

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

FRANCIEL JOSÉ ARANTES

EFEITO AGUDO DE DIFERENTES TREINAMENTOS INTERMITENTES DE ALTA
INTENSIDADE: RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E
NEUROMUSCULARES NA CORRIDA

Uberlândia

2016

FRANCIEL JOSÉ ARANTES

EFEITO AGUDO DE DIFERENTES TREINAMENTOS INTERMITENTES DE ALTA
INTENSIDADE: RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E
NEUROMUSCULARES NA CORRIDA

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Biomédica da Universidade
Federal de Uberlândia (Minas Gerais)
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Professor Doutor Adriano Alves Pereira

Professor Doutor Adriano Alves Pereira
Orientador

Professor Doutor Edgard Afonso Lamounier Júnior
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

Uberlândia

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

A662e Arantes, Franciel José, 1983-
2016 Efeito agudo de diferentes treinamentos intermitentes de alta intensidade : respostas cardiorrespiratórias e neuromusculares na corrida / Franciel José Arantes. - 2016.
111 f. : il.

Orientador: Adriano Alves Pereira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.
Inclui bibliografia.

1. Engenharia biomédica - Teses. 2. Eletromiografia - Teses. 3. Treinamento (Atletismo) - Teses. 4. Corridas - Teses. I. Pereira, Adriano Alves. II. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica. III. Título.

CDU: 62:61

EFEITO AGUDO DE DIFERENTES TREINAMENTOS INTERMITENTES DE ALTA
INTENSIDADE: RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E
NEUROMUSCULARES NA CORRIDA

Dissertação aprovada para obtenção do título de Mestre em Ciências no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia (Minas Gerais) pela banca examinadora formada por:

Uberlândia, 11 de outubro de 2016.

Professor Doutor Adriano Alves Pereira - orientador
Universidade Federal de Uberlândia – Minas Gerais

Professor Doutor Silvio Soares dos Santos
Universidade Federal de Uberlândia – Minas Gerais

Professor Doutor Adriano Oliveira Andrade
Universidade Federal de Uberlândia – Minas Gerais

Professor Doutor Alexandre Gonçalves
Instituto Master de Ensino Presidente Antônio Carlos – Minas Gerais

Dedico este trabalho aos meus familiares; em especial a minha mãe, por todo seu carinho, compreensão e paciência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por intermédio de seu filho Jesus Cristo, por tudo que tens feito em minha vida; pela alegria de viver, por minha família, pelos meus amigos, pelo ar que respiro, pelos dons que me deste e por cada pessoa que tenha colocado em meu caminho possibilitando que eu cresça a cada dia.

A minha família pelo apoio, carinho e amor incondicional por minha vida. Aos meus tios e tias, primos e primas, avô, madrinha, sobrinhos “tortos”; o alicerce que me deras faz com que a cada dia tenha mais força para conseguir meus objetivos de vida.

A minha amada mãe Helena, por todo seu cuidado e respeito. Eternamente agradecido por cada gesto de carinho ao longo de todos os anos de minha vida, amo sua vida!

Agradeço aos amigos do tempo das duas escolas ao qual concluí minha educação inicial (Escola Estadual Leônidas de Castro e Escola Estadual Juvenília Ferreira dos Santos) a amizade perdura quase 20 anos, e é sempre bom revê-los, conversarmos sobre o passado, presente e o futuro.

Um salve a melhor turma de Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia, eterna 66^a. Os momentos felizes e tristes que passamos, fortaleceram nossa amizade ao longo desses quase 10 anos, eternamente grato por todos! Em especial ao amigo de longa data Leonardo do Vale, por todo o suporte e apoio nos momentos difíceis durante a graduação. Ao Hygor pelas discussões sobre ciência, pesquisa e “ser professor”, tanto durante a graduação quanto no período vivido em Rio Claro, essas discussões sadias fizeram meus pensamentos saírem da zona de conforto.

A professora Geni, pelo convívio durante três anos no Programa de Educação Tutorial (PET). Aprendi muito sobre ética, conduta, docência e acima de tudo sobre vida. Eternamente grato por sua amizade e conselhos, muito do que sou, devo a sua paciência em querer ensinar.

Aos professores Gilmar e Frederico, pelo empréstimo dos equipamentos (eletromiógrafo, célula de carga e outros) e pela oportunidade em poder ministrar minicurso e aula com os senhores. Aprendi bastante com a ética, profissionalismo, carisma e didática de ambos, eternamente grato!

