reduz de forma eficiente o tempo necessário para o teste de equilíbrio dinâmico denominado mSEBT. Para obter valores

fidedignos avaliando indivíduos de diferentes alturas é necessário realizar uma normalização do comprimento do membro inferior para compor um score comparativo de indivíduos (JAGGER *et al.*, 2020).

A fadiga é um fenômeno que influencia a parte fisiológica, neurológica e psicológica. Esses fatos podem ser confirmados através de marcadores de desempenho físico. Um dos principais elementos que são afetados na fadiga é o controle neuromuscular. Com isso, podemos considerar, após um teste incremental que o equilíbrio dinâmico pode ser alterado, embora pesquisas com intuito de verificar o comportamento do equilíbrio dinâmico após teste incrementais sejam limitadas. No estudo de Gribble *et al.* (2004), foi observado os déficits na distância de alcance e medidas cinemáticas do mSEBT relacionados à fadiga e instabilidade crônica do tornozelo. O resultado verificou que os déficits do equilíbrio dinâmico parecem estar ligados a mudança cinemática no joelho e quadril. Outro trabalho de Gribble *et al.* (2009) teve o objetivo de estudar a fadiga no equilíbrio dinâmico em membros inferiores. Os resultados foram que a fadiga reduz a distância do alcance, e a fadiga influencia o nível do controle neuromuscular.

Em relação a estudos com corredores utilizando o mSEBT, Meardon *et al.*, (2016) estudaram o equilíbrio dinâmico em corredores lesionados e não lesionados. Foi levantado a hipótese de que existe diferenças no controle postural dinâmico entre corredores lesionados e não lesionados. Os resultados foram que o equilíbrio dinâmico pode ser prejudicado em corredores com histórico de lesões prévias comparados a corredores saudáveis. No trabalho de Ruffe *et al.* (2019), com o objetivo de determinar se a avaliação de equilíbrio dinâmico poderia prever lesões relatadas em corredores de cross-country do ensino médio, os resultados não encontraram correlação com a distância de alcance menor e as lesões relatadas. O trabalho de Tao *et al.* (2021) investigou corredores universitários em pré-temporada através do equilíbrio dinâmico para prever o risco de lesões durante a temporada de atletismo. Concluíram que o equilíbrio dinâmico é um teste viável pré-temporada para incluir na triagem de lesões em corredores universitários.

## 2.9 PARÂMETROS CINEMÁTICOS DA CORRIDA

Os parâmetros cinemáticos da corrida são variáveis que podemos correlacionar com a eficiência do corredor. Uma das principais características é a rigidez das extremidades inferiores como um modelo de massa-mola (ARAMPATZIS; BRÜGGERMANN; METZLER, 1999). O estudo da rigidez dos membros inferiores está cada vez mais frequente na literatura para melhor compreensão da mecânica dos membros inferiores. A rigidez caracteriza-se pela deformação de um corpo a uma determinada força. A rigidez pode ser descrita desde o nível de uma única fibra muscular até a modelagem como uma massa de mola. A rigidez do corpo humano é a combinação de todos os valores individuais de músculos, tendões, ligamentos, cartilagens e ossos. Com relação ao desempenho em atividades esportivas, a rigidez é peça fundamental para a utilização ideal da CAE, resultando na utilização eficiente da energia elástica armazenada no sistema musculoesquelético que ocorre durante o movimento (BITCHELL *et al.*, 2019; BUTLER *et al.*, 2003).

A rigidez parece relacionar-se com os parâmetros da passada, ou seja, foi estudado que um comprimento de passada mais longo está associado a uma menor rigidez. Indivíduos com uma flexão exagerada de joelho apresentam uma maior rigidez (DUTTO; SMITH, 2002). O aumento do comprimento da passada de um corredor pode caracterizar aumento do desempenho. Essa alteração influencia a diminuição da rigidez vertical do corredor, o que pode influenciar negativamente a velocidade (HOBARA *et al.*, 2008).

Pesquisas de Hobara *et al.* (2008) verificaram a influência do estado de treinamento em fatores mecânicos associados. Atletas treinados possuem uma maior rigidez e têm maior desempenho em saltos com maior velocidade. Essa alteração reduz o deslocamento vertical do centro de massa durante o tempo de contato com o solo (BITCHELL *et al.*, 2019c; HOBARA *et al.*, 2010).

Com relação aos parâmetros cinemáticos para monitorar a mecânica da corrida, é uma ferramenta para desempenho e prevenção de lesões (MOORE, 2016; PAPPAS *et al.*, 2015). O desempenho, a rigidez dos membros inferiores, oscilação vertical do centro de massa e o tempo de contato com os pés no solo desempenham um importante papel como variáveis no desempenho na corrida. O trabalho de Bitchell *et al.* (2019) avaliou a experiência e a influência na rigidez de membros inferiores e as características da massa de mola durante os estágios da corrida associados ao limiar de lactato. Os resultados foram que corredores treinados otimizam seu sistema de massa de mola de maneira homogênea comparados a corredores não treinados.

Os principais parâmetros derivados do modelo de massa de mola é a rigidez dos membros inferiores que é obtida através da razão entre a força máxima aplicada nos membros inferiores e a compressão máxima na massa de mola dos membros inferiores (MORIN *et al.*, 2007). Com o uso da tecnologia é possível estimar-se a rigidez de membros inferiores a partir de parâmetros mecânicos como o tempo de contato. O tempo de contato é o parâmetro com maior influência na rigidez de membros inferiores (BALSALOBRE- FERNÁNDEZ; AGOPYAN; MORIN, 2017). No trabalho de Morin *et al.* (2006), com o objetivo de medir as características do modelo de massa de mola durante a corrida máxima, os autores investigaram as relações dos parâmetros mecânicos e a fadiga em sprints de 100 m. Os resultados foram que as principais mudanças ocorreram em três parâmetros mecânicos: rigidez vertical, frequência do passo e deslocamento do centro de massa durante o contato. A fadiga provoca uma alteração nos parâmetros relacionados a rigidez dos membros inferiores.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 AMOSTRA

Para este estudo, foram convidados 20 corredores recreacionais com idade entre 18 e 35 anos, que foram recrutados nos grupos de corrida da cidade de Campo Grande MS. Os critérios de inclusão foram: 1) praticantes de corrida recreacional 2 vezes por semana no mínimo; 2) com uma experiência de corrida superior a um ano; 3) com experiência em corrida de 10 km de distância; 4) e que não realizaram treinamento de força dos membros inferiores nos últimos seis meses. Os critérios de exclusão foram: 1) corredores que tiveram lesões de membros inferiores nos últimos 6 meses; 2) que utilizem medicamentos ou substâncias que influenciem nas avaliações; 3) e distúrbios de equilíbrio como labirintite e concussão nos últimos três meses. As características dos participantes de ambos os grupos são descritas na Tabela 1. Para essa pesquisa foram selecionados 20 corredores, a orientação para manter durante a pesquisa sua programação de corrida com carga reduzida para não interferir nas avaliações, devendo descansar totalmente no dia anterior às avaliações. Os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos da UFMS para participar da pesquisa.

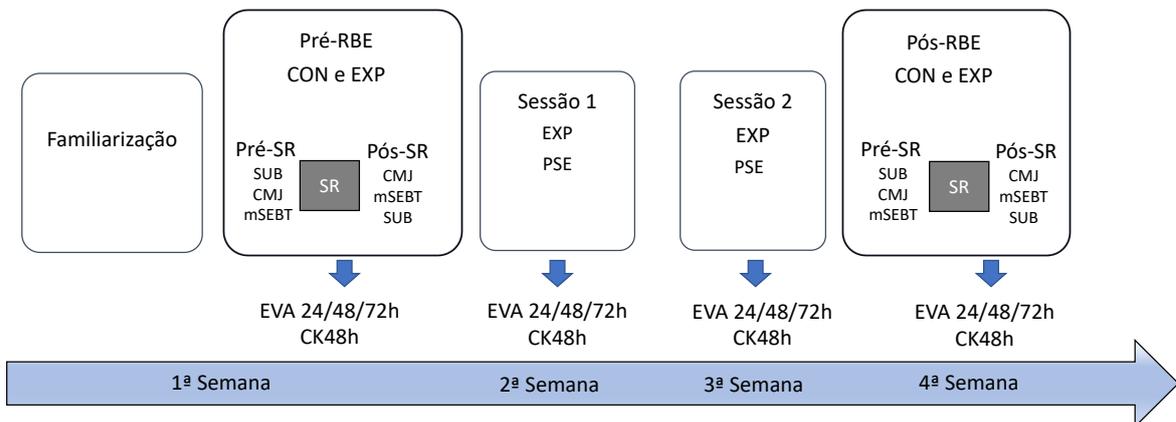
Tabela 1 - Características da amostra (n=20), Controle (n=10) e Experimental (n=10).

	<b>Controle</b>	<b>Experimental</b>
Massa (kg)	71,5±10,07	75,1±12,4
Estatura (cm)	172,2 ± 5,6	173,5± 6,7
Idade (anos)	32,4± 2,9	31,7± 2,6
VO <sub>2</sub> max (mL/Kg/min)	59,9± 8,1	55,7± 5,6
FCmax (bpm)	184.2 ± 12.0	189.4 ± 7.5

Dados descritos em média e desvio padrão

### 3.2 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

Figura 2 - Esquema do desenho da pesquisa



Pré-RBE, avaliação inicial antes de sessões de exercício; Pós-RBE avaliação final após sessão de exercícios; Pré-SR, teste antes de Shuttle run; Pós-SR, teste depois shuttle run; SUB, corrida submáxima (aquecimento e cinemática na velocidade do ritmo 10km); CMJ, salto contramovimento; mSEBT, *modified Star Excursion Balance Test*; SR,  $VO_2$ max, teste incremental *Shuttle run*; sessão 1, sessão de exercício protetor; PSE, percepção subjetiva de esforço; EVA, escala visual analógica de dor; CK, coleta creatina quinase; EXP, grupo experimental; CON, grupo controle.

