



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

BRUNO MARQUES FIDELIS

**DANO MUSCULAR E RESPOSTA IMUNO-ENDÓCRINA EM  
PROVAS OFICIAIS DE 20 KM DE MARCHA ATLÉTICA**

BRUNO MARQUES FIDELIS

**DANO MUSCULAR E RESPOSTA IMUNO-ENDÓCRINA EM  
PROVAS OFICIAIS DE 20 km DE MARCHA ATLÉTICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física associado UEL-UEM da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Física. Área de Concentração: Educação Física e Esportes.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Solange de Paula Ramos.

Londrina  
2021

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL.**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Fidelis, Bruno.

DANO MUSCULAR E RESPOSTA IMUNO-ENDÓCRINA EM PROVAS OFICIAIS DE 20 KM DE MARCHA ATLÉTICA. / Bruno Fidelis. - Londrina, 2021.  
46 f. : il.

Orientador: Solange de Paula Ramos.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2021.

Inclui bibliografia.

1. Dano muscular - Tese. 2. Marcha atlética - Tese. 3. Respostas Inflamatórias - Tese. 4. Alterações Imuno-endócrinas. - Tese. I. de Paula Ramos, Solange. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

CDU 796

BRUNO MARQUES FIDELIS

**DANO MUSCULAR E RESPOSTA IMUNO-ENDÓCRINA EM  
PROVAS OFICIAIS DE 20 km DE MARCHA ATLÉTICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física associado UEL-UEM da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Física. Área de Concentração: Educação Física e Esportes.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Solange de Paula  
Ramos  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Bráulio Henrique Magnani Branco  
Centro Universitário UNICESUMAR

---

Prof. Dr. Wendell Arthur Lopes  
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Londrina, 30 de abril de 2021

FIDELIS, Bruno Marques. **Dano muscular e resposta imuno-endócrina em prova oficial de 20 km de marcha atlética.** 2021. 48 p. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

## RESUMO

A marcha atlética de 20 km faz parte do programa olímpico, sendo muito comparada com corridas de *endurance*, no entanto, por mais que as distâncias sejam próximas, a biomecânica do movimento não é igual, podendo ocorrer dano muscular, e respostas imuno-endócrinas diferentes. Desta forma, identificar se acontece dano muscular, e o padrão de respostas imuno-endócrinas em resposta ao esforço de marcha atlética é fundamental para permitir que os treinadores e pesquisadores do esporte recomendem estratégias de treinamento e recuperação adequadamente. O objetivo do presente estudo foi monitorar o dano muscular induzido pelo exercício (desempenho de salto em membros inferiores, CK, AST e DOMS), respostas inflamatórias (IL-6, TNF- $\alpha$  e IL-10) e alterações imuno-endócrinas (testosterona, cortisol e SIgA salivares) em uma prova oficial de marcha atlética e correlacioná-lo com a carga interna e desempenho em prova. Foram avaliados oito atletas top 20 do *ranking* nacional que participaram do Campeonato Paranaense de Atletismo dos anos de 2018 e 2019 na prova de 20 km de Marcha Atlética, de ambos os sexos (n=6 mulheres), com idade média de  $27 \pm 9$  anos. Os atletas foram submetidos a coletas de sangue, saliva, avaliação de DOMS, e testes de salto vertical SJ e CMJ duas horas antes da prova (Pré), imediatamente após (Pós), 24 e 48 horas após. Foi questionado a PSE usando a escala CR-10 de Borg. A distribuição de normalidade foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Dados com distribuição normal foram descritos em média e desvio-padrão e sem distribuição normal em medianas e quartis de 25 a 75%. Diferenças entre os tempos foram avaliadas com o teste ANOVA de medidas repetidas com pós-teste de Bonferroni ou teste de Friedman com pós-teste de Dunn. Correlações entre o tempo total de prova e a altura dos saltos verticais foram estabelecidas com o teste de correlação de Spearman. Diferenças entre os momentos foram consideradas significativas se  $p < 0,05$ . A prova de 20 km de marcha atlética provocou dano muscular leve, com pequeno aumento de CK em 24 horas ( $p < 0,01$ ) e DOMS após 48 horas ( $p < 0,05$ ). A prova induziu aumento significativo de IL-10 ( $p < 0,05$ ), testosterona ( $p < 0,05$ ) e cortisol ( $p < 0,01$ ) em Pós. Não foram detectadas alterações na altura de saltos verticais e imunidade mucosa em nenhum tempo. A altura de SJ ( $r = -0,87$ ,  $p = 0,007$ ) e CMJ ( $r = -0,85$ ,  $p = 0,01$ ) Pré apresentou correlação negativa e forte com o tempo de prova. Não foi observada correlação significativa de nenhuma variável com a carga interna de prova. Concluímos que a prova de 20 km de marcha atlética provocou leve dano muscular, não havendo perda de potência de membros inferiores e alterações nos marcadores anti e pró-inflamatórios. A respeito da alta intensidade de carga reportada ao final da prova, a modulação endócrina sugere que os atletas apresentam pouco prejuízo no balanço de estresse e recuperação após a prova. A supressão da imunidade das mucosas não parece ser afetada pela alta carga interna de prova.

**Palavras-Chave:** Marcha atlética. Dano muscular. Respostas Inflamatórias. Alterações Imuno-endócrinas.

FIDELIS, Bruno Marques. **Dano muscular e resposta imuno-endócrina em prova oficial de 20 km de marcha atlética.** 2021. 48 p. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

## ABSTRACT

The 20 km athletic gait is part of the Olympic program, being very compared to endurance races, however, although the distances are close, the biomechanics of the movement are not the same, which may have muscle damage, and different immuno-endocrine responses. Thus, identifying whether muscle damage occurs, and the pattern of immuno-endocrine responses in response to athletic gait effort, is critical to allow sport coaches and researchers to properly recommend training and recovery strategies. The aim of the present study was to monitor muscle damage induced by exercise (jumping performance in lower limbs, CK, glutamic-oxalacetic transaminase, late onset pain), inflammatory responses (IL-6, TNF- $\alpha$  and Interleukin-10) and immuno-endocrine alterations (testosterone, cortisol and salivary eSlgA) in an official athletic gait test and correlate it with the internal load and performance in the test. Eight top 20 athletes from the national ranking who participated in the Paranaense Athletics Championship of the years 2018 and 2019 were evaluated in the 20 km race of Marcha Atlética, of both sexes (n = 6 women), with an average age of  $27 \pm 9$  years. The athletes were submitted to blood, saliva, DOMS evaluation, and vertical jump tests SJ and CMJ two hours before the race (Pre), immediately after (Post), 24 and 48 hours after. PSE was questioned using the Borg CR-10 scale. The normality distribution was assessed by the Shapiro-Wilk test. Data with normal distribution were described as mean and standard deviation and without normal distribution in medians and quartiles of 25 to 75%. Differences between times were assessed using the ANOVA test of repeated measures with Bonferroni's post-test or Friedman's test with Dunn's post-test. Correlations between the total time of the test and the height of the vertical jumps were established with the Spearman correlation test. Differences between the moments were considered significant if  $p < 0.05$ . The 20 km run of athletic gait caused mild muscle damage, with a small increase in CK in 24 hours ( $p < 0.01$ ) and DOMS after 48 hours ( $p < 0.05$ ). The test induced a significant increase in IL-10 ( $p < 0.05$ ), testosterone ( $p < 0.05$ ) and cortisol ( $p < 0.01$ ) in Powders. There were no changes in the height of vertical jumps and mucous immunity at any time. The height of SJ ( $r = -0.87$ ,  $p = 0.007$ ) and CMJ ( $r = -0.85$ ,  $p = 0.01$ ) Pre showed a negative and strong correlation with the test time. There was no significant correlation of any variable with the internal test load. We concluded that the 20km race of athletic gait caused slight muscle damage, with no loss of power in the lower limbs and changes in anti and pro-inflammatory markers. Regarding the high load intensity reported at the end of the race, the endocrine modulation suggests that athletes present little damage in the balance of stress and recovery after the race. Suppression of mucosal immunity does not appear to be affected by the high internal burden of evidence.