Ao sair da graduação, passei pelo melhor laboratório que conheci até hoje, Laboratório de Atividade Física e Envelhecimento (LAFE) e sua fantástica equipe liderada pelo carismático, professor, líder e conselheiro Sebastião Gobbi. Pelas exigências, pelos conselhos e por ser um agente facilitador nesse processo envolvendo pesquisa, ensino e extensão que é ser professor, meu agradecimento Gobbi. Nesse tempo, conheci pessoas fantásticas, carismáticas e que divertiam na mesma intensidade a qual trabalhavam. Meus agradecimentos, em especial a Flávia, Thays e Angélica pela oportunidade única em conhecer e aprender sobre envelhecimento, exercício físico e a doença de Alzheimer. Ao Alexandre “Xandão”, Marília, André Gurjão, Flávio, Marina Yumi e Luiza, pela oportunidade em conhecer sobre o treinamento com pesos e idoso, eletromiografia e alongamento. Em geral, as discussões no laboratório criaram o melhor ambiente para o aprendizado que tive até hoje. “Divirta-se forte, trabalhe forte!”

A república garotinhos de Rio Claro, cada morador ou cada um que passou por lá tornaram os dias mais agradáveis, compartilhando as “durezas” de quem sai de casa e vai morar fora!

Meus agradecimentos, ao Laboratório de Engenharia Biomédica (BioLab). Ao professor Alcimar por me permitir frequentar o laboratório e ocupar uma mesa tão concorrida. Aos amigos feitos nos tempos de mestrado que dividiram horas e horas na fila do R.U: Amanda, Mariana, Fabio, Daniel, Lorena e aos que convivi bons tempos no laboratório: Marco Borba, Dhainner, Alessandro, Gustavo, Pedro, Ricardo, Rianne e Bruno o convívio com os senhores tornaram as coisas mais fáceis. Em especial ao Andrei pela ajuda incondicional no processamento dos sinais eletromiográficos, pelas discussões envolvendo futebol, política, educação e ciência; muito obrigado por sua amizade e paciência.

Ao professor Adriano Alves Pereira, pelos conselhos, orientação e por permitir que realizasse o trabalho da melhor forma possível, muito obrigado.

Agradeço aos amigos e professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, pelos conselhos durante as aulas, pelas dicas e por todo apoio durante esses anos. Aos funcionários do Programa bem como da Universidade Federal de Uberlândia.

Agradeço a dois amigos que sem eles esse trabalho não sairia do papel. Ao amigo Diego, pela ajuda durante o período de coletas e ao meu “co-orientando” Públio, por toda sua paciência em aturar minhas condutas durante as coletas, o meu intuito e que aprendesse o máximo, desde condutas dentro do laboratório desde a fazer ciência de qualidade, mesmo não tendo muito material em mãos. Meu agradecimento eterno por segurar a barra e tempo disponível para que esse sonho pudesse ser realizado.

Meu agradecimento ao professor João Elias por permitir co-orientar um dos seus alunos e facilitar esse trabalho da melhor forma possível; eternamente grato pelos conselhos, conversas e sugestões.

Minha eterna gratidão aos voluntários e amigos, por cada suor derramado, sem vocês esse trabalho não existiria!

Por fim, um pedido de desculpas a todos esses citados e aos que não foram citados diretamente, pela ausência durante esse período. Neguei muito “vamos sair”, “não vai à sua tia, avô, tio”. Desculpas pela ausência, só estava tentando realizar um sonho!

A FAPEMIG pela bolsa de estudo concedida.

*“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo.
Todos nós sabemos alguma coisa.
Todos nós ignoramos alguma coisa.
Por isso aprendemos sempre.”*
Paulo Freire

*“Se a educação sozinha não transforma a sociedade,
sem ela tampouco a sociedade muda.”*
Paulo Freire

*“A vida é como topografia, Haroldo.
Há pico de felicidades e sucessos...
Pequenos campos da chata rotina...
E vales de frustrações e fracassos...”*
Calvin