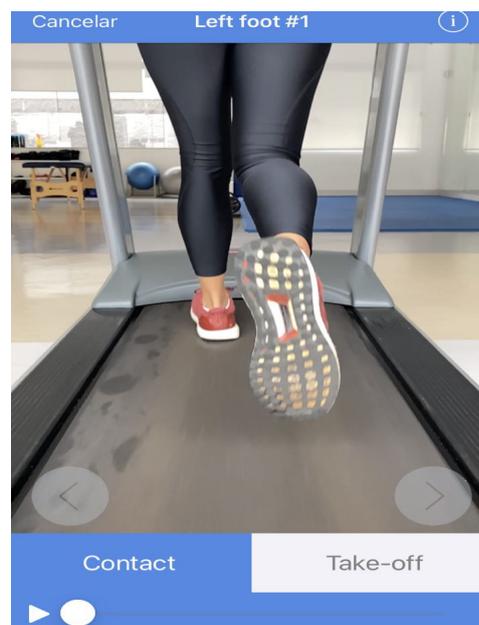
Esta pesquisa é um ensaio clínico controlado e randomizado. Os 20 participantes incluídos foram randomicamente distribuídos em dois grupos com 10 participantes em cada. O grupo experimental (EXP) realizou sessões de exercício protetor com ênfase excêntrica. O grupo controle realizou todas as avaliações descritas nesse estudo, no entanto, não fizeram as sessões de exercício protetor, mantendo sua programação de corrida com carga reduzida. Os participantes foram submetidos a quatro semanas de acompanhamento (ver Figura 2). Na primeira semana foi executada uma sessão de familiarização de todos os testes para reconhecimento e aprendizagem dos mesmos pelos participantes. Após dois dias, foi aplicada uma sequência de testes antes e depois do teste de exaustão, através dos seguintes procedimentos: teste incremental *Shuttle Run* (SR) de 20 metros (Léger *et al.*, 1988), Teste de CMJ, Teste de Equilíbrio Dinâmico (mSEBT) e duas corridas Submáximas (SUB) com velocidade inicial de 8 km/h nos primeiros cinco minutos e, nos cinco minutos seguintes, com a velocidade média do melhor ritmo realizado em competição de 10 km. A primeira corrida submáxima foi utilizada como aquecimento para os testes como descrito na Figura 1. Após 48 horas, foi mensurada a concentração sérica de CK referente a Pré-RBE. Após 72 horas da Pré-RBE, foi aplicada uma sessão do exercício protetor com intervalo de sete dias para a segunda sessão do mesmo exercício, com monitoramento da resposta da CK 48 horas após o exercício

protetor, e da percepção subjetiva da dor muscular até 72 horas depois. Já na terceira semana, foram aplicados os testes descritos em Pós-RBE.

### 3.2.1 Corrida submáxima

A SUB foi realizada em uma esteira motorizada (Tzero, Johnson, EUA) como aquecimento antes das avaliações submáximas e como exercício para a avaliação da cinemática da corrida com e sem fadiga. O tempo do teste foi de 11 minutos, sendo que um minuto de familiarização na esteira com caminhada leve a 4,5 km/h, cinco minutos na velocidade de 8 km/h e os seguintes cinco minutos na velocidade média do melhor ritmo em 10 km. A avaliação cinemática da corrida foi executada por meio do aplicativo para celular (Runtmatic, iPhone SE2 Apple, EUA). A coleta do vídeo foi obtida pela câmera do *smartphone* com apoio de um tripé com distância de 1 metro do suporte no plano frontal vista posterior, a câmera posicionada na altura dos joelhos, entre o oitavo e o nono minutos finais da SUB, seguindo as recomendações de Balsalobre-Fernández, Agopyan e Morin (2017). As imagens foram analisadas pelo aplicativo supracitado Figura 3, o qual utiliza o contato e a fases aérea das oito passadas consecutivas para calcular parâmetros da cinemática da corrida: Tempo de Contato (TC); Tempo de Voo (TV); Frequência (F), Oscilação Vertical (OV), Força Relativa (FR), Rigidez do Membro Inferior (R).

Figura 3 - *Layout* aplicativo Runtmatic



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2022).

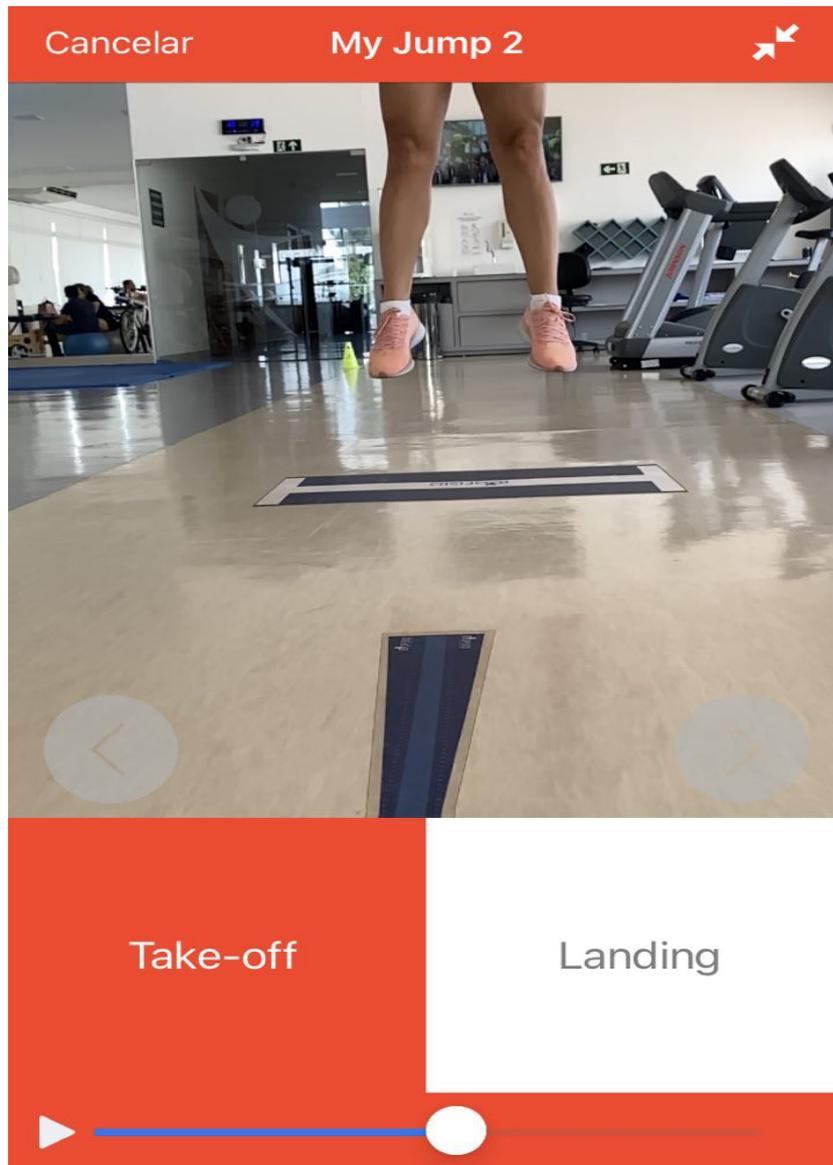
### 3.2.2 Aquecimento

O aquecimento foi padronizado para todos os corredores, sendo utilizada inicialmente a caminhada na esteira, após a corrida submáxima a 8 km/h antes da sequência de todos os testes. No teste de salto contramovimento foram utilizados dois saltos iniciais para simular o movimento antes dos saltos máximos. No teste de equilíbrio dinâmico, foram feitas três tentativas de alcance nas três direções propostas pelo teste: anterior, póstero-medial e póstero-lateral. No dia da sessão do exercício protetor para o grupo intervenção foi realizada para o aquecimento uma caminhada de um minuto a 4,5 km/h e corrida na esteira motorizada (Tzero, Johnson, EUA) na velocidade de 8 km/h durante 5 minutos, antes do exercício com ênfase excêntrica.

### 3.2.3 Salto contramovimento

Os corredores foram instruídos a realizar o salto inicialmente com as mãos nos quadris, após, realizaram uma fase de tríplice flexão de tornozelo, joelho e quadril. Foi realizada a fase de extensão, mantendo as pernas estendidas durante a fase de voo do salto. A aterrissagem foi realizada simultaneamente com as pontas dos pés para evitar aumentar artificialmente o tempo de voo. Os participantes foram instruídos a saltar o mais alto possível. Foram coletados dois saltos máximos com intervalo de 15 segundos de repouso entre as tentativas, as quais passaram pela análise do aplicativo específico validado para tal fim na Figura 4 (*My Jump 2* iPhone SE2 Apple, EUA), que calcula o tempo de voo do salto utilizando a equação de Bosco, Luhtanen e Komi (1983) ( $h = t^2 \times 1.22625$ ) que estima a altura do mesmo (BALSALOBRE- FERNÁNDEZ; GLAISTER; LOCKEY, 2015).