**Keyword:** Athletic march. Muscle damage. Inflammatory responses. Immuno-endocrine changes.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Desenho do estudo. CMJ: salto com contramovimento; SJ: salto com agachamento; DM: dor muscular .....24
- Figura 2** – Concentração plasmática individual de CK (a), AST (b), DOMS (c), SJ (d) e CMJ (E) nos atletas de 20km de marcha atletica, 2 horas antes da prova (Pré), imediatamente após a prova (Pós) 24 horas após a prova e 48 após a prova \*  $P < 0,05$ , 24h X Pré: teste de friedman com pós-teste de Dunn.....29
- Figura 3** – Concentração plasmática individual de TNF alfa (a) e IL-6 (b) e IL-10 (c) nos atletas de 20km de marcha atlética, Pré, Pós, 24 horas após e 48 horas após a prova. \*  $p < 0,05$ , Pós X Pré, teste de Dunn.....31
- Figura 4** – Valores individuais de fluxo salivar (a), Concentração salivar de IgA (b) e Taxa de secreção de SIgA em saliva por minuto (c). \*  $p < 0,05$ , Pré X Pós, teste de Bonferroni .....32
- Figura 5** – Concentração salivar individual de Testosterona (a), Cortisol (b) e razão entre Testosterona e Cortisol (c). \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,005$ , em relação aos momentos Pré, 24 e 48 horas, teste de Dunn.....33
- Figura 6** – Coeficiente de posto de Spearman entre o tempo total de prova e a altura de salto vertical com agachamento (SJ) e com contramovimento (CMJ), duas horas antes da prova de 20 Km de marcha atlética .....33

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Tempo de prova, percepção subjetiva de esforço (PSE), recorde da temporada (SB), ranking nacional e carga interna (CI) .....28
- Tabela 2** – Mediana (intervalo interquartil) e  $\Delta$  em relação a Pré de CK e AST em u/l, DOMs em u.a, e média do SJ e CMJ em cm.....29
- Tabela 3** – Mediana (intervalo interquartil) e  $\Delta$  em relação a Pré nos tempos Pré, Pós, 24h e 48h de IL-6, IL-10, TNF-  $\alpha$  em pg/ml.....30
- Tabela 4** – Valores médios e medianas (intervalo interquartil) e  $\Delta$  em relação a Pré de fluxo salivar em ml/min, concentração de SIgA, taxa de secreção e cortisol em  $\mu\text{g/mL}$ , testosterona em pg/ml e relação testosterona: cortisol em u.a.....32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AST	Aspartatoaminotransferase
CBAT	Confederação brasileira de atletismo
CI	Carga interna
CK	Creatina quinase
CMJ	Salto vertical com contra movimento
DOMS	Dor de acometimento tardio
ELISA	<i>Enzyme-linkedimmnosorbentassay</i>
IAAF	<i>International Association of Athletics Federations</i>
IgA	Imunoglobulina A
IL-6	Interleucina- 6
IL- 10	Interleucina - 10
PSE	Percepção subjetiva de esforço
SB	Recorde da temporada
SlgA	Imunoglobulina A secretora salivar
SJ	Salto vertical com agachamento
TNF $\alpha$	Fator de necrose tumoral alfa
URTIs	<i>Upper respiratory tract infections</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
4.1	DELINEAMENTO DO ESTUDO .....	24
4.1.1	Participantes .....	25
4.1.2	Percepção Subjetiva do Esforço .....	25
4.1.3	Análise Bioquímica, Imunológica e Endócrina .....	26
4.1.4	Dor de Acometimento Tardio-DOMS.....	26
4.1.5	Teste de Salto Vertical .....	26
4.2	ANÁLISE ESTÁTISTICA .....	27
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>40</b>
<b>ANEXOS</b>	.....	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A marcha atlética é uma prova do atletismo, disputada nos jogos olímpicos, com distâncias de 20 e 50 quilômetros (TUCKER e HANLEY, 2020), sendo controlada por duas regras biomecânica específicas, a flutuação e o bloqueio (PAVEI et.al., 2018, IAAF, 2015). Os árbitros desqualificam os competidores que exibem uma perda visível de contato com o solo ou um joelho flexionado, desde o primeiro contato até a posição vertical ereta (EZEIZA et al., 2018, VERNENILLO et al., 2012). Ela também pode ser descrita como a expressão técnica e atlética da caminhada rápida, aderindo às regras determinadas pela *International Association of Athletics Federations* (IAAF) (VERNILLO et al., 2012). O fator mais relevante na marcha atlética é a velocidade que o atleta percorre a prova, sendo o produto do comprimento e da cadência do passo (HANLEY et al., 2011). O ritmo dos atletas nessa prova, normalmente, tem uma largada mais lenta seguida por um aumento progressivo na velocidade conforme o decorrer da prova. Os atletas mais experientes tendem a manter um ritmo com maior constância por cometerem menos erros técnicos e, conseqüentemente, um número menor de advertências (EZEIZA et al., 2018).

Para Hanley e Drake (2016) o fato do atleta percorrer longas distâncias com um movimento biomecânico muito específico, gera grande quantidade de carga mecânica e tensão às pernas e, associada a contração muscular repetitiva, pode induzir dano muscular, edema e dor muscular de acometimento tardio (DOMS) (SADEGHI et al., 2018). A sobrecarga mecânica e o estiramento do músculo esquelético durante as ações musculares excêntricas provocam lesões estruturais nas fibras musculares (BRANCACCIO et al., 2007), o que resulta num processo inflamatório (SHAW, et al., 2018), requerendo uma recuperação por 48 a 72 horas, antes de receber novos ou mais estímulos intensos semelhantes (BAUMERT et al. 2016).

O dano das fibras musculares ocasiona mudanças nas propriedades mecânicas, perda de integridade da fibra muscular, extravasamento de proteínas musculares no sangue (por exemplo, a creatina quinase - CK), além de reações

inflamatórias e DOMS (KOCH *et al.*, 2014). Exercícios vigorosos podem resultar no aumento na CK circulante, quando o sarcolema e os discos Z são danificados, aumentando a permeabilidade da membrana e permitindo que a CK seja extravasada ao fluido intersticial e circulação, pelo sistema linfático (BRANCACCIO *et al.*, 2008). Normalmente, a atividade sérica da CK aumenta algumas horas após uma corrida de *endurance*, de 60 a 400 U.L. (SCHLATTNER *et al.*, 2006). Há um aumento de 100%, 8 horas após corridas de *endurance*, atingindo valores que variam de 300 a 6000 U.L., com pico entre 24 e 96 horas após o exercício (KOCH *et al.*, 2014).

A duração do exercício e sua intensidade também estão relacionadas a magnitude dos aumentos nos níveis das Interleucina-6 (IL-6) e Interleucina - 10 (IL-10) (HANDZLIK *et al.*, 2013; PEDERSEN e FISCHER, 2007). Segundo HOJMAN *et al.* (2019) a duração do exercício é o fator mais importante para determinar os níveis circulantes de IL-6, mas a intensidade do treinamento também desempenha um papel importante, especialmente, se o exercício realizado levar à depleção do glicogênio intramuscular. A IL-6 pode ser considerada um sensor de energia muscular, secretada devido ao baixo nível de energia nos músculos durante o exercício, levando à mobilização de substrato energético sistêmico do tecido adiposo e fígado, enquanto sua liberação se correlaciona com a produção de lactato nos músculos em atividade (MINETTO *et al.*, 2006). Já a IL-10 é uma citocina antiinflamatória (SARAIVA e O'GARRA, 2010) e sua principal função é limitar a resposta inflamatória. Estudos demonstraram elevações na produção de IL-10 em indivíduos que praticaram exercícios físicos de *endurance* com intensidade moderada a alta (GLEESON *et al.*, 2012; HANDZLIK *et al.*, 2013). O exercício físico também influencia os níveis do fator de necrose tumoral (TNF- $\alpha$ ) que está correlacionado a respostas inflamatórias e lesões teciduais observadas em provas de longa distância e maratonas (BENECKER *et al.*, 2013; CLIFFORD *et al.*, 2017; REIHMANE *et al.*, 2013).

A alta intensidade e volume dos exercícios físicos também podem suprimir temporariamente a função imunológica e aumentar o risco de infecção oportunista por vírus, bactérias e reativação viral (LI *et al.*, 2015, SHAW *et al.*,

2018). Os sintomas de infecção do trato respiratório superior (URTIs), por exemplo, tosse, dor de garganta, coriza são os mais comumente relatadas por atletas (SHAW, *et al.*, 2018). A primeira linha de defesa contra essas infecções é a Imunoglobulina A secretora (SIgA), que desempenha um papel importante na imunidade da mucosa contra infecções microbianas (NEVILLE *et al.*, 2008). A SIgA reduz a adesão de microrganismos na superfície da mucosa e, portanto, desempenha um papel importante na imunidade mucosa (LI *et al.*, 2015, PYNE *et al.*, 2006). A diminuição dos níveis desse marcador imunológico pode levar à chamada “janela imunológica”, um período no qual os atletas ficam mais suscetíveis a URTIs (KAKANIS *et al.*, 2010). A SIgA é produzida por células B e secretada em fluidos corporais, como saliva, lágrimas, secreções nasofaríngeas, brônquicas, intestinais e urogenitais (TROCHIMIÁK e WOZNIÁK 2012; KLENTROU *et al.*, 2002; MACPHERSON *et al.*, 2008). O exercício físico de *endurance* provoca uma diminuição do fluxo da saliva e também dos níveis de SIgA e um aumento da suscetibilidade a URTIs (NIEMA *et al.*, 2003; LI *et al.*, 2015, TROCHIMIÁK e WOZNIÁK, 2012). Em uma maratona foi constatado que um a cada 5 corredores desenvolvem quadro de URTIs (NIEMA *et al.*, 2003). Estudos relataram que esportes de alta intensidade uma concentração de SIgA inferior a 40 mg/L ou taxa de secreção absoluta inferior a 40 µg/min. podem aumentar o risco de URTIs em atletas (FAHLMAN e ENGELS, 2005; NEVILLE *et al.*, 2008).