RESUMO

O objetivo do estudo foi examinar o efeito de diferentes razões entre esforço e recuperação (E:R) em treinamentos intermitentes de alta intensidade (TIAI), com intensidade fixa, no desempenho cardiorrespiratório e neuromuscular em corredores amadores. Para esse fim, 11 homens, corredores de rua amadores ($25,45 \pm 1,25$ anos; massa corporal $64,91 \pm 2,48$; estatura $1,74 \pm 0,03$ e percentual de gordura $8,09 \pm 0,62$) realizaram em quatro dias diferentes os seguintes testes: teste incremental para determinação do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$), frequência cardíaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) e velocidade pico (V_{pico}); e três protocolos intermitentes de alta intensidade a 110% da V_{pico} (quarenta segundos de esforço com quarenta segundos de recuperação [40:40], trinta segundos de esforço com trinta segundos de recuperação [30:30] e quarenta segundos de esforço com vinte segundos de recuperação [40:20]) em dias diferentes, com análise antes, após 5 e 10 minutos da contração isométrica voluntária máxima (CIVM), com obtenção também da taxa de desenvolvimento de força pico (TDFp) com registro simultâneo da atividade eletromiográfica dos músculos vasto lateral, reto femoral e vasto medial, obtendo valores de *root mean square* (RMS) e da frequência média e mediana. Ademais, durante os protocolos, variáveis cardiorrespiratórias do tempo de manutenção igual ou próximo a 90% do $VO_{2m\acute{a}x}$ ($TM_{90\%VO_{2m\acute{a}x}}$); e concentrações de lactato antes, imediatamente após, pós 5 e 10 minutos de cada diferente protocolo proposto foram quantificados. Foram registrados também, o tempo total de exercício e o tempo de exaustão para cada TIAI. Para comparações entre os grupos nas diferentes variáveis, foi empregado o teste de variância (ANOVA) com medidas repetidas com teste de *post-hoc* de Turkey quando encontrada interação entre alguma variável. Em todo o processamento, foi adotado nível de significância de 5%. Os resultados apontaram para tempo em exercício e de exaustão diferente estatisticamente ($p < 0,05$) para o protocolo 30:30 e 40:40 para o 40:20, e entre o 30:30 e 40:40. As concentrações de lactato foram diferentes no momento pós 10 minutos entre o protocolo 40:20 e o 30:30 com valores maiores para o primeiro. O $TM_{90\%VO_{2m\acute{a}x}}$ não foi diferente entre os diferentes TIAI, apenas quando foi levado em consideração o tempo total de exercício e o tempo de exaustão; o 40:20 apresentou valores percentuais maiores para os outros dois. Nos índices de força, a CIVM apresentou reduções entre os momentos pós 5 e 10 minutos para os

diferentes TIAI sem diferença significativa relatada entre os mesmos. A TDFp não foi diferente entre os momentos para o 40:20 ($p > 0,05$) e apresentou diferença significativa para o 30:30 no momento pós 10 minutos e no após 5 minutos para o 40:40. O RMS foi diferente para os diferentes músculos do vasto lateral e medial e reto femoral, entre os momentos, mas não entre os protocolos. Ademais, houve um leve aumento da frequência média e mediana, nos momentos pós para todos os protocolos, porém sem diferença entre os TIAI. Com base nos resultados do presente estudo podemos concluir que diferentes razões entre esforço e recuperação respondem de forma semelhante nos índices neuromusculares e cardiorrespiratórios, porém com distinto comportamento do tempo final do exercício para razões diferentes.

Palavras-chave: Treinamento intervalado. Corrida. Tempo de exercício. Consumo de oxigênio. Eletromiografia.