Figura 4 - Coleta de salto contramovimento aplicativo *My jump 2*



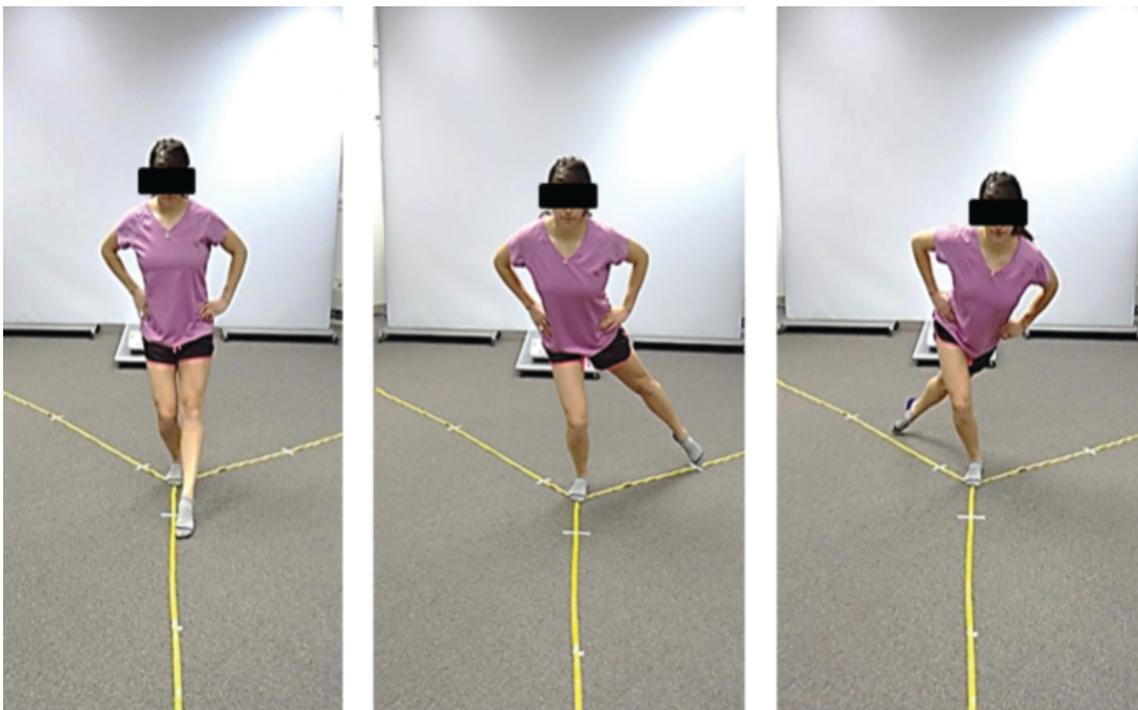
Fonte: Arquivo pessoal do autor (2022).

### 3.2.4 Teste de Equilíbrio Dinâmico (mSEBT)

O protocolo do mSEBT consiste em chegar o mais longe possível nas direções anterior, pósteromedial e pósterolateral com o pé do membro inferior de preferência apresentado na Figura 5 (PLISKY *et al.*, 2006). Com os pés descalços, o participante apoiou o pé no centro da marcação no solo e foi instruído a tocar a ponta do pé o mais longe possível, mantendo as recomendações de não remover as mãos dos quadris durante o teste, não perder o apoio unilateral, não apoiar o membro inferior que realiza o alcance e não deslocar o pé de apoio

durante o teste. Foram invalidadas as tentativas que não seguissem as instruções. O intervalo entre cada tentativa foi de 15 segundos de acordo com BULOW *et al.*, (2019). Os participantes tiveram direito de até quatro tentativas seguindo os critérios acima. A maior distância entre duas tentativas válidas foi utilizada para análise. Os dados foram normalizados utilizando o comprimento do membro inferior do participante (JAGGER *et al.*, 2020).

Figura 5 - Avaliação equilíbrio dinâmico (mSEBT)



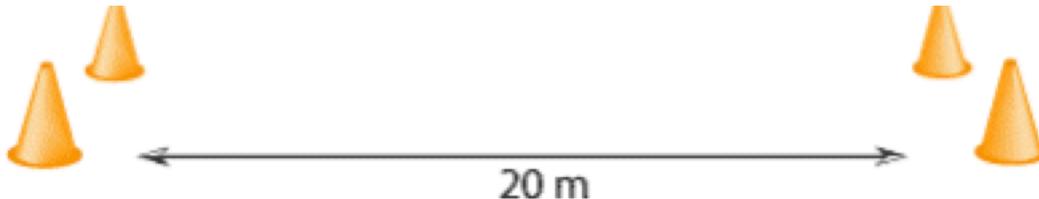
Fonte: Meardon *et al.* (2016, p. 370).

### 3.2.5 Teste incremental *Shuttle Run* (SR)

O SR é composto por vários estágios de intensidade crescente na velocidade da corrida e foi utilizado para verificação da potência aeróbica máxima ou consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) em indivíduos adultos validados por Léger *et al.* (1988). Os testes foram realizados em ambiente fechado na área de clínica de reabilitação física. Os corredores foram instruídos a ajustar a velocidade com a mudança de direção determinada pelo sistema de som ambiente. No estágio inicial, a velocidade foi de 8,5 km/h e, nos seguintes estágios foi acrescida a velocidade em 0,5 km/h. O último estágio atingido foi anotado para identificar a distância percorrida e a

velocidade final. O teste finaliza quando o corredor não consegue acompanhar o ritmo imposto pelo som, ou depois de chegar, até duas vezes no máximo, fora do tempo, no cone de marcação.

Figura 6 - Teste de Shuttle run 20 m.



Fonte: Adaptado pelo autor (2022).

### 3.2.6 Sessão de exercício protetor (Exercício com ênfase excêntrica)

O exercício protetor consistiu em um afundo de *Kudashov*, sem pausa entre passadas alternadas, com elevação de quadril até 90° e com desaceleração do membro inferior até o joelho contralateral se aproximar o máximo possível do solo. O volume total consistiu em três séries de 10 repetições (passadas). O intervalo entre as séries foi de dois minutos, com recuperação passiva. Durante o intervalo de cada série, os participantes avaliaram o nível de esforço usando a escala de percepção de esforço 6-20 (Borg, 1982) para indicar a intensidade a cada série. A carga utilizada foi a massa corporal em ambas as duas sessões. Esse exercício e a carga aplicada foram selecionados após testes pilotos.

### 3.2.7 Coleta e análises dos níveis de Creatina Quinase (CK)

As coletas de amostras sanguíneas foram realizadas para verificação do dano muscular, após 48h Pré-RBE, 48h após sessão 1, 48h após sessão 2 e 48h após Pós-RBE no grupo experimental. No grupo controle foram coletados 48h após Pré-RBE e 48h Pós-RBE. As análises foram realizadas em laboratório privado certificado. Os seguintes procedimentos adotados:

- a) Identificação do local da punção em antebraço do participante;

- b) Assepsia local com álcool 70%;
- c) Punção venosa com sistema Vacutainer;
- d) Coleta de 5ml de sangue total em tubos secos e tubo PAXgene.

Após o processo de análise do material foram vinculados a um acesso através de login e senha de cada participante com o resultado das amostras, que foram armazenados em freezers – 80° e mantiveram nessa condição por 20 dias, após esse período foram descartadas em lixo infectante através de empresa responsável pelo lixo biológico como protocolo padrão adotado por empresa privadas no setor de análises clínicas.

### 3.3 ANÁLISE DE DADOS

Os dados foram apresentados em média e desvio padrão para a estatística descritiva. Para verificação da normalidade dos dados foram utilizados os testes de Kolmogorov- Smirnov e Shapiro Wilk. Após a verificação da normalidade dos dados, foi feita a análise de variância com correções de Bonferroni foi realizada para identificar efeitos e interações para grupo (Experimental × Controle) e momento (Pré-RBE, Pós-RBE , Pré-SR, Pós-SR).

## 4 RESULTADOS

Na Tabela 2 são descritos o status de treinamento de corrida dos atletas participantes da amostra, com as seguintes variáveis: volume semanal de treino em quilômetros, frequência semanal de treino em dias por semana e melhor tempo na prova de 10 km, a fim de caracterização da amostra.

Tabela 2 - Valores descritivos do nível de treinamento da amostra de corredores recreacionais (N=20).

Variáveis	Média ± DP	Intervalo
Volume (km/semana)	24,6 ± 11,4	12-50
Frequência (dias/ semana)	3,7 ± 0,6	3- 5
Melhor tempo nos 10 km (minutos)	45 ± 5	36-53

DP: Desvio padrão.

A Tabela 3 apresenta os dados estatísticos descritivos da percepção subjetiva do esforço (6-20) dos atletas do grupo experimental após cada série (1, 2 e 3) durante as sessões (1 e 2) de treinamento com o exercício afundo *Kudashov*.

Tabela 3 - Percepção subjetiva do esforço (Borg; 6-20) dentro das diferentes séries de ambas as sessões de afundo *Kudashov* no grupo experimental (N=10).

Variáveis	Séries	Média ± DP	Intervalo
Sessão 1	1.1	11,9 ± 3,1	08-18
	1.2	13,3 ± 2,9	09- 18
	1.3	14,8 ± 2,7	09-19
Sessão 2	2.1	12,0 ± 2,6	08-17
	2.2	12,6 ± 2,5	09-17
	2.3	14,1 ± 2,2	10-18

Os dados de desempenho nos testes de avaliação física são apresentados na Tabela 4. Os participantes apresentaram maiores valores de CMJ (37,1±1,6 cm) após duas sessões de afundo *Kudashov* em comparação ao grupo controle (32,5±4,8 cm) (p=0,008). Não houve diferença no equilíbrio dinâmico (p=0,612), desempenho do teste incremental *Shuttle Run* (p=1,00)

Tabela 4 - Parâmetros de desempenho nos testes de aptidão física.