Exercícios de *endurance* também provocam modulação dos hormônios testosterona e cortisol (ANDERSON *et al.*, 2016; BAE *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2015). Do ponto de vista da síntese e degradação protéica muscular, a testosterona e o cortisol têm sido estudados como potenciais biomarcadores para o estado catabólico e anabólico celular (VERVOORN *et al.* 1991). O estresse agudo do exercício intenso e de *endurance* representa um forte estímulo para a resposta do cortisol. Após o exercício físico exaustivo, uma relação negativa entre cortisol e testosterona sugere que os níveis elevados de cortisol podem estar agindo como supressores da testosterona (ANDERSON *et al.*, 2016). Uma relação entre testosterona e cortisol é considerada um reflexo do equilíbrio anabólico e catabólico, e depende da intensidade, frequência e duração do exercício, bem

como do estado de hidratação dos atletas (LI *et al.*, 2015, MEEUSEN *et al.* 2013). Após Corridas de *endurance* o cortisol e a testosterona requerem um tempo para que os valores voltem aos níveis basais que variam de 48 a 72 horas pós exercício (ANDERSON *et al.*, 2016; HACKNEY *et al.*, 2012).

Portanto, identificar se ocorre dano muscular, e o padrão de respostas imuno-endócrinas em resposta ao esforço de marcha atlética é fundamental para permitir que os treinadores e pesquisadores do esporte, recomendem estratégias de treinamento e recuperação adequadamente (ROBIN e SUNDERLAND, 2012).

## **2 OBJETIVO**

Monitorar o dano muscular induzido por exercício, respostas inflamatórias e alterações imuno-endócrinas em provas oficiais de 20 km de marcha atlética e secundariamente, correlacioná-los com a carga interna e desempenho em prova.

### 3 JUSTIFICATIVA

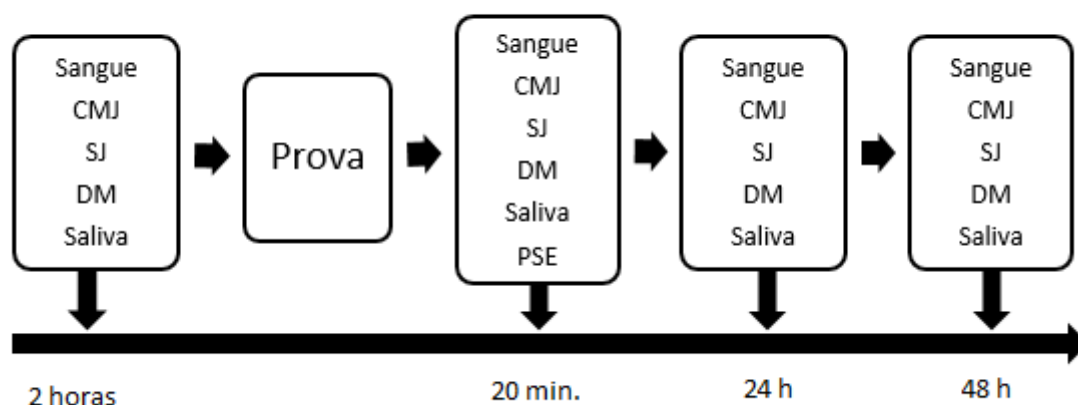
A Marcha atlética é muito comparada com provas de corrida de *endurance*, utilizando métodos de recuperação e de treinamento parecidos. Por mais que as distâncias da marcha atlética sejam próximas com a da meia maratona, os aspectos biomecânicos são diferentes, e acredita-se que essas diferenças entre técnicas podem gerar respostas distintas perante o dano muscular, e respostas imuno-endócrinas, assim, acreditamos que essa pesquisa seja fundamental para permitir que, treinadores recomendem estratégias de treinamento e recuperação adequadamente.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 DELINEAMENTO DE ESTUDO

Estudo observacional transversal realizado em competições oficiais de 20km de marcha atlética organizadas pela Confederação Brasileira de Atletismo, realizadas nos Campeonatos Paranaenses de Atletismo adulto que aconteceram no mês de agosto de 2018 e julho de 2019.

Duas horas antes (Pré), imediatamente após (Pós), 24 e 48 horas pós-prova, coletou amostras de sangue e saliva, avaliamos a dor muscular em membros inferiores (DOMS), e realizamos testes de salto verticais com contra movimento (CMJ) e agachamento (SJ) para avaliação da potência de membros inferiores (figura 1). Vinte minutos após a prova, questionamos a percepção subjetiva de esforço (PSE) usando a escala CR-10 de Borg (Foster et al., 2001). Os atletas fizeram a familiarização com os testes de saltos verticais, e relataram já ter conhecimento e intimidade com a PSE, sendo utilizada em rotinas de treinamento. O tempo oficial de prova registrado na CBAT utilizando como medida de desempenho.



Durante o período de coletas determinamos que os atletas não utilizassem nenhum tipo de medicamento ou recurso ergogênico que ajudasse na recuperação, pois essas variáveis poderiam mudar os resultados e a análise do estudo.

#### 4.1.1 *Participantes*

Avaliamos oito atletas de alto rendimento na prova de 20km de Marcha Atlética, de ambos os sexos (n=6 mulheres), com idade média de  $27 \pm 9$  anos, peso  $57 \pm 08$  kg, altura  $170 \pm 0,08$  cm. Os atletas participaram da pesquisa de forma voluntária, sendo convidados por contato telefônico antes da prova. Assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido antes dos procedimentos. Os procedimentos de estudo foram submetidos previamente à aprovação do Comitê de Ética Envolvendo Seres Humanos.

Todos os resultados do monitoramento dos índices de carga interna e sua correlação com desempenho em prova e dano muscular e testes laboratoriais, foram transferidos às equipes técnicas, após a realização das provas.

Participaram atletas específicos da prova de 20 km de marcha atlética, classificados entre os 20 primeiros do ranking nacional da categoria adulto e que participavam de competições oficiais da Confederação Brasileira de Atletismo (CBAT). Não participaram da análise, atletas que apresentaram sinais e sintomas de lesões músculo-articulares, que comprometiam a realização de testes físicos e o desempenho, bem como a presença de infecções das vias aéreas superiores no dia de realização da prova. Também não participaram os atletas que utilizaram medicações antiinflamatórias e recursos ergo gênicos nutricionais, ou algum recurso de recuperação após a prova.

#### 4.1.2 *Percepção Subjetiva do Esforço*

Vinte minutos após o término da prova, a percepção subjetiva de esforço foi determinada por meio da escala de Borg-CR10 (Foster et al., 2001). O tempo total oficial de prova (minutos) utilizou para o cálculo da intensidade de carga interna, e, realizado a familiarização 24 horas antes da prova, no entanto, por serem atletas de alto rendimento, todos relataram já terem familiaridade com a escala.

#### 4.1.3 *Análise Bioquímica, Imunológica e Endócrina*

Coletamos amostras de sangue em tubos à vácuo contendo EDTA (Vacutainer®, BD Biosciences, FranklinLakes, EUA), centrifugados a 4000g, durante 5 minutos e o plasma foi aliqotado e armazenado à temperatura de -20 °C, para posterior análise.

A concentração de CK e de transaminase glutâmico-oxalacética (AST) circulante foi determinada por método bioquímico em equipamento de análise automatizado (Dimension XL, Siemens, Munique, Alemanha) com kit comercial (Siemens, Munique, Alemanha), conforme as recomendações do fabricante.

Os níveis de mediadores inflamatórios Fator de Necrose Tumoral – alfa (TNF $\alpha$ ), Interleucina-6 (IL-6), IL-10 avaliamos por meio de ensaio imunoenzimático (ELISA) utilizando kits comerciais (Invitrogen, Thermo Fisher Scientific, Carlsbad, CA, EUA), conforme as recomendações do fabricante.

Coletamos amostras de saliva não-estimuladas por dois minutos, centrifugadas a 4000g durante cinco minutos, e armazenadas a -20°C. As amostras foram diluídas 1:1000 em solução PBS (pH 7,2) e a concentração de IgA secretora salivar (SIgA) verificou-se com kit de ELISA comercial (Bethyl Laboratories, Montgomery, EUA), conforme as recomendações do fabricante. A taxa de secreção de SIgA determinou a avaliação, pelo fluxo de saliva secretada por minuto, multiplicado pela concentração de IgA ( $\mu\text{g}/\text{min}$ ).

A concentração salivar de cortisol (cat. 3002; Salimetrics, Statecollege, PA, EUA) e testosterona (cat. 2402; Salimetrics, Statecollege, PA, EUA) verificou-se com kits comerciais, conforme as recomendações do fabricante.

#### 4.1.4 *Dor de Acometimento Tardio - DOMS*

Avaliamos a dor muscular utilizando a escala de 10 pontos (COOK, et al., 1998). Orientamos os atletas a agachar-se com os joelhos flexionados em 90°, durante cinco segundos, com as mãos na cintura, e reportar a intensidade de dor na escala analógica de dor, em relação aos músculos dos

membros inferiores.

#### 4.1.5 Saltos verticais

Realizamos os testes de saltos com agachamento (SJ) e o contra movimento (CMJ) em tapete de contato (Cefise, Nova Odessa, SP, Brasil), para avaliação da força explosiva e força reativa (BOSCO, LUHTANEN, & KOMI, 1983; KOMI & BOSCO, 1978). Sendo realizadas três tentativas, com um minuto de intervalo entre cada salto, e apenas a melhor tentativa foi considerada como a variável de desempenho. Calculamos os saltos em *software* (*Jump*, Cefise, Nova Odessa, SP, Brasil). Os testes aconteceram duas horas antes da prova, imediatamente após, em vinte e quatro e quarenta e oito horas.