ABSTRACT

The aim of the study was to examine the effect of different ratios of effort and recovery (E:R) high-intensity intermittent training (HIIT) with fixed intensity in cardiorespiratory and neuromuscular performance in amateur athlete runners. To this end, 11 men, amateur street runners (25.45 ± 1.25 years; body mass 64.91 ± 2.48 , height 1.74 ± 0.03 and $7.09 \pm$ fat percentage 0.62) executed in four different days the following tests: incremental test to determine maximum oxygen consumption (VO_{2max}), maximum heart rate ($HR_{m\acute{a}x}$) and peak speed (V_{peak}); and three high-intensity intermittent protocols at 110% of V_{peak} (forty seconds of effort with forty seconds of recovery [40:40], thirty seconds of effort with thirty seconds of recovery [30:30] and forty seconds of effort with twenty seconds of recovery [40:20]) on different days, with analysis before, after 5 and 10 minutes of maximum voluntary isometric contraction (MVIC), obtaining also the rate of peak force development (RPFd) with simultaneous recording of electromyographic activity of the vastus lateralis, rectus femoris and vastus medialis root mean square values (RMS) and average and median frequency. In addition, during the execution of the protocols, analysis for the protocols of cardiorespiratory variables, maintenance time equal or close to 90% of VO_{2max} ($TM_{90\%VO_{2max}}$); and lactate concentrations before, immediately after, 5 and 10 minutes after each different protocol proposed were quantified. For comparisons between groups in different variables, we used the analysis of variance (ANOVA) with repeated measures with post-hoc Tukey's test when found interaction between some variable. Throughout the process, we adopted a significance level of 5%. The results pointed to time in exercise and exhaustion different statistically ($p < 0.05$) for the 30:30 and 40:40 protocol for 40:20 and between 30:30 and 40:40. Lactate concentrations were different at the time after 10 minutes between 40:20 and 30:30 protocol with higher values for the first. The $TM_{90\%VO_{2m\acute{a}x}}$ was not different between different TIAI, just when it was taken into account the total exercise time and time to exhaustion, 40:20 showed higher percentages for the other two. The force ratios, the MVCI showed reductions between the post moments 5 and 10 minutes to the different HIIT, without difference statistic between them RPFd was not different between the times for the 40:20 ($p > 0.05$) and showed a significant difference to the 30:30 in the post 10 minutes time and after five minutes to 40:40. The RMS was different for the different muscle of the

vastus lateralis, rectus femoris and vastus medialis, between times, but not between protocols. In addition, there was a slight increase of the average frequency and median in increase in the moments after for all protocols, but no difference between HIIT. Based on the study results we can conclude that different ratios of effort and recovery respond similarly in neuromuscular and cardiorespiratory indexes, but with different behavior of the end of the year time for different reasons.

Keywords: Interval training. Running. Exercise time. Oxygen uptake. Electromyography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação das variáveis que podem ser alteradas/manipuladas durante a prescrição do TIAI.....	28
Figura 2 - Desenho do delineamento do estudo.....	45
Figura 3 - Cadeira extensora modelo Flexor-Extensor (Axxcess Fitness).....	54

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1** - Tempo de manutenção igual ou acima de 90% do $VO_{2máx}$ absolutos ($TM_{90\%VO_{2máx}}$) (A) e tempo de manutenção igual ou acima de 90% da $FCmáx$ ($TM_{90\%FCmáx}$) (B).....63
- Gráfico 2** - Exemplo do comportamento do VO_2 ao longo do tempo no 40:40. Cada quadrado corresponde a média de 5s.63
- Gráfico 3** - Exemplo do comportamento do VO_2 ao longo do tempo no 30:30. Cada círculo corresponde a média de 5s.....64
- Gráfico 4** - Exemplo do comportamento do VO_2 ao longo do tempo no 40:20 para um sujeito representativo. Cada círculo preto e branco corresponde a média de 5s.64
- Gráfico 5** - Tempo de manutenção igual ou acima de 90% do $VO_{2máx}$ relativo ao tempo total de exercício ($TM_{90\%VO_{2máx}} (\%TT)$) (A), Tempo de manutenção igual ou acima de 90% do $VO_{2máx}$ relativo ao tempo de exaustão ($TM_{90\%VO_{2máx}} (\%Tlim)$) (B).65
- Gráfico 6** - Resposta da contração isométrica voluntária máxima (CIVM) avaliadas em momentos pré, pós 5 e pós 10 minutos dos protocolos intermitentes de alta intensidade.66
- Gráfico 7** - Contração isométrica voluntária máxima (CIVM) avaliadas em momentos pós 5 (A) e pós 10 minutos (B), comparados entre os protocolos intermitentes de alta intensidade.....67
- Gráfico 8** - Taxa de desenvolvimento de força pico (TDFp) avaliadas em momentos pré, pós 5 e pós 10 minutos dos protocolos intermitentes de alta intensidade...68
- Gráfico 9** - Taxa de desenvolvimento de força pico (TDFp) avaliadas em momentos pós 5 (A) e pós 10 minutos (B), comparados entre os protocolos intermitentes de alta intensidade.....69