Marcadores de desempenho	Grupo	Pré-RBE		Pós-RBE		Interação (grupo × tempo)
		Pré-SR	Pós-SR	Pré-SR	Pós-SR	
CMJ (cm)	Experimental	35,0 ± 1,2	35,4 ± 1,1	37,1 ± 1,6*	36,3 ± 1,3*	p = 0,008
	Controle	33,3 ± 5,1	33,6 ± 5,3	32,5 ± 4,8	36,3 ± 1,3#	
mSEBT (cm)	Experimental	92,3 ± 6,0	93,9 ± 6,0	94,4 ± 5,2	95,1 ± 5,2	p = 0,612
	Controle	90,0 ± 2,8	93,2 ± 2,8	91,8 ± 9,5	93,8 ± 7,7	
Shuttle run (VO <sub>2max</sub> )	Experimental	59,9 ± 8,1	-	-	60,2 ± 7,5	p = 1,000
	Controle	55,7 ± 5,6	-	-	56,0 ± 5,79	

Pré-RBE, avaliação inicial antes de sessões de exercício; Pós-RBE avaliação final após sessão de exercícios; Pré-SR ,teste antes de *Shuttle run*; Pós-SR, teste depois *Shuttle run*; CMJ, Salto Contramovimento; mSEBT, Teste de Equilíbrio Dinâmico; VO<sub>2max</sub>, Volume de Oxigênio Máximo.

\* Diferença significativa do Pós-RBE no Pré-SR do grupo experimental (p<0,05); # Diferença significativa do Pós-RBE no Pós-SR do grupo controle (p<0,05).

O exercício realizado mostrou maiores valores de CK ( $515,8 \pm 272,1$  U.L<sup>-1</sup>) após a primeira sessão em relação a linha de base ( $247,3 \pm 122,3$  U.L<sup>-1</sup>) e grupo controle ( $188,6 \pm 70,1$  U.L<sup>-1</sup>) ( $p < 0,05$ ). Sugere-se também que a primeira sessão ofereceu um efeito protetor contra o dano muscular causado pela segunda sessão, evidenciado por menor CK ( $302,9 \pm 49,4$  U.L<sup>-1</sup>) ( $p < 0,05$ ). As respostas de CK são apresentados na Figura 7.

Com relação as respostas de DMT são apresentados na Figura 8, os valores de DMT ( $5,1 \pm 1,9$ ) após a primeira sessão em relação a linha de base ( $1,5 \pm 0,5$ ) e grupo controle ( $2,0 \pm 0,6$ ) ( $p < 0,05$ ). Sugere-se também que a primeira sessão ofereceu um efeito protetor contra o dano muscular causado pela segunda sessão, evidenciado por menor DMT ( $3,6 \pm 2,0$ ) ( $p < 0,05$ ).

Figura 7 - Gráfico níveis de CK

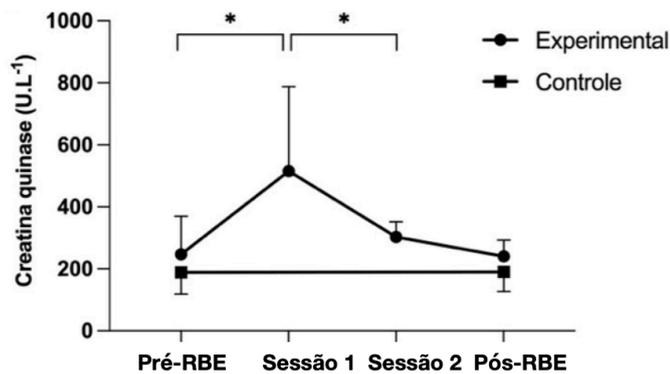
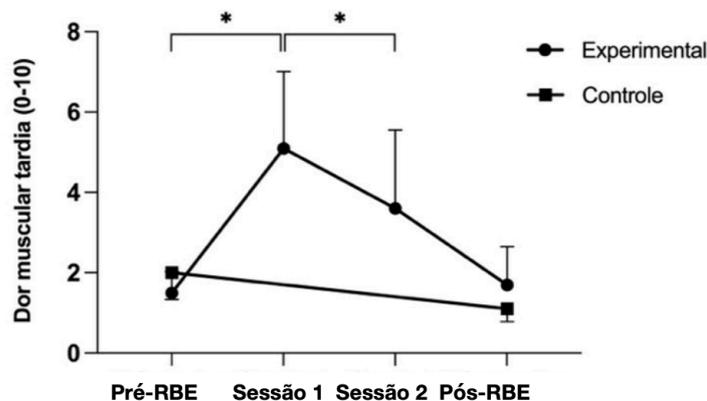


Figura 8 - Gráfico níveis DMT



Com relação a cinemática de corrida, conforme descrito na Tabela 5, não houve diferenças para a maioria das variáveis analisadas antes e após a intervenção com ou sem fadiga.

Tabela 5 – Parâmetros cinemáticos da corrida Pré-RBE, Pré-SR (antes da fadiga) e Pós-SR(após fadiga) e Pós-RBE, Pré-SR e Pós-SR.

Marcadores de desempenho	Grupo	Pré-RBE		Pós-RBE		Interação (grupo × tempo)
		Pré-SR	Pós-SR	Pré-SR	Pós-SR	
Tempo de contato (s)	Experimental	0,23± 0,02	0,24 ± 0,02	0,24 ± 0,02	0,24 ± 0,02	0,920
	Controle	0,25 ± 0,03	0,26 ± 0,02	0,26 ± 0,02	0,26 ± 0,02	
Tempo de voo (s)	Experimental	0,10 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,274
	Controle	0,08 ± 0,02	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01	
Frequência (Hz)	Experimental	2,97 ± 0,12	2,99 ± 0,11	2,96 ± 0,120	2,98 ± 0,12	0,602
	Controle	2,94 ± 0,17	2,93 ± 0,17	2,94 ± 0,16	2,93 ± 0,15	
Frequência relativa (BW)	Experimental	2,23 ± 0,12	2,18 ± 0,13	2,21 ± 0,14	2,21 ± 0,14	0,545
	Controle	2,08 ± 0,16	2,06 ± 0,15	2,05 ± 0,12	2,04 ± 0,10	
Oscilação vertical (m)	Experimental	0,05 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,305
	Controle	0,05 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,056 ± 0,00	
Rigidez (kN/m)	Experimental	9,39 ± 2,62	9,24 ± 2,41	11,11 ± 8,15	11,11 ± 8,15	1,000
	Controle	9,33 ± 1,34	8,94 ± 1,31	8,94 ± 1,67	8,961 ± 2,00	

Pré-RBE, avaliação inicial antes de sessões de exercício; Pós-RBE avaliação final após sessão de exercícios; Pré-SR ,teste antes de *Shuttle run*; Pós-SR, teste depois *Shuttle run*

## 5 DISCUSSÃO

O objetivo do presente trabalho foi verificar se duas sessões de exercícios com ênfase excêntrica são eficazes para induzir o efeito protetor do exercício repetido e promover diferenças no desempenho no salto de contramovimento, equilíbrio dinâmico e parâmetros cinemáticos em corredores recreacionais que não realizam treino regular de força.

Nossos achados não confirmam a hipótese inicial, de que o efeito protetor induzido pelo exercício influenciaria nas variáveis de equilíbrio dinâmico e parâmetros cinemáticos tanto basal como em fadiga. Por outro lado, foi verificada que somente duas sessões de exercício, com poucos sintomas de DMT, foram suficientes para melhorar significativamente a capacidade de salto de contramovimento. Apesar disso, esse aumento da potência muscular não tem uma influência relevante nas medidas de desempenho de equilíbrio dinâmico e parâmetros cinemáticos.

O desempenho do CMJ é uma variável de desempenho neuromuscular avaliada em diferentes situações após testes fatigantes e intervenções com exercícios que gerem DMT (Burt *et al.*, 2013; Doma *et al.*, 2015; 2017; Eston *et al.*, 2000), sendo o aumento de potência do salto encontrado em vários estudos após teste incremental (Boullosa *et al.*, 2011; García-Pinillos *et al.*, 2016). Um aumento no desempenho do CMJ em atletas com melhores performance no teste incremental, os efeitos agudos do teste de corrida incremental no desempenho do CMJ ocorrem por uma potencialização em corredores de resistência. O protocolo de teste incremental utilizado na nossa pesquisa foi idêntico ao de García-Pinillos *et al.*, (2016), e embora os participantes da nossa pesquisa tenham uma característica de não realizar treino regular de força, o teste incremental não foi capaz de potencializar o CMJ após o teste incremental no momento pré-RBE de exercício, sendo que a potencialização ocorreu após as duas sessões de exercício protetor com ênfase excêntrica. No trabalho de Doma *et al.*, (2017) foram necessárias duas sessões de treinamento de resistência em atletas não treinados em força para influenciar positivamente nos fatores de desempenho do CMJ e amplitude de movimento que estão intimamente ligadas ao equilíbrio dinâmico como verificada no trabalho de Gribble *et al.*, (2009) e Plisky *et al.*, (2006). Com relação aos responsáveis pela potencialização do salto sugere-se duas principais vias periférica e central, à periférica, são atribuídos a fosforilação da cadeia leve reguladora da miosina permitindo o aumento da sensibilidade do  $Ca^{2+}$  facilitando o desenvolvimento de contração muscular e conseqüentemente a potência muscular e as vias centrais estão relacionadas ao aumento da eficiência da condução sináptica pela elevação

residual do  $\text{Ca}^{2+}$  pré-sináptico recrutando e sustentando maiores unidades motoras para a contração muscular (BEATO *et al.*, 2020; TILLIN; BISHOP, 2009).

A capacidade de potencializar o salto através de intervenção de exercícios excêntricos estão bem descritas na revisão de Suchomel *et al.*, (2019b) favorecendo principalmente o CAE pelas adaptações morfológicas estruturais no complexo actina, miosina, titina e tecido conjuntivo como o aumento da rigidez dentro da estrutura muscular na produção de força (BITCHELL *et al.*, 2019; BUTTERFIELD, 2010).