## 4.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A distribuição de normalidade dos dados avaliou-se pelo teste de Shapiro-Wilk. Descrevemos os dados com distribuição normal em média e desvio-padrão, enquanto que, sem distribuição normal foram descritos em medianas e quartis de 25 a 75% de distribuição de valores. As diferenças ao longo tempo foram determinadas com teste de ANOVA de medidas repetidas, com teste post hoc de Bonferroni para medidas paramétricas. Os dados não paramétricos foram avaliados por teste de Friedman com teste post hoc de Dunn. Diferenças entre os momentos foram consideradas significativas se  $p < 0,05$ . A correlação do tempo de prova, e da PSE, com os saltos verticais foi determinada com o Coeficiente de correlação de Pearson (dados paramétricos) ou de Postos de Spearman (não paramétrico).

## 5 RESULTADOS

A percepção subjetiva do esforço da competição foi  $8 \pm 1,5$  u.a, sendo o tempo médio de prova de  $117,5 \pm 14$  minutos e a carga interna estimada média de  $948,3 \pm 268,0$  unidades arbitrárias (u.a.).

**Tabela 1.** Tempo de prova, Percepção subjetiva de esforço (PSE), recorde da temporada (SB), ranking nacional e carga interna (CI)

Atleta	SEXO	TEMPO em minutos	PSE	Carga Interna	SB em minutos	Ranking nacional
1	F	102	10	1020	99	1
2	F	117	7	819	115	4
3	F	116	7	812	116	5
4	F	122	8	976	118	6
5	F	130	6	780	122	9
6	F	132	10	1320	132	16
8	M	107	9	963	101	11
7	M	103	7	721	94	7

O nível mediano de CK Pré e Pós a prova teve um pequeno aumento, mas não significativo ( $p > 0,05$ , teste de Dunn) (Tabela 3). Após 24, foram observados níveis elevados de CK em relação aos valores Pré ( $p < 0,05$ , teste de Dunn). Após 48 h, os níveis de CK não apresentaram diferença significativa em relação aos demais tempos ( $p > 0,05$ , teste de Dunn). Os valores medianos de AST em Pré, Pós, 24 h e 48 h após não foram significativamente diferentes ( $p > 0,05$ , teste de Friedman) (Tabela 3).

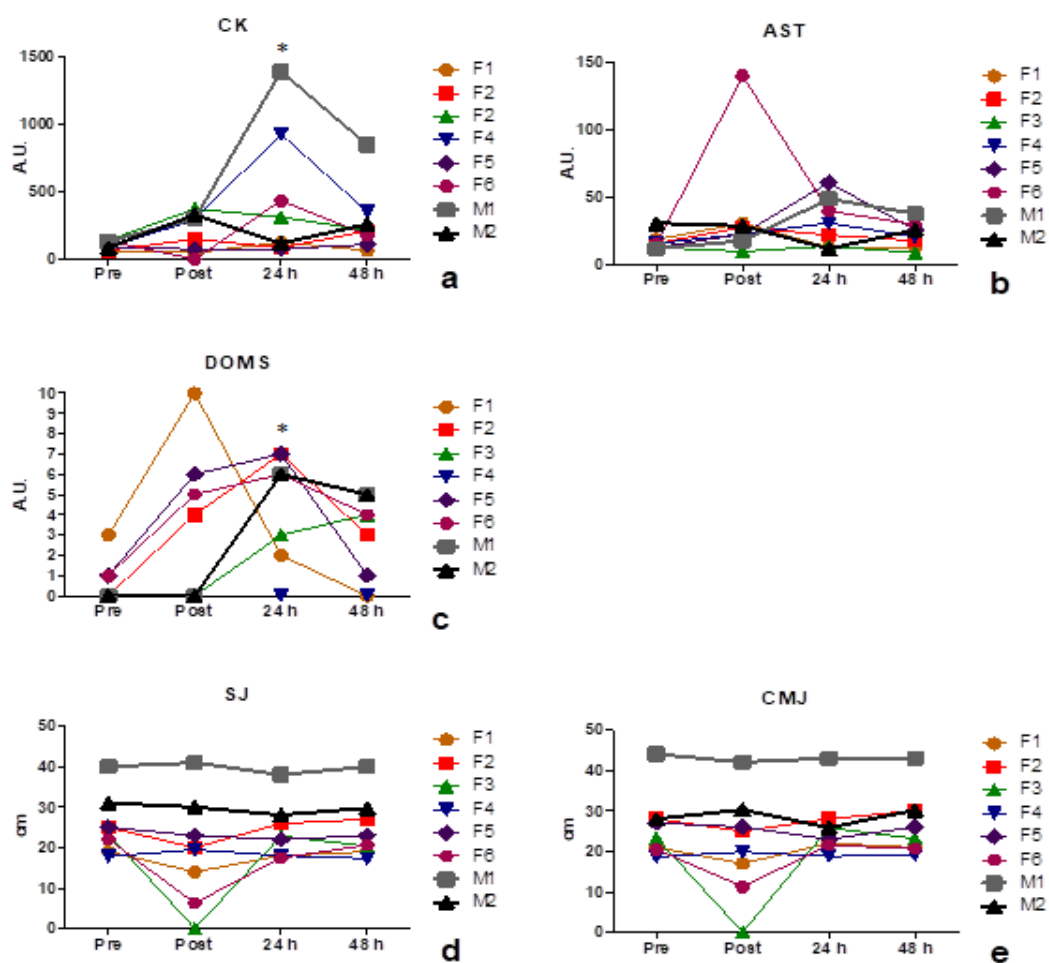
Os valores medianos de DOMS (Tabela 2) foram maiores em 24h em relação ao momento Pré ( $p < 0,01$ , teste de Dunn). Os valores individuais dos testes de SJ e CMJ estão demonstrados na figura 2. Os valores médios do SJ no momento pré, pós, 24 h e 48 h (Tabela 3) não foram significativamente diferentes ( $p > 0,05$ , ANOVA de medidas repetidas). Os valores médios do CMJ pré, pós, 24 h e 48 h (Tabela 2) também não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ , teste ANOVA de medidas repetidas).

**Tabela 2.** Mediana (25 e 75º percentis) e  $\Delta$  em relação a pré de CK e AST em u/l, DOMS em u.a, e média do SJ e CMJ em cm.

	Pré	Pós	24h		48h		
	Mediana	Mediana	$\Delta$	Mediana	$\Delta$	Mediana	$\Delta$
<b>CK</b>	87 (69 a 132)	289 (92 a 321)	232% (33 a 143)	219 (94 a 802)	151% (36 a 507)	209 (126 a 327)	14% (82 a 147)
<b>AST</b>	15,5 (13 a 18)	25,5 (19 a 30)	64% (46 a 66)	18 (12 a 44)	16% (-8 a 144)	23,5 (14 a 29)	51% (8 a 61)
<b>DOMS</b>	1 (0 a 3)	3 (0,0 a 5,7)	200% (0 a 90)	5,5 (1,5 a 6,7)	450% (150 a 123)	2 (0 a 5)	100% (0 a 66)
<b>SJ</b>	*25,4 $\pm$ 7,1	*19,2 $\pm$ 12,9	-32% $\pm$ 81	*28,8 $\pm$ 6,9	13% $\pm$ -2	*24,6 $\pm$ 7,4	-3% $\pm$ 4
<b>CMJ</b>	*26,3 $\pm$ 7,9	*21,5 $\pm$ 12,4	-22% $\pm$ 56	*26 $\pm$ 7,4	-1% $\pm$ -6	*26,6 $\pm$ 7,8	1% $\pm$ -1

\*Média dos valores.

Os valores individuais dos marcadores indiretos de dano muscular individuais dos atletas são demonstrados na figura 2.



**Figura 2.** Concentração plasmática individual de CK (a), AST (b), DOMS (c), SJ (d) e CMJ (e) nos atletas de 20 km marcha atlética, 2 horas antes da prova (Pré), imediatamente após a prova (Pós), 24 horas após a prova e 48 horas após a prova. \*  $P < 0.05$ , 24 h X Pré: teste de Friedman

com pós-teste de Dunn.