- Gráfico 10** - *Root mean square* (RMS). Músculo vasto lateral (VL) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.71
- Gráfico 11** - *Root mean square* (RMS). Músculo vasto lateral (RF) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.71
- Gráfico 12** - *Root mean square* (RMS). Músculo vasto lateral (VM) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.72
- Gráfico 13** - Frequência média (Fmédia). Músculo vasto lateral (VL) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.74
- Gráfico 14** - Frequência média (Fmédia). Músculo reto femoral (RF) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.74
- Gráfico 15** - Frequência média (Fmédia). Músculo vasto medial (VM) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.75
- Gráfico 16** - Frequência mediana (F50). Músculo vasto medial (VL) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.77
- Gráfico 17** - Frequência mediana (F50). Músculo vasto medial (RF) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.77

Gráfico 18 - Frequência mediana (F50). Músculo vasto medial (VM) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estudos com treinamento intermitente de alta intensidade com comparações entre intensidades	36
Tabela 2 - Estudos com treinamento intermitente de alta intensidade com comparações entre recuperação ativa vs. recuperação passiva	37
Tabela 3 - Estudos com treinamento intermitente de alta intensidade com comparações entre diferentes razões entre esforço e recuperação	38
Tabela 4 - Descrição dos valores de caracterização da amostra.....	59
Tabela 5 - Descrição dos valores obtido do teste incremental.....	60
Tabela 6 - Descrição dos valores de número de séries realizadas, tempo total de exercício (TT) e tempo de exaustão (Tlim).	61
Tabela 7 - Descrição dos valores de concentração de lactato nos diferentes momentos dos diferentes protocolos intermitentes de alta intensidade.....	61
Tabela 8 - Avaliações cardiorrespiratórias dos diferentes protocolos intermitentes de alta intensidade.....	62
Tabela 9 - <i>Root mean square</i> (RMS) dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF) e vasto medial (VM) em percentual referente ao momento pré em diferentes instantes de tempo (pós 5 e pós 10 minutos) entre os protocolos intermitentes de alta intensidade.....	70
Tabela 10 - Frequência média (Fmédia) dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF) e vasto medial (VM) em percentual referente ao momento pré nos diferentes instantes de tempo (pós 5 e pós 10 minutos) nos diferentes protocolos intermitentes de alta intensidade.	73
Tabela 11 - Frequência mediana (F50) dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF) e vasto medial (VM) em percentual referente ao momento pré nos diferentes instantes de tempo (pós 5 e pós 10 minutos) nos diferentes protocolos intermitentes de alta intensidade.	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%GC = percentual de gordura corporal

[La] = concentração de lactato sanguíneo

[La] pico = maior concentração de lactato sanguíneo

45-15_{FT} = teste triangular intermitente

ATP = adenosina trifosfato

Ca⁺² = íons cálcio

Cf-t = curva força-tempo isométrica

CIVM = contração isométrica voluntária máxima

Cont. = contínuo

CP = creatina fosfato

CRS = capacidade de realizar *sprints* repetidos

E:R = esforço:recuperação

EMG = atividade eletromiográfica

F50 = frequência mediana

FC = frequência cardíaca

FC Pico = frequência cardíaca pico

FCmáx = frequência cardíaca máxima

FFT = Transformada Rápida de Fourier

Fmédia = frequência média

Fr = frequência respiratória

Fr Pico = frequência respiratória pico

Fr máx = frequência respiratória máxima

FSN = funcionalidade do sistema neuromuscular

H⁺ = íon hidrogênio

iEMG = integral da atividade eletromiográfica

kg = quilograma

m = metro

N = newton

PAR-Q = Questionário de prontidão para a atividade física

P_i = fosfato inorgânico

PSE = percepção subjetiva de esforço

R = razão de troca respiratória

R Pico = razão de troca respiratória pico

RF = reto femoral

RMS = *root mean square*

SD = sem diferença estatística

SENIAM = *Surface EMG for Non-Invasive Assessment of Muscles*

SIT = *sprints* intermitentes

TDF = taxa de desenvolvimento de força

TDFp = taxa de desenvolvimento de força pico

TIAI = treinamento intermitente de alta intensidade

Tlim = tempo de exaustão

TM90%FCmáx = tempo de manutenção igual ou acima de 90% da FCmáx

TM90%VO_{2máx} (%Tlim) = Tempo de manutenção igual ou acima de 90% do VO_{2máx} relativo ao tempo de exaustão

TM90%VO_{2máx} (%TT) = Tempo de manutenção igual ou acima de 90% do VO_{2máx} relativo ao tempo total de exercício