Em relação ao equilíbrio dinâmico, é uma variável que possui relação direta com o controle neuromuscular (PLISKY *et al.*, 2006). A fadiga proporcionada pelo teste incremental provoca influência negativa nos padrões de movimento, através de mudança cinemática do joelho e quadril no equilíbrio dinâmico (GRIBBLE *et al.*, 2004; 2009), embora nesse presente estudo não encontramos diferenças estatísticas significativas em relação ao equilíbrio dinâmico na linha de base e após teste incremental ou após as duas sessões de exercício protetor. No trabalho de Meardon *et al.* (2016), foi encontrada correlação do equilíbrio dinâmico em corredores com histórico de lesões prévias e sem histórico de lesões; o equilíbrio dinâmico pode ser prejudicado por corredores com histórico de lesões prévias em relação a corredores saudáveis. No trabalho de Sekulic *et al.*, (2013), a capacidade do equilíbrio dinâmico foi relacionada a um ganho de desempenho na agilidade, velocidade e potência muscular. O trabalho de Sariat *et al.*, (2020) encontrou uma correlação do equilíbrio dinâmico com o desempenho nos saltos e sprints em jogadores de futebol de elite. O desempenho do equilíbrio dinâmico no trabalho de Kang *et al.*, (2015) foi influenciado principalmente pela cinemática de tronco e membro inferior, principalmente medidas como mobilidade de dorsiflexão de tornozelo e flexão de quadril com principais variáveis.

O exercício com ênfase excêntrica, chamado de Afundo Kudashov, foi desenhado para induzir dano muscular e gerar, após a segunda sessão do mesmo exercício, o efeito protetor evidenciado em diferentes estudos (DOMA *et al.*, 2015; 2017; DOMA; DEAKIN, 2013; HYLDAHL *et al.*, 2017). O exercício Afundo Kudashov foi eficiente em promover dano muscular após a primeira sessão, evidenciado pelo aumento da DMT nos momentos 24, 48 e 72h após, e CK no momento 48h após. Após a segunda sessão pode-se observar redução nos níveis de CK e DMT, caracterizando o fenômeno chamado de *Repeated Bout Effect*. Achados semelhantes são encontrados em Doma *et al.*, (2017) que observaram menor DMT e uma redução dos níveis de CK após a segunda sessão, no trabalho de Coratella e Schena (2015), com protocolo de agachamentos, foi observado na primeira sessão aumento do CK e da DMT em relação a linha de base, após a segunda sessão não apresentou aumento significativo do CK

e a DMT e pico de torque retornaram para valores basais 48 e 72 horas, caracterizando o RBE com esse protocolo de exercícios. Os trabalhos de RBE que envolvem exercício são com frequência relacionados com exercícios mono articulares com altas cargas para induzir um DMIE com elevação do CK e da DMT como nos trabalhos de Chen *et al.*, (2009) e Lavender e Nosaka (2006). Já os trabalhos de Burt *et al.*, (2013), Coratella e Schena (2015), Doma *et al.* (2017) e Doma e Deakin (2013) foram utilizados protocolos que exigiam o exercício proposto verificar o RBE do ponto de vista multi-articular com uma maior amplitude de movimento em músculos chaves relacionados ao movimento de desaceleração da corrida com seu foco em membros inferiores e trabalhos que envolve RBE com protocolos de corrida que induzem DMIE com estudos de Eston *et al.*, (1996; 2000) e Rowlands *et al.* (2001), que avaliaram o RBE em corrida em declive com diferentes intensidade e manipulação da passada.

Os parâmetros cinemáticos da corrida é uma ferramenta para análise de desempenho e prevenção de lesões de acordo com Moore (2016) e Pappas *et al.*, (2015), a validade do uso do aplicativo descrito na metodologia que apresenta excelente coeficiente de correlação para as variáveis tempo de contato, tempo de voo, oscilação vertical e rigidez de membros inferiores (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ *et al.*, 2017). No entanto a variabilidade de velocidade de coleta dessa pesquisa apresenta limitações imposta pela validade do uso do aplicativo descrito na metodologia com uma limitação enquanto a precisão dos dados. A velocidade de coleta do grupo controle em relação ao grupo experimental não foi semelhante, mas que de forma planejada a intensidade alvo para a velocidade do melhor ritmo na prova de 10 km com os parâmetros de tempo de contato, tempo de voo, frequência, oscilação vertical, força máxima relativa e rigidez membros inferiores. Não houve diferença estatísticas significante no desempenho da corrida em relação aos parâmetros cinemáticos, nem em relação ao antes e depois do teste incremental ou após das duas sessões de exercício protetor. O trabalho de Bitchell *et al.*, (2019) apresentou entre seus resultados que corredores treinados otimizam seus parâmetros cinemáticos principalmente relacionados a rigidez, oscilação vertical do centro de massa e tempo de contato com o solo em relação aos não treinados. Esse resultado permite sugerir que duas sessões de exercício protetor gerando RBE não tem a capacidade de alterar parâmetros cinemáticos apesar da adaptação dos níveis de CK, reduzida DMT e aumento do desempenho do CMJ após duas sessões de exercício com ênfase excêntrica. No trabalho de Dutto e Smith (2002), foi verificada a influência uma única corrida em declive na EC e medidas fisiológicas e mecânicas associadas a DMT, o resultado que a DMT provocado pelo DMIE altera os padrões cinemáticos na mecânica da passada e a DMT reduz a EC. No trabalho de Dutto e Smith (2002), observando as características dos padrões cinemáticos na rigidez com

corredores submetidos a teste de exaustão já esteira, foi observada alteração das características da rigidez de membros inferiores influenciada pela fadiga. Os trabalhos de Bitchell *et al.*, (2019) e de Hobara *et al.*, (2010) verificaram a influência do estado de treinamento em fatores mecânicos de atletas treinados em força, possuem uma maior rigidez e tem melhores desempenhos em saltos com maiores velocidades. Sugere-se para trabalhos futuros uma amostra homogênea em relação ao ritmo de corrida na coleta de parâmetros cinemáticos para verificar adaptações em relação ao desempenho na corrida.

### 5.1 Limitações do Estudo

Este estudo apresenta limitações correspondentes a generalização em relação a amostra de corredores recreacionais pela discrepância no nível de performance na corrida, estudos futuros podem replicar selecionando corredores pelo nível de performance. Com relação a indução da fadiga poderiam ser usadas para avaliar marcadores de fadiga com analisador de gases concomitante com a análise dos parâmetros cinemáticos da corrida para verificar com maior precisão as mudanças relacionadas ao exercício.

## **6 CONCLUSÃO**

Conclui-se que apenas duas sessões de exercício multiarticular com ênfase excêntrica de carga moderada aumentam o salto contramovimento e induzem um efeito protetor já na segunda sessão, porém não influenciam no desempenho de corrida, equilíbrio dinâmico ou cinemática de corrida sob situação de fadiga.



## REFERÊNCIAS

AAGAARD, P. Training-Induced Changes in Neural Function. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 31, n. 2, p. 61–67, 2003.

ALENTORN-GELI, E.; MYER, G. D.; SILVERS, H. J. SAMITIER, G. *et al.* Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 17, n. 7, p. 705-729, 2009.

ARAMPATZIS, A.; BRÜGGEMANN, G. -P.; METZLER, V. The effect of speed on leg stiffness and joint kinetics in human running. **Journal of Biomechanics**, v. 32, n. 12, p. 1349-1353, 1999.

ASSUMPÇÃO, C. D. O.; LIMA, L. C. R.; OLIVEIRA, F. B. D. GRECO, C. C. *et al.* Exercise-induced muscle damage and running economy in humans. **The Scientific World Journal**, v. 2013, 1-12, 2013. Disponível em: <https://downloads.hindawi.com/journals/tswj/2013/189149.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; AGOPYAN, H.; MORIN, J. -B. The validity and reliability of an iPhone app for measuring running mechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 33, n. 3, p. 222-226, 2017.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; GLAISTER, M.; LOCKEY, R. A. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 15, p. 1574-1579, 2015.

BAUMANN, C. W. ; GREEN, M. S.; DOYLE, J. A.; RUPP, J. C. *et al.*, Muscle injury after low-intensity downhill running reduces running economy. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 5, p. 1212-1218, 2014.

BEATO, M.; MCERLAIN-NAYLOR, S. A.; HALPERIN, I.; IACONO, A. D. Current evidence and practical applications of flywheel eccentric overload exercises as postactivation potentiation protocols: A brief review. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 15, n. 2, p. 154-161, 2020.

BITCHELL, C. L.; MCCARTHY-RYAN, M.; GOOM, T.; MOORE, I. S. Spring-mass characteristics during human locomotion: Running experience and physiological considerations of blood lactate accumulation. **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 10, p. 1328-1335, 2019.

BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.

BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 50, n. 2, p. 273-282, 1983.

BOULLOSA, D. A.; TUIMIL, J. L.; ALEGRE, L. M.; IGLESIAS, E. *et al.* Concurrent fatigue and potentiation in endurance athletes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 6, n. 1, p. 82-93, 2011.

BOULLOSA, D.; DEL ROSSO, S.; BEHM, D. G.; FOSTER, C. Post-activation potentiation (PAP) in endurance sports: a review. **European Journal of Sport Science**, v. 18, n. 5, p. 595-610, 2018.

BRAUN, W. A.; DUTTO, D. J. The effects of a single bout of downhill running and ensuing delayed onset of muscle soreness on running economy performed 48 h later. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 1, p. 29-34, 2003.

BURT, D.; LAMB, K.; NICHOLAS, C.; TWIST, C. Effects of repeated bouts of squatting exercise on sub-maximal endurance running performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 2, p. 285-293, 2013.

BURT, D.; LAMB, K.; NICHOLAS, C.; TWIST, C. Lower-volume muscle-damaging exercise protects against high-volume muscle-damaging exercise and the detrimental effects on endurance performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 7, p. 1523-1532, 2015.