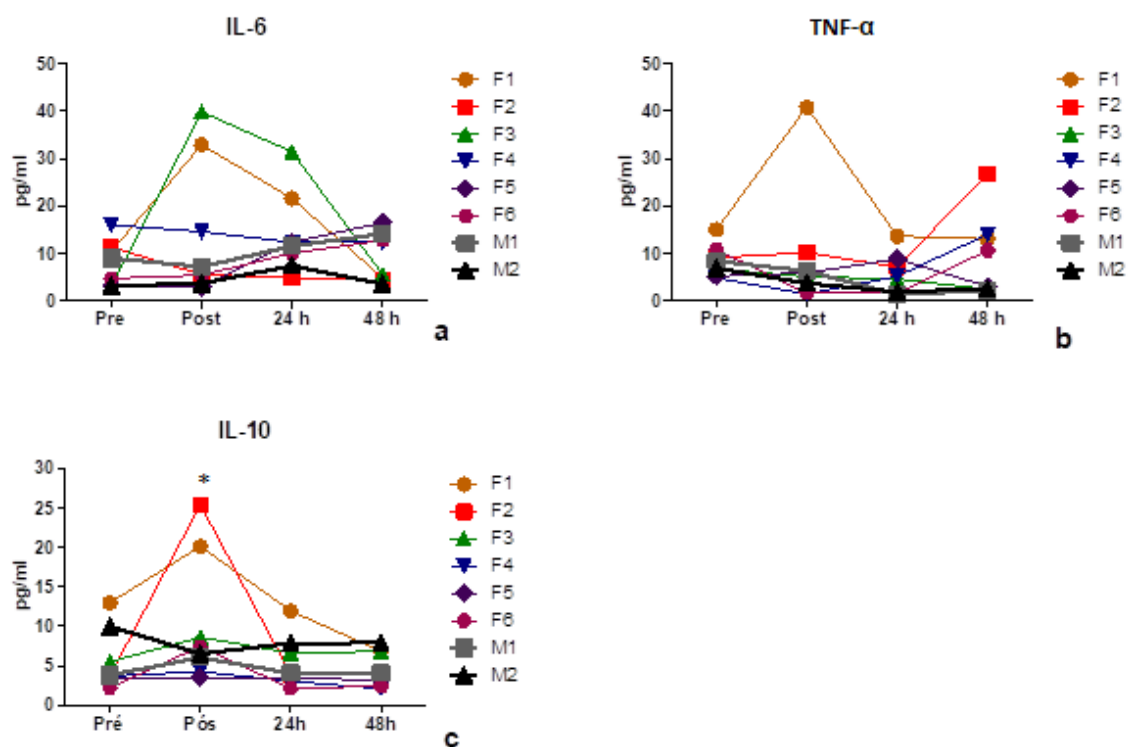
Os valores médios de IL-6 (Tabela 4) nos momentos Pré, Pós, 24 h e 48 h não foram significativamente diferentes ( $p > 0,05$ , teste ANOVA de medidas repetidas). Não foram identificadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ , teste de Dunn) nas concentrações medianas de TNF- $\alpha$  (Tabela 4) no momento Pré, Pós, 24 h e 48 h (Tabela 4). A concentração mediana de IL-10 Pós foi significativamente maior em relação a Pré ( $P < 0,03$ , teste de Dunn), mas não diferente de 24h e 48h. Os valores individuais das citocinas estão demonstrados na figura 3.

**Tabela 3.** Mediana (intervalo interquartil) e  $\Delta$  em relação a pré, nos tempos Pós, 24, 48h de IL-10, TNF- $\alpha$  e média do IL-6 em pg/ml.

	PRÉ		PÓS		24H		48H	
	Média	Média	$\Delta$	Média	$\Delta$	Média	$\Delta$	
<b>IL-6</b>	7,6 $\pm$ 4,7	14,3 $\pm$ 14,0	0,88 $\pm$ 19,7	13,9 $\pm$ 8,5	0,82 $\pm$ 80	9,2 $\pm$ 5,1	0,21 $\pm$ 8	
<b>IL-10</b>	*3,7 (3,6 a 8,8)	*7 (4,7 a 17,2)	0,89 (30 a 95)	*4 (3,1 a 7,5)	0,08 (-16 a 17)	*4,1 (2,6 a 7,8)	0,1 (-38 a -12)	
<b>TNF- <math>\alpha</math></b>	*7,6 (5,5 a 10,3)	*5,5 (2,1 a 9,2)	-0,38 (-161 a -11)	*4,9 (1,6 a 8,3)	-0,55 (-243 a -24)	*6,8 (2,4 a 13,7)	-0,11 (-129 a 33)	

\*Mediana dos valores.

Os valores individuais das citocinas estão demonstrados na figura 3.



**Figura 3.** Concentração plasmática individual de IL-6 (a), TNF- $\alpha$  (b) e IL-10 (c) nos atletas de 20km marcha atlética, 2 horas antes da prova, imediatamente após a prova, 24 horas após a prova e 48 horas após a prova. \*  $p < 0,05$ , Pós X Pré, teste de Dunn.

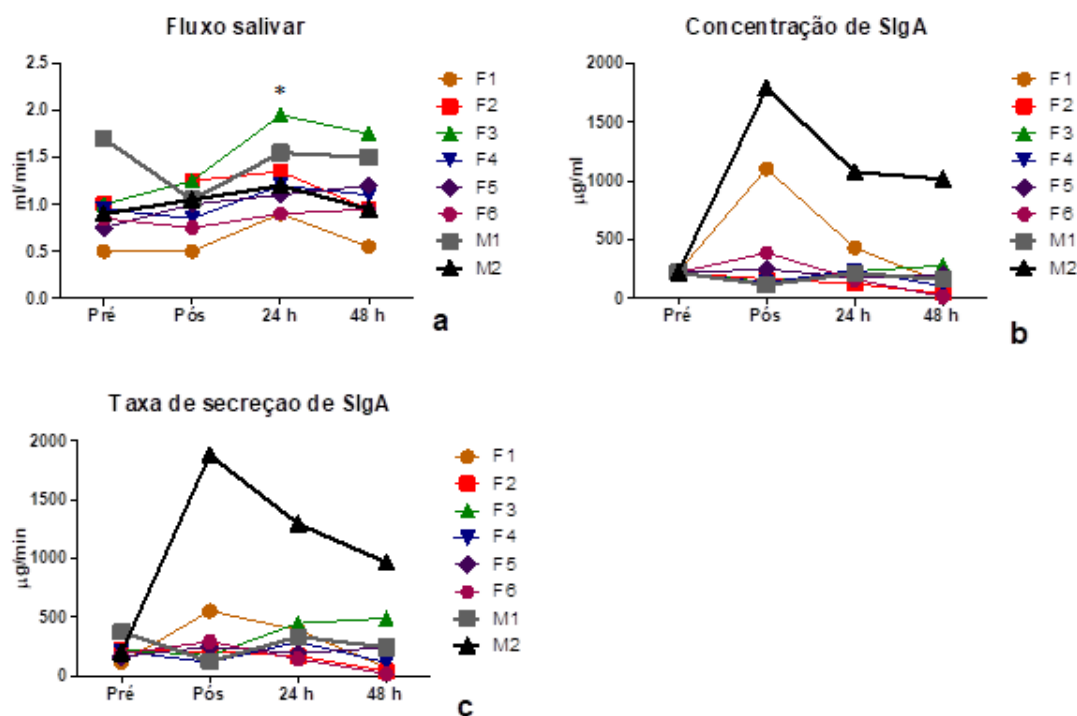
O valor médio de fluxo salivar foi maior ( $p < 0,05$ ) em 24 h, em relação a Pré e Pós, mas sem diferença em relação a 48 h. A concentração mediana de SIgA salivar não apresentou diferenças nos momentos Pré, Pós, 24 h e 48 h. A mediana da taxa de secreção de SIgA não apresentou diferenças significativas nos momentos pré, pós, 24 h e 48 h. Os valores individuais de fluxo salivar, concentração e taxa de secreção de IgA estão demonstrados no gráfico 6.

Os níveis medianos de testosterona foram maiores ( $p < 0,01$ ) no momento pós em relação a pré, 24 h e 48 h. Os valores medianos de cortisol também foram maiores ( $P < 0,005$ ) em pós, em relação a pré, 24 h e 48 h. A média da razão entre testosterona e cortisol não apresentou diferenças significativas nos momentos pré, pós, 24 h e 48 h. Os valores individuais das variações hormonais estão apresentados na figura 7.

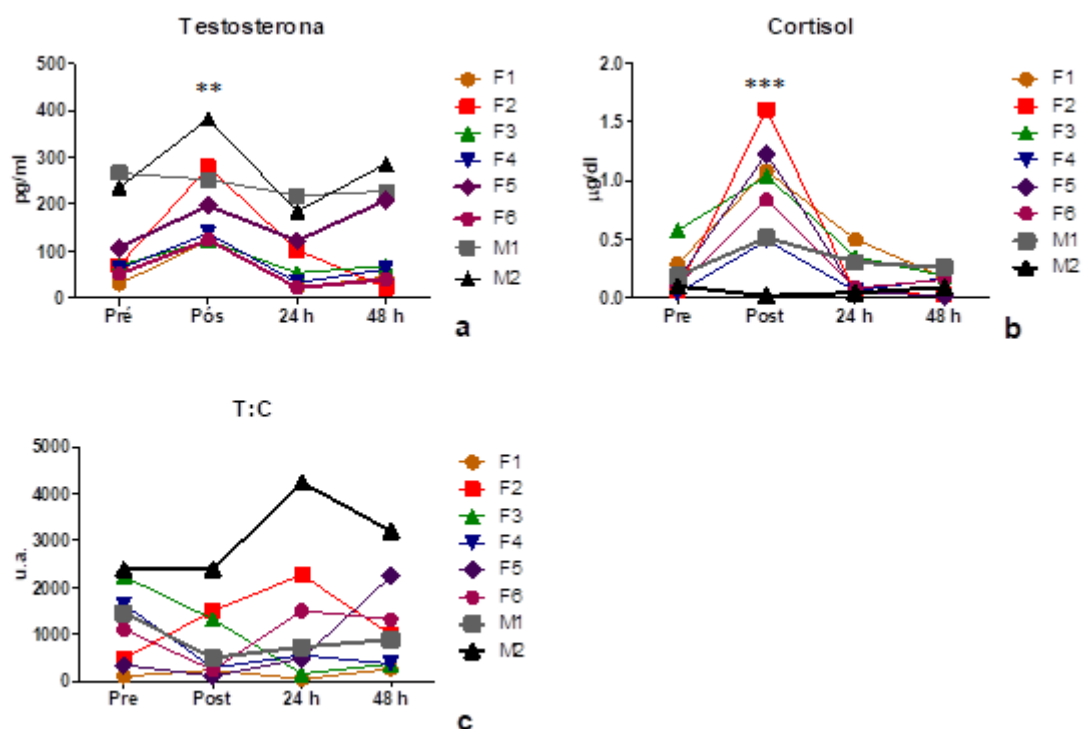
**Tabela 4.** Valores médios e medianas (intervalo interquartil) e  $\Delta$  em relação a pré de fluxo salivar em ml/min, concentração de SIgA, taxa de secreção e cortisol em  $\mu\text{g/mL}$ , testosterona em pg/ml e relação testosterona: cortisol em u.a.