TM90%VO_{2máx} = tempo de manutenção em ou acima de 90% do VO_{2máx}

TT = tempo total de exercício

VAM = velocidade aeróbia máxima

VE = ventilação

VE Pico = ventilação pico

VE_{máx} = ventilação máxima

VL = vasto lateral

VM = vasto medial

VCO₂ = produção de dióxido de carbono

VO₂ = consumo de oxigênio

VO₂ Pico = consumo de oxigênio pico

VO_{2máx} = consumo máximo de oxigênio

V_{pico} = velocidade pico

vVO_{2máx} = mínima velocidade associada ao VO_{2máx}

SUMÁRIO

1.0 – INTRODUÇÃO	24
2.0 – OBJETIVOS.....	26
2.1 – Objetivo geral	26
2.2 – Objetivos específicos	26
3.0 – REVISÃO DA LITERATURA	27
3.1 – Treinamento intermitente de alta intensidade	27
3.2 – Respostas cardiorrespiratórias durante treinamento intermitente de alta intensidade.....	31
3.3 – Respostas neuromusculares e treinamento intermitente de alta intensidade.....	39
4.0 – MATERIAIS E MÉTODOS	43
4.1 – Aspectos éticos	43
4.2 – Sujeitos	43
4.3 – Delineamento do estudo	44
4.4 – Levantamento das características gerais	46
4.5 – Avaliações antropométricas e composição corporal	46
4.6 – Teste incremental.....	47
4.7 – Familiarização aos procedimentos empregados na avaliação da curva-força tempo isométrica.....	48
4.8 – Determinação do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) e variáveis respiratórias	48
4.9 – Determinação da frequência cardíaca máxima ($FCmáx$)	49
4.10 – Determinação da velocidade pico (V_{pico})	49
4.11 – Protocolos intermitentes de alta intensidade.....	50
4.12 – Número total de séries, tempo total e tempo de exaustão	51
4.13 – Avaliações das variáveis cardiorrespiratórias durante os protocolos intermitentes	51
4.14 – Tempo de manutenção em ou acima de 90% do $VO_{2máx}$ e da $FCmáx$	52

4.15 – Avaliações neuromusculares	52
4.16 – Avaliação da curva força-tempo	53
4.17 – Atividade eletromiográfica	54
4.18 – Preparação da pele e posição dos eletrodos	55
4.19 – Captação do sinal, marcação e recolocação dos eletrodos	55
4.20 – Processamentos dos sinais após coletas	56
4.20. 1 – Análise dos sinais no domínio do tempo:.....	56
4.20. 1.1 – Root mean square (RMS).....	56
4.20. 2 – Análise dos sinais no domínio da frequência.....	57
4.20. 2.1 – Frequência média (Fmédia).....	57
4.20. 2.2 – Frequência mediana ou frequência de 50% (F50).....	57
4.21 – Análise das concentrações de lactato sanguíneo [La]	57
4.22 – Análise estatística	58
5.0 – RESULTADOS.....	59
5.1 – Características Gerais.....	59
5.2 – Variáveis adquiridas durante o teste incremental.....	59
5.4 – Concentrações de lactato	61
5.5 – Variáveis cardiorrespiratórias.....	62
5.6 – Tempo de manutenção igual ou acima de 90% do $VO_{2máx}$ absoluto relativo ao tempo total de exercício e relativo ao tempo de exaustão e tempo mantido igual ou acima de 90% da frequência cardíaca máxima	62
5.7 – Contração isométrica voluntária máxima em diferentes momentos e protocolos	65
5.8 – Taxa de desenvolvimento de força pico em diferentes momentos e protocolos	67
5.9 – Root mean square em diferentes momentos e protocolos.....	69
5.10 – Frequência média em diferentes momentos e protocolos.....	72
5.11 – Frequência mediana em diferentes momentos e protocolos.....	75
6.0 – DISCUSSÃO	79

6.1 – Número de séries realizadas, tempo total de exercício e exaustão e concentrações de lactato.	79
6.2 – Efeito cardiorrespiratório e no tempo de manutenção próximo ou em 90% do consumo máximo de oxigênio em diferentes razões entre esforço e recuperação.	82
6.3 – Funcionalidade neuromuscular em diferentes razões entre esforço e recuperação em protocolos intermitentes de alta intensidade.	87
7.0 – APLICAÇÃO PRÁTICA	92
8.0 – CONCLUSÃO	93
9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
10 - APÊNDICE A	105
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	105
11 - APÊNDICE B	107
QUESTIONÁRIO – CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	107
12 - APÊNDICE C	108
Exemplo de marcação e remarcação do mapa com papel acetato	108
13 - ANEXO A	109
Parecer do Comitê de Ética da Universidade Federal de Uberlândia	109
14 - ANEXO B	110
Physical Activity Readiness Questionnaire	110