BUTLER, R. J.; CROWELL III, H. P.; DAVIS, I. M. Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. **Clinical Biomechanics**, v. 18, n. 6, p. 511-517, 2003.

BUTTERFIELD, T. A. Eccentric exercise in vivo: strain-induced muscle damage and adaptation in a stable system. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 38, n. 2, p. 51-60, 2010.

CHEN, T. C.; NOSAKA, K.; LIN, M. K.; CHEN, H. L. *et al.* Changes in running economy at different intensities following downhill running. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 11, p. 1137-1144, 2009.

CHEN, T. C.; NOSAKA, K.; TU, J. -H. Changes in running economy following downhill running. **Journal of Sports Sciences**, v. 25, n. 1, p. 55-63, 2007.

CORATELLA, G.; CHEMELLO, A.; SCHENA, F. **Muscle damage and repeated bout effect induced by enhanced eccentric squats**. 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/187966154.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2022.

DEL ROSSO, S.; BARROS, E.; TONELLO, L.; OLIVEIRA-SILVA, I. *et al.* Can pacing be regulated by post-activation potentiation? Insights from a self-paced 30 km trial in half-marathon runners. **Plos one**, v. 11, n. 3, p. e0150679, 2016.

DELLO IACONO, A.; MARTONE, D.; PADULO, J. Acute effects of drop-jump protocols on explosive performances of elite handball players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 11, p. 3122-3133, 2016.

DELLO IACONO, A.; SEITZ, L. B. Hip thrust-based PAP effects on sprint performance of soccer players: heavy-loaded versus optimum-power development protocols. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 20, p. 2375-2382, 2018.

DOMA, K.; DEAKIN, G. B. The effects of strength training and endurance training order on running economy and performance. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 38, n. 6, p. 651-656, 2013.

DOMA, K.; SCHUMANN, M.; LEICHT, A. S.; HEILBRONN, B. E. *et al.* The repeated bout effect of traditional resistance exercises on running performance across 3 bouts. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 42, n. 9, p. 978-985, 2017.

DOMA, K.; SCHUMANN, M.; SINCLAIR, W. H.; LEICHT, A. S. *et al.* The repeated bout effect of typical lower body strength training sessions on sub-maximal running performance and hormonal response. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 8, p. 1789-1799, 2015.

DOUGLAS, J.; PEARSON, S.; ROSS, A.; MCGUIGAN, M. Excentric exercise: physiological characteristics and acute responses. **Sports Medicine**, v. 47, n. 4, p. 663-675, 2017a.

DOUGLAS, J.; PEARSON, S.; ROSS, A.; MCGUIGAN, M. Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review. **Sports Medicine**, v. 47, n. 5, p. 917-941, 2017b.

DUCHATEAU, J.; BAUDRY, S. Insights into the neural control of eccentric contractions. **Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 11, p. 1418-1425, 2014.

DUTTO, D. J.; SMITH, G. A. Changes in spring-mass characteristics during treadmill running to exhaustion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 8, p. 1324-1331, 2002.

ESTON, R. G.; FINNEY, S.; BAKER, S.; BALZOPoulos, V. Muscle tenderness and peak torque changes after downhill running following a prior bout of isokinetic eccentric exercise. **Journal of Sports Sciences**, v. 14, n. 4, p. 291-299, 1996.

ESTON, R. G.; LEMMEY, A. B.; MCHUGG, P.; BYRNE, C. *et al.* Effect of stride length on symptoms of exercise-induced muscle damage during a repeated bout of downhill running. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 10, n. 4, p. 199-204, 2000.

FANG, Y. ; SIEMIONOW, V.; SAHGAL, V.; XIONG, F. *et al.* Greater movement-related cortical potential during human eccentric versus concentric muscle contractions. **Journal of Neurophysiology**, v. 86, n. 4, p. 1764-1772, 2001.

GARCÍA-PINILLOS, F.; DELGADO-FLOODY, P.; MARTÍNEZ-SALAZAR, C.; LATORRE-ROMÁN, P. A. Responsiveness of the countermovement jump and handgrip strength to an incremental running test in endurance athletes: Influence of sex. **Journal of Human Kinetics**, v. 61, n. 1, p. 199-208, 2018.

GARCÍA-PINILLOS, F.; MOLINA-MOLINA, A.; LATORRE-ROMÁN, P. A. Impact of an incremental running test on jumping kinematics in endurance runners: can jumping kinematic explain the post-activation potentiation phenomenon?. **Sports Biomechanics**, v. 15, n. 2, p. 103-115, 2016.

GRIBBLE, P. A.; HERTEL, J.; DENEGAR, C. R.; BUCLEY, W. E. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. **Journal of Athletic Training**, v. 39, n. 4, p. 321, 2004.

GRIBBLE, P. A.; HERTEL, J.; PLISKY, P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. **Journal of Athletic Training**, v. 47, n. 3, p. 339-357, 2012.

GRIBBLE, P. A.; ROBINSON, R. H.; HERTEL, J.; DENEGAR, C. R. The effects of gender and fatigue on dynamic postural control. **Journal of sport rehabilitation**, v. 18, n. 2, p. 240-257, 2009.

HAMILL, J.; FREEDSON, P. S.; CLARKSON, P. M.; BRAUN, B. Muscle Soreness During Running: Biomechanical and Physiological Considerations. **International Journal of Sport Biomechanics**, v. 7, n. 2, 1991.

HERZOG, W. The role of titin in eccentric muscle contraction. **Journal of Experimental Biology**, v. 217, n. 16, p. 2825-2833, 2014.

HOBARA, H.; INOUE, K.; MURAOKA, T.; OMURO, K. *et al.* Leg stiffness adjustment for a range of hopping frequencies in humans. **Journal of biomechanics**, v. 43, n. 3, p. 506-511, 2010.

HOBARA, H.; KIMURA, K.; OMURO, K.; GOMI, K. *et al.* Determinants of difference in leg stiffness between endurance-and power-trained athletes. **Journal of Biomechanics**, v. 41, n. 3, p. 506-514, 2008.

HODY, S.; CROISIER, J. L.; BURY, T.; ROGISTER, B. *et al.* Eccentric muscle contractions: risks and benefits. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. 5, p. 536, 2019.

HOWATSON, G.; MILAK, A. Exercise-induced muscle damage following a bout of sport specific repeated sprints. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 8, p. 2419-2424, 2009.

HOWATSON, G.; VAN SOMEREN, K. A. Evidence of a contralateral repeated bout effect after maximal eccentric contractions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 2, p. 207-214, 2007.

HYLDAHL, R. D.; CHEN, T. C.; NOSAKA, K. Mechanisms and mediators of the skeletal muscle repeated bout effect. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 45, n. 1, p. 24-33, 2017.

HYLDAHL, R. D.; HUBAL, M. J. Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. **Muscle & Nerve**, v. 49, n. 2, p. 155-170, 2014.

JAGGER, K.; FRAZIER, A.; ARON, A.; HARPER, B. Scoring performance variations between the Y-Balance test, a modified Y-Balance test, and the modified Star Excursion Balance Test. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 15, n. 1, p. 34-41, 2020

KANG, M. -H. et al. Relationship between the kinematics of the trunk and lower extremity and performance on the Y-balance test. **PM&R**, v. 7, n. 11, p. 1152-1158, 2015.

KHAN, M. A.; MOIZ, J. A.; RAZA, S.; VERMA, S. M. Y. *et al.* Physical and balance performance following exercise induced muscle damage in male soccer players. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 28, n. 10, p. 2942-2949, 2016.

LAVENDER, A. P.; NOSAKA, K. Changes in fluctuation of isometric force following eccentric and concentric exercise of the elbow flexors. **European journal of applied physiology**, v. 96, n. 3, p. 235-240, 2006.

LEGER, L. A.; MERCIER, D.; GADOURY, C.; LAMBERT, J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. **Journal of Sports Sciences**, v. 6, n. 2, p. 93-101, 1988.

LIMA, L. C. R.; BASSAN, N. M.; CARDOZO, A. C.; GONÇALVES, M. *et al.* Isometric pre-conditioning blunts exercise-induced muscle damage but does not attenuate changes in running economy following downhill running. **Human Movement Science**, v. 60, p. 1-9, 2018.

MCHUGH, M. P. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 13, n. 2, p. 88-97, 2003.

MCHUGH, M. P.; CONNOLY, D. A.; ESTON, R. G.; KREMENIC, I. J. *et al.* The role of passive muscle stiffness in symptoms of exercise-induced muscle damage. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 5, p. 594-599, 1999.

MCKEON, P. O.; INGERSOLL, C. D.; KERRIGAN, D. C.; SALIBA, E. T. *et al.* Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, n. 10, p. 1810-1819, 2008.

MEARDON, S.; KLUSENDORF, A.; KERNOZEK, T. Influence of injury on dynamic postural control in runners. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 11, n. 3, p. 366, 2016.