	Pré	Pós	$\Delta$	24h	$\Delta$	48h	$\Delta$
Concentração de SIgA	Mediana 218 (217 a 220)	Mediana 206 (134 a 923)	$\Delta$ -5 (-61 a 319)	Mediana 221 (162 a 382)	$\Delta$ 1 (-33 a 73)	Mediana 146 (57 a 159)	$\Delta$ 48 (-280 a -38)
Taxa de secreção de siga	202 (168 a 217)	227 (132 a 485)	-53 (-27 a 123)	309 (172 a 432)	2 (1 a 99)	176 (48 a 427)	-14 (-250 a 96)
Fluxo salivar	*1,2 $\pm$ 0,3	*0,95 $\pm$ 0,3	26 $\pm$ 0	*0,96 $\pm$ 0,2	-25 $\pm$ 50	*1,1 $\pm$ 0,37	-9 $\pm$ 23
Cortisol	0,12 (0,06 a 0,26)	0,093 (0,49 a 1,19)	-29 (716 a 357)	0,07 (0,04 a 0,33)	-71 (-50 a 26)	0,12 (0,06 a 0,26)	0 (0 a 0)
Testosterona	69 (53 a 203)	167 (122 a 272)	142 (114 a 33)	78 (25 a 169)	13 (-112 a -20)	65 (41 a 223)	-6 (-29 a 9)
Testosterona: Cortisol	*1042 $\pm$ 806	*486 $\pm$ 775	-114 $\pm$ 4	*1256 $\pm$ 506	20 $\pm$ 59	1202 $\pm$ 1006	15 $\pm$ 24

\* Média dos valores.

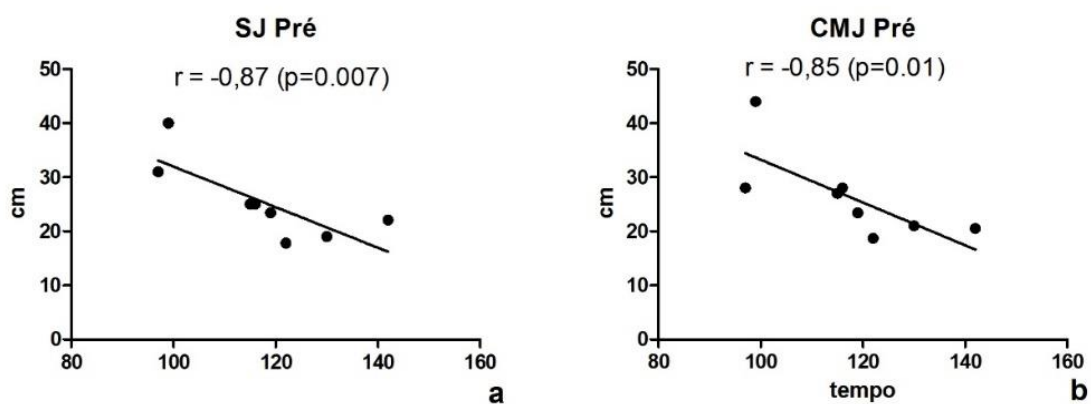


**Figura 4.** Valores individuais de fluxo salivar (a), concentração salivar de SIgA (b) e taxa de secreção de SIgA (c). \*  $p < 0,05$ , Pré X Pós, teste de Bonferroni.



**Figura 5.** Concentração salivar individual de Testosterona (a), Cortisol (b) e razão entre Testosterona e Cortisol (c). \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,005$ , em relação aos momentos Pré, 24 e 48 horas, teste de Dunn.

Nenhuma correlação significativa foi encontrada entre os valores absolutos e a mudança percentual (pós, 24 e 48 h) de mediadores bioquímicos e imunológicos com o tempo de prova. No entanto, a altura do salto vertical SJ e CMJ no momento pré apresentou correlação inversa forte com o tempo de prova (Figura 8).



**Figura 5.** Coeficiente de posto de Spearman entre o tempo total de prova e a altura de salto vertical com agachamento (SJ) e com contra movimento (CMJ), duas horas antes da prova de 20 Km de marcha atlética.

A magnitude do dano muscular baseado na perda de função (altura de salto 24 a 48 h pós prova) e níveis de CK (24 a 48 h) foi considerada leve em 7 participantes e moderada em 1 sujeito. Apenas a DOMS apresentou correlação negativa moderada ( $r = -0,57$ ,  $p = 0,006$ ) com a diminuição da altura do salto vertical CMJ durante o período Pós a 48 horas.

## 6 DISCUSSÃO

O presente estudo demonstra que a prova de 20 km de marcha atlética provocou dano muscular leve, com aumento discreto de CK em 24 horas e DOMS após 48 horas. Contrário a hipótese de estudo, não observamos perda significativa de força de membros inferiores, nem alterações nos marcadores de inflamação e na imunidade secretora salivar. Apesar da alta intensidade de carga reportada ao final da prova, a modulação endócrina sugere que os atletas não apresentaram de forma significativa a resposta imuno-endócrina.

Valores aumentados de CK após 24 horas ocorrem em situações em que o exercício físico provoca dano muscular (BRANCACCIO ET AL., 2007; PAULSEN, et al., 2012). Apesar de ser observado um aumento significativo de CK em 24 h, os valores de CK na prova de marcha atlética foram inferiores aos observados em provas de maratona e meia maratona (BERNAT-ADELLI et al., 2019; CLIFFORD et al., 2017; FARIA et al., 2020; SANTOS et al., 2016). As alterações nos níveis de CK em esportes de *endurance* são esperadas, com o seu maior nível 24 horas após o término do exercício, e a magnitude desse aumento parece ser proporcional ao dano muscular, sendo considerado de baixa magnitude nos atletas deste estudo (BRANCACCIO et al., 2007; PAULSEN et al., 2012). Níveis circulantes de AST também estão associados ao dano muscular induzido pelo exercício. Em atletas de maratona e meia-maratona, níveis aumentados de AST são observados imediatamente após a prova e por um período de 24 a 48 h (CLIFFOD et al., 2017; FARIA et al., 2020). Embora a prova de 20 km de marcha tenha longa duração, nenhuma alteração significativa nos níveis circulantes de AST foi detectada, sugerindo um menor grau de dano neste tipo de modalidade quando comparada as provas de corrida.

A redução da capacidade de gerar força e potência muscular é um marcador indireto de dano muscular (PAULSEN et al., 2012). A redução da capacidade de geração de força e potência em membros inferiores tem sido observada após e durante 24 horas de provas de maratona (CLIFFORD et al., 2017; HOWATSON et al., 2010), embora decréscimos triviais sejam observados

em provas de meia-maratona (WIEWELHOVE et al., 2018). Os testes de saltos verticais não demonstraram perda de função significativa em nenhum momento após a prova, sugerindo que o nível de dano muscular foi muito pequeno (PAULSEN et al., 2012). Fato importante observado, foi a altura do salto vertical antes da prova, ao que parece associado com o melhor desempenho em prova.

Outro sintoma de dano muscular é a DOMS, que acomete o músculo sob estimulação mecânica por ação de neurotrofinas, num período de 24 a 72 horas após o esforço físico (LEWIS et al, 2012; MIZUMURA & TAGUCHI, 2016; PAULSEN et al., 2012). A magnitude de DOMS observada no presente corrobora os achados de CK e testes de saltos, sugerindo que ocorra um dano muscular leve em atletas após provas de 20 km de marcha atlética. Os sintomas de DOMS neste estudo são similares aos observados em provas de meia maratona, em que os sintomas de DOMS são de pequena magnitude, e ocorrem imediatamente após a prova e 24 horas, retornando aos valores basais em 48 h (LYNN et al., 2018; WITHEE et al., 2017).