1.0 – INTRODUÇÃO

Para atletas e treinadores de esportes, como corrida e ciclismo, os métodos de treinamento intervalado e contínuo são utilizados em fases da periodização para o aprimoramento das condições fisiológicas e aumento do desempenho (LAURSEN, 2010). Se por um lado o método contínuo é caracterizado por longa duração (>40 minutos), com intensidade de baixa a moderada intensidade (60% do consumo máximo de oxigênio ou cerca de 70% da frequência cardíaca máxima), o método intervalado ou intermitente em alta intensidade, caracteriza-se por diversas combinações de séries entre esforço e recuperação em alta intensidade (>90% da velocidade, frequência cardíaca ou consumo de oxigênio máximo) (PATON; HOPKINS, 2004; SEILER; TØNNESEN, 2009).

Ambos os métodos de treinamento têm mostrado resultados em inúmeras adaptações dos sistemas neuromusculares, metabólicos e cardiorrespiratórios. Adaptações estas, que refletem em melhorias nos índices de consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), economia de exercício e nos limiares de lactato e ventilatório (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; JONES; CARTER, 2000).

Apesar da importância de ambos, a comunidade científica tem nas últimas décadas voltado as atenções para o método intermitente em alta intensidade. De fato, os resultados expressivos relatados em estudos utilizando o treinamento intermitente de alta intensidade (TIAI) tanto em índices fisiológicos como no rendimento desportivo faz jus a essa curiosidade dos cientistas do esporte ao método (ESFARJANI; LAURSEN, 2007; GIBALA et al., 2006)

Diante disso, Gibala et al. (2006) investigaram os efeitos celulares, moleculares e desempenho entre o método contínuo e o método intermitente de alta intensidade. Quatorze indivíduos divididos em dois grupos; um contínuo com duração de 90-120 minutos a 65% do consumo máximo de oxigênio pico (VO_2 Pico) e outro com quatro a seis esforços de 30 segundos “*all-out*” com quatro minutos de recuperação entre os esforços. Ao final de duas semanas de treinamento (três sessões por semana), o tempo para completar um contra-relógio de 30 km no cicloergômetro foi reduzido em 10,1% e 7,5% para o TIAI e contínuo respectivamente, sem diferença entre os dois. Em níveis celulares e moleculares a

capacidade oxidativa e de tamponamento muscular também foram semelhantes entre os protocolos. Assim, dentre as principais vantagens citadas pelos autores, está à otimização do tempo em exercício, visto que adaptações celulares e moleculares, além do desempenho, foram similares, porém foram necessários apenas 10% do volume total do método contínuo para o TIAI responder de forma análoga.

Deveras, as modificações fisiológicas provenientes da alta intensidade associado ao menor tempo necessário para tal, atraem interesses por novas pesquisas na área referente ao método.

Apesar desse interesse, pouco é descrito na literatura sobre os fatores-chave da prescrição da sessão do TIAI. As variações/manipulações da razão entre esforço e recuperação, representam os principais parâmetros que determinam as respostas fisiológicas do protocolo (ASTRAND et al., 1960; BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; NICOLÒ et al., 2014). Dessa forma, existe uma notória lacuna na literatura da ciência do esporte a respeito desses parâmetros, pois poucos estudos são descritos na literatura investigando diferentes razões entre o esforço e a recuperação na corrida nos parâmetros cardiorrespiratórios (ASSADI; LEPERS, 2012; MILLET et al., 2003a; ROZENEK et al., 2007) e nos parâmetros neuromusculares.

De fato, por um lado, os protocolos intermitentes usualmente caracterizam esportes coletivos (futebol, futsal, handebol, basquetebol) que necessitam de rápida transição entre o ataque e a recomposição no processo de defesa. Por outro lado, em atividades contínuas (ciclismo e corrida), os protocolos intermitentes estão presentes durante o período de treinos, principalmente pelos ganhos significativos associados ao desempenho (ESFARJANI; LAURSEN, 2007). Do ponto de vista prático e científico, incrementar novos achados cardiorrespiratórios e neuromusculares aos protocolos de corrida apontará novas possibilidades a técnicos e atletas para a prescrição do treinamento ao longo da temporada, visto que este método é amplamente utilizado em período pré-competitivo e competitivo da temporada anual de atletas envolvidos em competições (PATON; HOPKINS, 2004).