- MOORE, I. S. Is there an economical running technique? A review of modifiable biomechanical factors affecting running economy. **Sports Medicine**, v. 46, n. 6, p. 793-807, 2016.
- MORGAN, D. L. New insights into the behavior of muscle during active lengthening. **Biophysical Journal**, v. 57, n. 2, p. 209-221, 1990.
- MORIN, J. -B. Spring-mass model characteristics during sprint running: correlation with performance and fatigue-induced changes. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 02, p. 158-165, 2006.
- MORIN, J. -B.; SAMOZINO, P.; ZAMEZIATI, K.; BELLI, A. Effects of altered stride frequency and contact time on leg-spring behavior in human running. **Journal of Biomechanics**, v. 40, n. 15, p. 3341-3348, 2007.
- MURASE, S.; TERAZAWA, E.; HIRATE, K.; YAMANAKA, H. *et al.* Upregulated glial cell line-derived neurotrophic factor through cyclooxygenase-2 activation in the muscle is required for mechanical hyperalgesia after exercise in rats. **The Journal of Physiology**, v. 591, n. 12, p. 3035-3048, 2013.
- NEWTON, M. J.; MORGAN, G. T.; SACCO, P.; CHAMPMAN, D. W. *et al.* Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance-trained and untrained men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 597-607, 2008.
- NOSAKA, K.; SAKAMOTO, K. E. I.; NEWTON, M.; SACCO, P. How long does the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last?. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 9, p. 1490-1495, 2001.
- OWENS, D. J.; TWIST, C.; COBEY, J. N.; HOWATSON, G. *et al.* Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions?. **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 1, p. 71-85, 2019.
- PASCHALIS, V.; KOUTEDAKIS, Y.; BALTZOPOULOS, V.; MOUFIOS, V. *et al.* The effect of muscle damage on running economy in healthy males. **International Journal of Sports and Medicine**, v. 2, n. 10, p. 827-831, 2005.
- PAPPAS, P.; PARADISIS, G.; VAGENAS, G. Leg and vertical stiffness (a) symmetry between dominant and non-dominant legs in young male runners. **Human Movement Science**, v. 40, p. 273-283, 2015.
- PAULSEN, G.; CRAMERI, R.; BEBESTD, H. B.; FIELD, J. G. *et al.* Time course of leukocyte accumulation in human muscle after eccentric exercise. **Medicine and Science of Sports and Exercises**, v. 42, n. 1, p. 75-85, 2010.

PLISKY, P. J.; GORMAN, P. P.; BUTLER, R. J.; KIELSEL, K. B. *et al.* The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. **North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT**, v. 4, n. 2, p. 92, 2009.

PLISKY, P. J.; RAUH, M. J.; KAMMINSKI, T. W.; UNDERWOOD, F. B. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 36, n. 12, p. 911-919, 2006.

POWDEN, C. J.; DODDS, T. K.; GABRIEL, E. H. The reliability of the star excursion balance test and lower quarter Y-balance test in healthy adults: a systematic review. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 14, n. 5, p. 683, 2019.

PROSKE, U.; ALLEN, T. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 33, n. 2, p. 98-104, 2005.

ROWLANDS, A. V.; ESTON, R. G.; TILZEY, C. Effect of stride length manipulation on symptoms of exercise-induced muscle damage and the repeated bout effect. **Journal of Sports Sciences**, v. 19, n. 5, p. 333-340, 2001.

RUFFE, N. J.; SORCE, S. R.; ROSENTHAL, M. D.; RAUH, M. J. Lower quarter-and upper quarter Y balance tests as predictors of running-related injuries in high school cross-country runners. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 14, n. 5, p. 695, 2019.

SARIATI, D. *et al.* Change-of-direction performance in elite soccer players: preliminary analysis according to their playing positions. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 22, p. 8360, 2020.

SCHIPF, S.; KNUPELL, S.; HARDT, J.; STANG, A. Directed Acyclic Graphs (DAGs)—Die Anwendung kausaler Graphen in der Epidemiologie. **Das Gesundheitswesen**, v. 73, n. 12, p. 888-892, 2011.

SEITZ, L. B.; HAFF, G. G. Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: A systematic review with meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 46, n. 2, p. 231-240, 2016.

SEKULIC, D. *et al.* Gender-specific influences of balance, speed, and power on agility performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 3, p. 802-811, 2013.

SUCHOMEL, T. J.; NIMPHIUS, S.; BELLON, C. R.; STONE, M. H. The importance of muscular strength: training considerations. **Sports Medicine**, v. 48, n. 4, p. 765-785, 2018.

SUCHOMEL, T. J.; WAGLE, J. P.; DOUGLAS, J.; TABER, C. B. *et al.* Implementing eccentric resistance training—part 1: a brief review of existing methods. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 4, n. 2, p. 38-63, 2019.

TAO, H.; THOMPSON, C.; WEBER, S. Can a Modified Y-Balance Test Predict Running Overuse Injuries over the Course of a Division I Collegiate Cross-Country Season?. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 16, n. 6, p. 1434, 2021.

TILLIN, N. A.; BISHOP, D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. **Sports medicine**, v. 39, n. 2, p. 147-166, 2009.

WILSON, G. J.; MURPHY, A. J.; PRYOR, J. F. Musculotendinous stiffness: its relationship to eccentric, isometric, and concentric performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 76, n. 6, p. 2714-2719, 1994.

## APÊNDICES E ANEXOS

### APÊNDICE 1: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### Termo de consentimento livre e esclarecido

##### Prezado (a) Senhor (a)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa intitulada “**EFEITO PROTETOR E POTENCIALIZADOR DO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO EM CORREDORES RECREACIONAIS**”, a ser desenvolvida pelo pesquisador BRUNO PAES DE ARRUDA MATOSO orientado pelo **PROFESSOR DOUTOR DANIEL ALEXANDRE BOULLOSA**. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar e analisar o efeito de duas sessões de 1 exercício (avanço unilateral) com ênfase excêntrica na capacidade de salto, equilíbrio dinâmico e desempenho de corredores recreativos que não realizam treino de força.

As informações contidas no presente instrumento têm o objetivo de firmar acordo estrito, mediante o qual, o voluntário da pesquisa autoriza sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos e mínimos riscos a que se submeterá, com a capacidade de livre escolha para participar, e sem qualquer coação.

**1. Justificativa:** O treinamento de força com ênfase excêntrica tem demonstrado ter um efeito protetor para melhora da dor muscular e capacidade funcional em sujeitos que não realizam treino de força, o que pode contribuir de forma significativa para auxiliar na criação de estratégias de exercícios e treinamento para prevenção de lesões na corrida.

**2. Procedimentos de Coleta:** A pesquisa terá duração de 4 semanas. **1ª semana:** Será executada uma sessão de familiarização de todos os testes para reconhecimento e aprendizagem dos mesmos pelos participantes, e será feito pelo pesquisador o preenchimento de informações dos participantes da pesquisa, as quais serão: peso corporal, altura, mensuração do comprimento dos membros inferiores e informações sobre melhor marca na prova de 10km. A sessão de familiarização será em grupo de 4 voluntários realizada em ambiente fechado na área de clínica de reabilitação física em Campo Grande –MS, com duração aproximada de 50 minutos. Na sequência, após 2 dias, será aplicado um teste incremental de vai-e-vem de 20 metros para avaliar a capacidade do sistema cardiovascular e respiratório, através da colocação de um monitor cardíaco. Será executado o teste de salto com

contramovimento para avaliar a potência muscular de membros inferiores, teste para avaliar o equilíbrio dinâmico e 2 corridas submáximas na esteira para verificação de variáveis cinemáticas da corrida. A velocidade inicial será de 8km/h nos primeiros 5 minutos e, nos 5 minutos seguintes, com a velocidade média do melhor ritmo realizado em competição de 10 km. Estas avaliações serão feitas antes e depois do teste de vai-e-vem.

**2ª e 3ª semana:** O(A) senhor (a) poderá ser alocado(a) para o grupo controle (só realizará as avaliações da 1ª e 4ª semanas) ou o grupo de intervenção, que realizará duas sessões de exercício protetor, o qual consistirá em um avanço com elevação de quadril até 90° e deslocamento diagonal de 45° a ambos os lados, a cada passo. O volume total consistirá em 3 séries de 10 repetições (passadas). O intervalo entre as séries será de 2 minutos, com recuperação passiva. Será aplicada uma sessão do mesmo exercício com intervalo de 7 dias entre as sessões, com acompanhamento da percepção na dor muscular de 72 horas. Todos os participantes serão orientados a manter, durante a pesquisa, sua programação de corrida com carga baixa, e descanso no dia anterior às avaliações, para não interferir nas mesmas.

**4ª semana:** Serão aplicados novamente todos os testes realizados pelo(a) senhor (a) na primeira semana, conforme descritos acima.

**3. Desconfortos ou riscos esperados:** os voluntários podem sentir um leve desconforto ao realizar o teste de corrida máxima, e durante o treinamento com o exercício com ênfase excêntrica. Durante o teste incremental os voluntários poderão sentir um desconforto cardiorrespiratório devido à intensidade imposta no teste para alcançar esforço máximo. **Para diminuir esses riscos, iremos adotar as seguintes medidas:** Caso você sinta qualquer tipo de desconforto excessivo ou mal-estar, as avaliações serão imediatamente interrompidas, considerando que haverá o monitoramento constante por um pesquisador, até os devidos ajustes serem implementados. **É de nossa responsabilidade a assistência integral caso ocorram danos que estejam diretamente ou indiretamente relacionados à pesquisa.**

---

Rubrica do participante

**4. Informações e Retirada do Consentimento:** O(a) senhor(a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa, e lhe asseguramos que seu nome não aparecerá, sendo mantido o mais rigoroso sigilo por meio da omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a). Poderá também se recusar a responder qualquer questão que lhe traga constrangimento, tendo a liberdade de retirar o consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo sem sofrer qualquer penalidade.

**5. Quantidade de participantes:** 20 .

**6. Critérios de Inclusão e Exclusão:** Os critérios de inclusão serão praticantes de corrida recreacional 2 vezes por semana no mínimo, com uma experiência de corrida superior a um ano, que tenham competido no mínimo em 2 corridas de 10 km, e que não realizaram treinamento de força dos membros inferiores nos últimos 6 meses. Os critérios de exclusão serão corredores que declaram que tiveram lesões de membros inferiores nos últimos 6 meses, que utilizem medicamentos ou substâncias que influenciem nas avaliações, distúrbios de equilíbrio como labirintite e concussão nos últimos 3 meses.