A IL-6 é uma citocina produzida pelo músculo em contração, especialmente em exercícios de longa duração (REIHMANE et al., 2013). A IL-6 uma citocina que pode ter função anti-inflamatória e é necessária para mobilizar glicose e lipídios para manutenção de energia durante o esforço aeróbico. Desta forma, níveis aumentados de IL-6 também eram esperados após o término da prova de marcha atlética de 20 km, uma vez que corridas de longa duração aumentam drasticamente os níveis plasmáticos de IL-6 após sua realização (BERNART-ADELL et al., 2019; BERNECKER et al., 2013; CLIFFORD et al., 2017; FARIA et al., 2020; REIHMANE et al., 2013; SANTOS et al., 2016). Os níveis de IL-6 Pós do presente estudo estão próximos dos valores observados em atletas de meia-maratona, cuja quilometragem (21 km) e tempo de prova (108 minutos) foram próximos do presente estudo (REIHMANE et al., 2013). Porém na marcha atlética, observamos diferentes respostas de IL-6 após a prova, sendo que alguns atletas apresentaram aumento, enquanto outros não apresentaram alterações significativas. Os resultados do estudo não demonstraram associação de IL-6 com o desempenho na prova e outros índices de dano muscular e modulação imuno-endócrina. Os valores de TNF $\alpha$ , uma citocina que tem ação pró-inflamatória, não apresentaram diferenças

significativas em nenhum momento após a prova, sugerindo que o TNF $\alpha$  suprime o aumento da IL-10, não promovendo reações inflamatórias nos atletas da prova de 20km marcha atlética. Este resultado é semelhante ao observado em provas de meia-maratona (REIHMANE et al., 2013). A IL-10 é uma citocina anti-inflamatória secretada em resposta ao exercício, tendo correlação com o nível de capacidade aeróbica do indivíduo (Antunes et al., 2019). Considerando a necessidade de aptidão aeróbica para provas de longa distância, níveis elevados de IL-10 foram observados após provas de corridas de meia maratona e maratona (CLIFFORD et al., 2017; FARIA et al., 2020; SANTOS et al., 2016) e após as provas de 20 km de marcha atlética avaliadas nesse estudo. Os resultados deste estudo sugerem que a prova de marcha atlética não induza respostas inflamatórias sistêmicas e são acompanhadas da produção de um mediador antiinflamatório (IL-10). A ausência de mediadores inflamatórios corrobora os resultados de dano muscular observado após a prova, sugerindo que ocorreu pouco dano as fibras musculares de atletas de marcha de 20 km.

Não está descrito na literatura os efeitos de provas de 20 km de marcha atlética sobre os níveis de testosterona, cortisol e a razão testosterona:cortisol. No entanto, os efeitos observados são semelhantes aos de meia maratona (LEVERS et al., 2016) e após esforços de alta intensidade em atletas de endurance (MONJE et al., 2020). A ausência de alterações significativas no balanço testosterona: cortisol após 24 e 48 horas da marcha atlética sugerem que não ocorra catabolismo muscular excessivo após as provas. Em modalidades esportivas, foi observado menor desempenho físico e técnico-tático em atletas que apresentaram níveis aumentados de cortisol e baixas concentrações de testosterona antes da competição (LAUTENBACH et al., 2014; SIART et al., 2017). No entanto, não foi observado associação dos níveis de cortisol e testosterona com o desempenho de prova de marcha atlética de 20 km.

O desenvolvimento de infecções das vias aéreas superiores está associado à redução dos níveis de SIgA salivar em resposta a períodos de treinamento muito intensos ou eventos competitivos (CAMPOS et al., 2020; FREITAS et al., 2016; Lopes et al., 2020). No entanto, um estudo recente demonstrou que atletas de endurance submetidos a um esforço de alta

intensidade apresentam aumento de testosterona, cortisol e SIgA após o exercício (MONJE et al., 2020). Os resultados do presente estudo demonstram que atletas de 20 km de marcha atlética não apresentam alterações da resposta imune humoral mucosa após a competição. Convém ressaltar que nenhum atleta apresentou níveis de SIgA salivar menores de que 60 µg/ml, considerado risco moderado, ou 40 µg/ml, considerado alto risco para o desenvolvimento de infecções das vias aéreas superiores, durante o período de acompanhamento (GLEESON et al., 1999).

Os resultados deste estudo sugerem que, a despeito da alta carga interna, as provas oficiais de marcha atlética de 20 km, promovam pouco dano muscular, respostas inflamatórias e tenham pouco impacto sobre a modulação imuno-endócrina. Desta forma, intervenções ergogênicas ou de recuperação que visem diminuir o dano muscular ou inibir reações inflamatórias podem ter pouca eficiência e utilidade na recuperação de atletas após a prova. A supressão da imunidade das mucosas também não parece ser afetada pela alta carga interna de prova, sendo desnecessárias intervenções nutricionais, ou imunoestimulantes para prevenção de infecções das vias aéreas em atletas profissionais em provas oficiais. Além disso, a percepção subjetiva de esforço parece não ter associação com as respostas de mediadores bioquímicos, imunoendócrinos e de dano muscular.

Como limitação deste estudo, podemos destacar o número pequeno de atletas participantes, e também o fato de não ter controlado a alimentação e a suplementação desses atletas pré prova. No entanto esse é um estudo inédito, sendo o único que traz as variáveis de dano muscular, inflamação e respostas imuno-endócrinas nessa modalidade do atletismo, mostrando que a marcha atlética tem respostas diferentes de outras provas de *endurance* perante esses marcadores.

## 7 CONCLUSÃO

Sendo assim, concluimos que, os resultados deste estudo demonstram que a prova de 20km de Marcha atlética, provoca leve dano muscular, mesmo os atletas reportando uma alta intensidade percebida após a prova, não havendo perda de potência dos membros inferiores e alterações nos marcadores anti e pro-inflamatórios. Fatores como a modulação imuno-endócrina, associada com o desempenho e risco de infecções das vias aéreas superiores, não foram observadas nesta pesquisa.

Posto isso, este estudo corrobora que, recursos ergogênicos que almejam diminuir o dano muscular, ou inibir reações inflamatórias podem ter pouca eficácia na marcha atlética, sendo desnecessárias intervenções imuno-estimulantes, pois aparentemente não há supressão da imunidade das mucosas.

Portanto, percebemos que, mais estudos precisam ser realizados, usando um maior número de atletas, verificando se os fatores pré coleta, como alimentação, provocariam alterações nos marcadores aqui expostos.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, T; et al. Cortisol and testosterone dynamics following exhaustive endurance exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.116, n. 8, p. 1503-1509, 2016.

ANTUNES, B. M; et al. Anti-inflammatory response to acute exercise is related with intensity and physical fitness. **Journal of cellular biochemistry**, v. 120, n. 4, 2019.

BAE, Y. J; et al. Unraveling the steroid hormone response in male marathon runners: Correlation of running time with aldosterone and progesterone. **Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology**, v. 195, 2019.

BAUMERT, P; et al. Genetic variation and exercise-induced muscle damage: implications for athletic performance, injuries and aging. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, p. 1595–1625, 2016.

BERNACKER, C; et al. Evidence for an exercise induced increase of TNF-alpha and IL-6 in marathon runners. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v.23, n.2, p.207-214, 2013

BERNAT-ADELL, M. D; et al. Recovery of Inflammation, Cardiac, and Muscle Damage Biomarkers After Running a Marathon. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 35, e. 3, p. 626-632, 2019.

BOSCO, C; et al. 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

CAMPOS, F; MOLINA CORREA, J. C; CANEVARI, V. C. M; BRANCO, B. H. M; AANDREATO, L. V; DE PAULA RAMOS, S. Monitoring Internal Training Load, Stress-Recovery Responses, and Immune-Endocrine Parameters in Brazilian Jiu-Jitsu Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2020.

CLIFFORD, T; ALLERTON, D. M; BROWN, M. A; HARPER, L; HORSBURGH, S; KEANE, K. M; HOWATSON, G. Minimal muscle damage after a marathon and no influence of beetroot juice on inflammation and recovery. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.42, n.3, p.263-270, 2017.

COOK, D. B; et al. Sex differences in naturally occurring leg muscle pain and exertion during maximal cycle ergometry. **Int Journal Neurosci**, v.95, n.3-4, p.183-202, 1998

EZEIZA, J.T; et al. Race walking gait and its influence on race walking economy in world-class race walkers. **Journal of Sports Sciences**, 36:19, 2235-2241.

FAHLMAN, M. M; ENGELS, H. J; Mucosal IgA e URTI em jogadores de futebol americano universitário: estudo longitudinal de um ano, **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 37, n 3, p 374-380, 2005.

FARIA, F. R; et al. Effects of turmeric extract supplementation on inflammation and muscle damage after a half-marathon race: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **European Journal of Applied Physiology**, v.120, n.7, p.1531-1540, 2020.

FOSTER, C. et al. A new approach to monitoring exercise training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 1, p. 109-15, 2001.

FREITAS, C. G; et al. Monitoring Salivary Immunoglobulin A Responses to Official and Simulated Matches In Elite Young Soccer Players. **Journal of Human Kinetics**, 53, p.107-115, 2016.

GLEESON, M; et al. Salivary IgA levels and infection risk in elite swimmers. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.31, n.1, p.67-73, 1999.

GLEESON, M; et al. Respiratory infection risk in athletes: association with antigen-stimulated IL-10 production and salivary IgA secretion. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 22, p. 410-417, 2012.

GOMEZ, E.J. et al. Race walking gait and its influence on race walking economy in world-class race walkers. **Journal of Sport Sciences**, v. 36, n. 19, p. 2235-2241, 2018.

HANDZLIK, M.K, et al. The influence of exercise training status on antigen-stimulated IL-10 production in whole blood culture and numbers of circulating regulatory T cells. **European Journal of Applied Physiology**, V. 113, n. 7, p. 1839-48, 2013.

HANLEY, B; BISSAS, A; DRAKE, A. Kinematic characteristics of elite men's 50 km race walking. **European Journal of Sport Science**, v.13, n.3, p.272-279, 2013.

HOWASTSON, G; et al. Influence of tart cherry juice on indices of recovery following marathon running. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v.20, n.6, p.843-852, 2010.

IAAF. IAAF Competition Rules 2016-2017. 1st November 2015. Disponível em: <https://www.iaaf.org/news/iaaf-news/competition-rules-2016-2017>

KAKANIS, M. et al. The open window of susceptibility to infection after acute exercise in healthy young male elite athletes. **Exercise Immunology Review**, n. 16, p. 119-137, 2010.

- KOCK, A.J; et al. The creatine kinase response to resistance exercise. **Jounal Musculoskelet Neuronal Interact.** v. 14, n.1, p 68-77, 2014.
- KOMI, P. V; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **International Journal of Sports Medicine**, v.10, n.4, p.261-265, 1978.
- LAUTENBACH, F; et al. Preliminary evidence of salivary cortisol predicting performance in a controlled setting. **Psychoneuroendocrinology**, v. 42, p.218-224, 2014.
- LEVERS, K; et al. Effects of powdered Montmorency tart cherry supplementation on acute endurance exercise performance in aerobically trained individuals. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v.13, n.22, 2016.
- LEWIS, P. B; et al. Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. **Clinics Sports Medicine**, v. 31, n. 2, 255-262, 2012.
- LI, C. Y; et al.. Salivary Immuno Factors, Cortisol and Testosterone Responses in Athletes of a Competitive 5,000 m Race. **The Chinese Journal of Physiology**, v.58, n.4, p.263-269, 2015.
- LYNN, A; et al. (2018). Effect of bilberry juice on indices of muscle damage and inflammation in runners completing a half-marathon: a randomised, placebo-controlled trial. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, n.55, v.22, 2018.
- MACPHERSON, A; et al. The immune geography of IgA induction and function. **Mucosal Immunol**, v. 1, p. 11–22, 2008.
- MEEUSEN, R; et al. Caffeine, exercise and the brain. **Nestlé Nutrition Institute**, v. 76, p. 1-12. 2013.
- MINETTO, M.A; et al. Interleukin-6 response to isokinetic exercise in elite athletes: relationships to adrenocortical function and to mechanical and myoelectric fatigue. **European Journal of Applied Physiology**, v. 98, p. 373–382, 2006.
- MONJE, C; et al. Effects of A High Intensity Interval Session on Mucosal Immune Function and Salivary Hormones in Male and Female Endurance Athletes. **Journal of sports science & medicine**, v,19, n.2, p. 436-443, 2020.
- NIEMAN D. C, et al. Immune and oxidative changes during and following the Western States Endurance Run. **International Journal of Sports Medicine**, v. 24, n.7, p 541-7, 2003.

- NEVILLE, V; et al. IgA salivar como fator de risco para infecções respiratórias superiores em atletas profissionais de elite. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, n. 7, p. 1228-1236, 2008.
- PAULSEN G. et al. Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise? **Exercise Immunology Review**, v. 18:42, n. 97, 2012.
- PAVEI, G; et al. The biomechanics of race walking: literature overview and new insights. **European Journal of Sport Science**, v.14, n. 7, 661-670, 2014.
- PEDERSEN, B.K; FISCHER, C.P. Physiological roles of muscle-derived interleukin-6 in response to exercise. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, v.10, n.3, p. 265–271, 2007.
- REIHMANE, D; et al. Increase in IL-6, TNF-alpha, and MMP-9, but not sICAM-1, concentrations depends on exercise duration. **European Journal of Applied Physiology**, v.113, n.4, p.851-858, 2013
- SANTOS, V. C; et al. Marathon Race Affects Neutrophil Surface Molecules: Role of Inflammatory Mediators. **PLoS One**, v.11, n.12, 2016.
- SARAIVA, M; O'GARRA, A. The regulation of IL-10 production by immune cells. **Nature Reviews Immunology**. v. 10, p. 170–181, 2010.
- SCHLATTNER, U; et al. Mitochondrial creatine kinase in human health and disease. **Biochim Biophys Acta**, v.1762, p. 164-180 2006.
- SHAW D.M. et al. T-cells and their cytokine production: The anti-inflammatory and immunosuppressive effects of strenuous exercise. **Cytokine**. v. 104, p.136-142, 2018.
- SIART, B; NIMMERICHTER, A; VIDOTTO, C; WALLNER, B. Status, Stress and Performance in Track and Field Athletes during the European Games in Baku (Azerbaijan). **Scientific Report**, v.7, n.1, p. 6076, 2017.
- THORPE, R; SUNDERLAND, C. Muscle damage, endocrine, and immune marker response to a soccer match. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n.10, p. 2783-90, 2012.
- TROCHIMIAK, T; HUBNE-WOZNUAK, E. Effect of exercise on the level of immunoglobulin a in saliva. **Biology of Sport**, v. 29, N. 4, 255-261, 2012.
- VERNILLO, G; et al. An observational study on the perceptive and physiological variables during a 10,000-m race walking competition. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 10, p.2741-2747, 2012.
- VERVOORN C. et al. The behaviour of the plasma free testosterone/cortisol ratio during a season of elite rowing training. **International Journal of Sports Medicine**. V. 12 n. 3, p. 257-63, 1991.

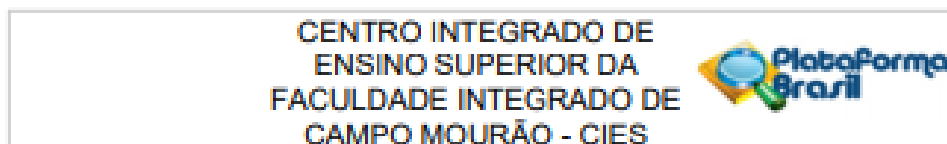
WEST, N.P; et al. Antimicrobial peptides and proteins, exercise and innate mucosal immunity. **FEMS Immunol Medicine Microbiol**, v. 48, p. 293-304, 2006.

WITHEE, E. D; et al. Effects of Methylsulfonylmethane (MSM) on exercise-induced oxidative stress, muscle damage, and pain following a half-marathon: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 14, n. 24, 2014.

WIWELHOVE, T; et al. Effects of different recovery strategies following a half-marathon on fatigue markers in recreational runners. **PLoS One**, n.13, v.11, 2018.

**ANEXOS**

## ANEXO A -Parecer do comitê de ética

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** DESCRIÇÃO DA CARGA INTERNA E DANO MUSCULAR PROVOCADO POR UMA PROVA OFICIAL DE 20 KM MARCHA ATLÉTICA.

**Pesquisador:** BRUNO MARQUES FIDELIS

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 37596620.6.0000.0092

**Instituição Proponente:** CEI - Centro Educacional Integrado Ltda.

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 4.280.972

**Apresentação do Projeto:**

O estudo tem delineamento observacional realizado em competições oficiais de 20km de marcha atlética. Aproximadamente 2 horas antes da prova, imediatamente, 24 e 48 horas após a prova, será coletados amostras de sangue e saliva, será avaliado a percepção de recuperação física, percepção de dor e potência de membros inferiores. Vinte minutos após a prova, será questionado a percepção subjetiva de esforço (PSE) CR-10, onde o esforço é obtido usando números de 0 a 10 (FOSTER, et al, 2001). A população do estudo será composta por 08 atletas de alto rendimento na prova de 20km de Marcha Atlética, de ambos os sexos. Os atletas participarão da pesquisa de forma voluntária, sendo convidados por contato telefônico antes da prova. Os atletas assinarão o termo de consentimento livre e esclarecido, concordando com a participação no estudo, após os esclarecimentos dos procedimentos a que serão realizados no estudo. Os procedimentos experimentais serão submetidos previamente à aprovação do Comitê de Ética Envolvendo Seres Humanos. Todos os resultados do Monitoramento dos Índices de carga interna e sua correlação com desempenho em prova e dano muscular, em provas de 20km marcha atlética, serão transferidos às equipes técnicas, após a realização das provas. As coletas aconteceram em competições nacionais no segundo semestre de 2020 e no primeiro mês de 2021, nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro

<b>Endereço:</b> Avenida Imilios Pereira, 670		<b>CEP:</b> 87.301-010
<b>Bairro:</b> Centro		
<b>UF:</b> PR	<b>Município:</b> CAMPO MOURAO	
<b>Telefone:</b> (44)3518-2500	<b>Fax:</b> (44)3518-2551	<b>E-mail:</b> cep@grupointegrado.br

**CENTRO INTEGRADO DE  
ENSINO SUPERIOR DA  
FACULDADE INTEGRADO DE  
CAMPO MOURÃO - CIES**



Continuação do Parecer: 4.280.972

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	doc3.docx	23/08/2020 12:12:23	BRUNO MARQUES FIDELIS	Aceito
TCLÉ / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	doc2.pdf	23/08/2020 12:10:38	BRUNO MARQUES FIDELIS	Aceito
Folha de Rosto	doc1.pdf	23/08/2020 12:08:25	BRUNO MARQUES FIDELIS	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

CAMPO MOURAO, 16 de Setembro de 2020

---

**Assinado por:**  
**Cleuza Proetti Yurassek**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Avenida Irmãos Pereira, 670  
**Bairro:** Centro **CEP:** 87.301-010  
**UF:** PR **Município:** CAMPO MOURAO  
**Telefone:** (44)3518-2500 **Fax:** (44)3518-2551 **E-mail:** cep@grupointegrado.br