**7. Procedimentos Gerais:** Os participantes serão instruídos e terão todos os esclarecimentos para que fiquem tranquilos e seguros. Serão familiarizados com todos os equipamentos e testes envolvidos para que, durante a pesquisa, estejam seguros e tranquilos em relação a todas as etapas que irão participar. O teste incremental, a corrida submáxima, teste de salto, equilíbrio dinâmico e as sessões de treinamento, serão monitoradas por profissionais de saúde treinados e capacitados para tal finalidade, para garantir a segurança dos participantes durante toda a pesquisa.

**8. Benefícios da Pesquisa:** Proporcionar aos voluntários a oportunidade de uma avaliação composta por testes que avaliem potência de membros inferiores, equilíbrio e biomecânica que indicam a sua condição física atual e como poderão desenvolver capacidades que possam auxiliar na criação de estratégias de exercícios e treinamento para prevenção de lesões na corrida.

---

Rubrica do participante

**9. Aspecto Legal:** Elaborados de acordo com as diretrizes e normas regulamentadas de pesquisa envolvendo seres humanos atendendo à Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério de Saúde – Brasília – DF.

**10. Garantia de Sigilo:** Os pesquisadores asseguram a privacidade dos voluntários quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. Ainda que mínimo, pode acontecer risco de quebra de sigilo, para tal tomaremos medidas de atualização de *softwares* e *drives*, acesso controlado aos dados e armazenamento dos mesmos. As informações coletadas serão mantidas sob total sigilo e anonimato, servindo-se única e exclusivamente para fins científicos. Os dados serão guardados apenas pelo pesquisador responsável do projeto. O pesquisador se responsabiliza pelo uso de informações associadas, resguardando a confidencialidade e o sigilo.

**11. Formas de Ressarcimento das Despesas Decorrentes da Participação na Pesquisa:** Esta pesquisa não lhe trará custos, e o(a) senhor(a) tem a garantia de indenização caso haja eventuais danos decorrentes da pesquisa.

**12. Local da Pesquisa:** Os procedimentos do estudo, desde a abordagem até a coleta de dados serão realizados nas dependências da área de clínica de reabilitação física BYOFISIO em Campo Grande -MS, localizado na Rua Michel Scaff, 93 – Bairro Chácara Cachoeira, no município de Campo Grande-MS, com devido consentimento do responsável técnico da clínica Byofisio.

**13.** Nome Completo e telefone do Pesquisador Principal (orientador) para contato: Prof. Dr. Daniel A. Boullosa, (67) (61) 98250-2545, E-mail: [daniel.boullosa@gmail.com](mailto:daniel.boullosa@gmail.com), no horário: 08:00 às 12:00 e das 14:00 às 18:00 de segunda a sexta feira. Endereço: Av. Costa e Silva, s/n. Cidade Universitária. Unidade 12 - Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento/INISA. CEP 79070-900. Campo Grande – MS.

**14.** Pesquisadores que farão abordagem e coleta de dados:

Mestrando: Bruno Paes de Arruda Matoso. (67) 99269-4672. E-mail: [bruno\\_matoso@hotmail.com](mailto:bruno_matoso@hotmail.com)

---

Rubrica do participante

**15. Em caso de dúvidas e necessite de informações de seus direitos e participação na pesquisa:** o(a) participante pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos-CEP, no campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizado na avenida Costa e Silva, s/n – Prédio “Hercules Maymone” (Pró-Reitorias), 1º andar – sala do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos-CEP, Campo Grande-MS, pelo número de telefone do CEP 3345-7187, ou pelo e-mail: [cepconep.propp@ufms.br](mailto:cepconep.propp@ufms.br).

**16. Consentimento Pós Informação:**

Eu, \_\_\_\_\_, após leitura e compreensão deste termo de informação e consentimento, concordo com a participação nesta pesquisa, confirmo que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a minha participação no trabalho de pesquisa e a divulgação científica dos dados obtidos neste estudo no meio científico.\*Não assine este termo se ainda tiver alguma dúvida a respeito.

**Nome do Participante (por extenso):** \_\_\_\_\_

**Assinatura do Participante:** \_\_\_\_\_ **Data:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_.

**Assinatura do Pesquisador:** \_\_\_\_\_ **Data:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
**Rubrica do participante**

\_\_\_\_\_  
**Rubrica do pesquisador**

Campo Grande (MS), \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

## ANEXO I – DECLARAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DA ESTRUTURA PARA PESQUISA

### Declaração

Campo Grande, 17 de novembro, 2020.

Sob a condição de responsável técnico da Clínica Byofisio (F9 -Fisioterapia especializada) venho, por meio desta, manifestar ciência e anuência para uso das dependências do setor de reabilitação física da Clínica Byofisio, localizado na Rua Michel Scaff, 93, bairro Chácara Cachoeira, no projeto intitulado “EFEITO PROTETOR E POTENCIALIZADOR DO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO EM CORREDORES RECREACIONAIS”, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Daniel Alexandre Boullosa Alvarez, do Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento (PPGCMOV/INISA/UFMS).

Sob essas considerações, coloco-me à disposição para quaisquer esclarecimentos e agradeço a atenção dispensada.



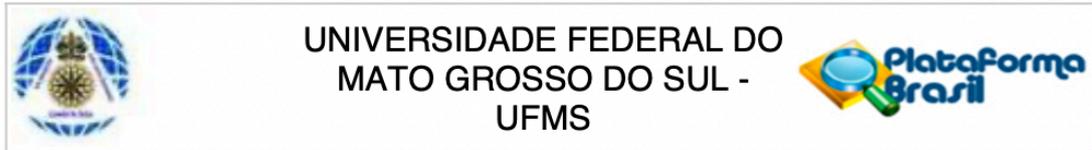
Filipe Abdalla dos Reis, PT. Dr.  
Fisioterapeuta do Esporte  
SOFIATE - 336  
CREFITO-13/67777-F

---

Filipe Abdalla dos Reis (Responsável Técnico)

CREFITO 13- 67.777-F

## ANEXO II – PARECER APROVADO



Continuação do Parecer: 5.120.963

pesquisador deve submeter ao CEP o relatório final da pesquisa. Os relatórios devem ser submetidos através da Plataforma Brasil, utilizando-se da ferramenta de NOTIFICAÇÃO.

Informações sobre os relatórios parciais e final podem acessadas em <https://cep.ufms.br/relatorios-parciais-e-final/>

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

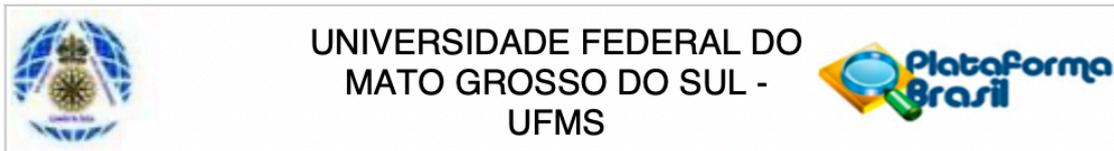
Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1815543_E1.pdf	15/11/2021 17:42:36		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_ESCLARECIDO_CORRIGIDO.pdf	15/11/2021 17:38:28	BRUNO PAES DE ARRUDA MATOSO	Aceito
Outros	ADENDO.pdf	15/11/2021 17:37:35	BRUNO PAES DE ARRUDA MATOSO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_ESCLARECIDO.pdf	25/08/2021 20:06:30	BRUNO PAES DE ARRUDA MATOSO	Aceito
Outros	Diario.pdf	30/11/2020 16:52:06	BRUNO PAES DE ARRUDA MATOSO	Aceito
Outros	Decreto.pdf	30/11/2020 16:47:47	BRUNO PAES DE ARRUDA MATOSO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	30/11/2020 16:46:45	BRUNO PAES DE ARRUDA MATOSO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao.pdf	30/11/2020 16:44:57	BRUNO PAES DE ARRUDA MATOSO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.docx	30/11/2020 16:44:25	BRUNO PAES DE ARRUDA MATOSO	Aceito
Folha de Rosto	Folha.pdf	30/11/2020 11:33:53	BRUNO PAES DE ARRUDA MATOSO	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

**Endereço:** Av. Costa e Silva, s/nº - Pioneiros ç Prédio das Pró-Reitorias çHércules Maymoneç ç 1º andar  
**Bairro:** Pioneiros **CEP:** 70.070-900  
**UF:** MS **Município:** CAMPO GRANDE  
**Telefone:** (67)3345-7187 **Fax:** (67)3345-7187 **E-mail:** cepconep.propp@ufms.br



Continuação do Parecer: 5.120.963

Não

CAMPO GRANDE, 23 de Novembro de 2021

---

**Assinado por:**  
**Fernando César de Carvalho Moraes**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Av. Costa e Silva, s/nº - Pioneiros ; Prédio das Pró-Reitorias ; Hércules Maymone ; 1º andar  
**Bairro:** Pioneiros **CEP:** 70.070-900  
**UF:** MS **Município:** CAMPO GRANDE  
**Telefone:** (67)3345-7187 **Fax:** (67)3345-7187 **E-mail:** cepconep.propp@ufms.br

Nome do arquivo: Dissertação EFEITO PROTETOR E  
POTENCIALIZADOR DO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO EM  
CORREDORES RECREACIONAIS.docx

Diretório:

/Users/brunomatoso/Library/Containers/com.microsoft.W  
ord/Data/Documents

Modelo: /Users/brunomatoso/Library/Group  
Containers/UBF8T346G9.Office/User  
Content.localized/Templates.localized/Normal.dotm

Título:

Assunto:

Autor: Bruno Matoso

Palavras-chave:

Comentários:

Data de criação: 03/10/2022 08:35:00

Número de alterações:2

Última gravação: 03/10/2022 08:35:00

Salvo por: Bruno Matoso

Tempo total de edição: 1 Minuto

Última impressão: 03/10/2022 08:35:00

Como a última impressão

Número de páginas: 63

Número de palavras: 16.571 (aprox.)

Número de caracteres: 89.485 (aprox.)