2.0 – OBJETIVOS

2.1 – Objetivo geral

Verificar o efeito de diferentes razões entre esforço e recuperação (E:R) em protocolos intermitentes de alta intensidade, com intensidade fixa, no desempenho cardiorrespiratório e neuromuscular em atletas corredores de rua amadores.

2.2 – Objetivos específicos

- ✓ Estabelecer o número de séries realizadas, tempo de exercício e de exaustão dos diferentes protocolos;
- ✓ Verificar as respostas cardiorrespiratórias durante os protocolos intermitentes;
- ✓ Verificar o tempo de manutenção em ou acima de 90% do consumo de oxigênio;
- ✓ Quantificar as concentrações de lactato antes, imediatamente após, cinco minutos após e dez minutos após os protocolos (momentos pré, pós 5 minutos e pós 10 minutos); e
- ✓ Verificar o comportamento da curva força-tempo isométrica (Cf-t) e a atividade eletromiográfica (EMG) antes, cinco e dez minutos após cada protocolo (momentos pré, pós 5 minutos e pós 10 minutos).

3.0 – REVISÃO DA LITERATURA

3.1 – *Treinamento intermitente de alta intensidade*

O treinamento intermitente de alta intensidade (TIAI) é definido, de forma didática, por séries repetidas curtas (≤ 60 segundos) ou longas (≥ 60 segundos) de esforços em alta intensidade, alternada por períodos de recuperação, envolvendo atividades passivas (sem esforço) ou ativas (com esforço leve) (BILLAT, 2001; BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; SEILER; HETLELID, 2005).

Esse protocolo foi descrito pela primeira vez em uma revista científica no final da década de 1950 e popularizado pelo campeão olímpico Emil Zatopek, cujos resultados expressivos nas provas dos 5.000 e 10.000 metros (14 minutos 06 segundos e 29 minutos 17 segundos, respectivamente), em uma mesma edição dos Jogos Olímpicos de Verão (realizado na cidade de Helsinque, Finlândia, em 1952), acarretaram em modificações no modo de conduzir e planejar os treinamentos de outros atletas (BILLAT, 2001; BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a). A alta velocidade alternada por períodos de recuperação em baixa velocidade era a característica marcante do treinamento do competidor.

Seguramente, a evolução contínua da ciência do esporte contribuiu para a acumulação do conhecimento na área ao crescer novas evidências ao treinamento desportivo; não distante, o TIAI transformou-se em uma das melhores formas de melhorar o desempenho de atletas amadores, recreacionais e/ou profissionais.

Relatos propõem que o TIAI deva ser utilizado, especialmente, em corredores de meio-fundo (800, 1.500 e 3.000 metros) e fundo (de 5.000 a 10.000 metros), principalmente porque a última volta da prova dos 10.000 metros é realizada em menos de 1 minuto, acima de $24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, o que é bem acima da velocidade em que o consumo máximo de oxigênio é atingido (BILLAT, 2001; THIEL et al., 2012). Assim, parece viável que competidores e técnicos utilizem esse método de treinamento, dentro de sua planificação do treino, visando a melhorar o desempenho. De forma análoga à informação supracitada, é importante que os envolvidos com a prescrição das sessões do TIAI tenham o entendimento completo de algumas variáveis que

estimulam de forma peculiar aspectos fisiológicos ligados ao desempenho (BILLAT, 2001; BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; LAURSEN; JENKINS, 2002).

Resumidamente, a intensidade e a duração do esforço e da recuperação são consideradas fatores-chave para a prescrição das sessões do TIAI (ASTRAND et al., 1960; BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; CHRISTENSEN; HEDMAN; SALTIN, 1960; MIDGLEY; MCNAUGHTON; WILKINSON, 2006). Ademais, outras variáveis, como a escolha da modalidade (corrida, ciclismo, natação etc.), o número de séries executadas por sessão e a duração dessas séries, podem, de maneira isolada, exercer impacto nas respostas cardiopulmonares, metabólicas e neuromusculares (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a). A Figura 1 apresenta essas variáveis de forma esquemática.

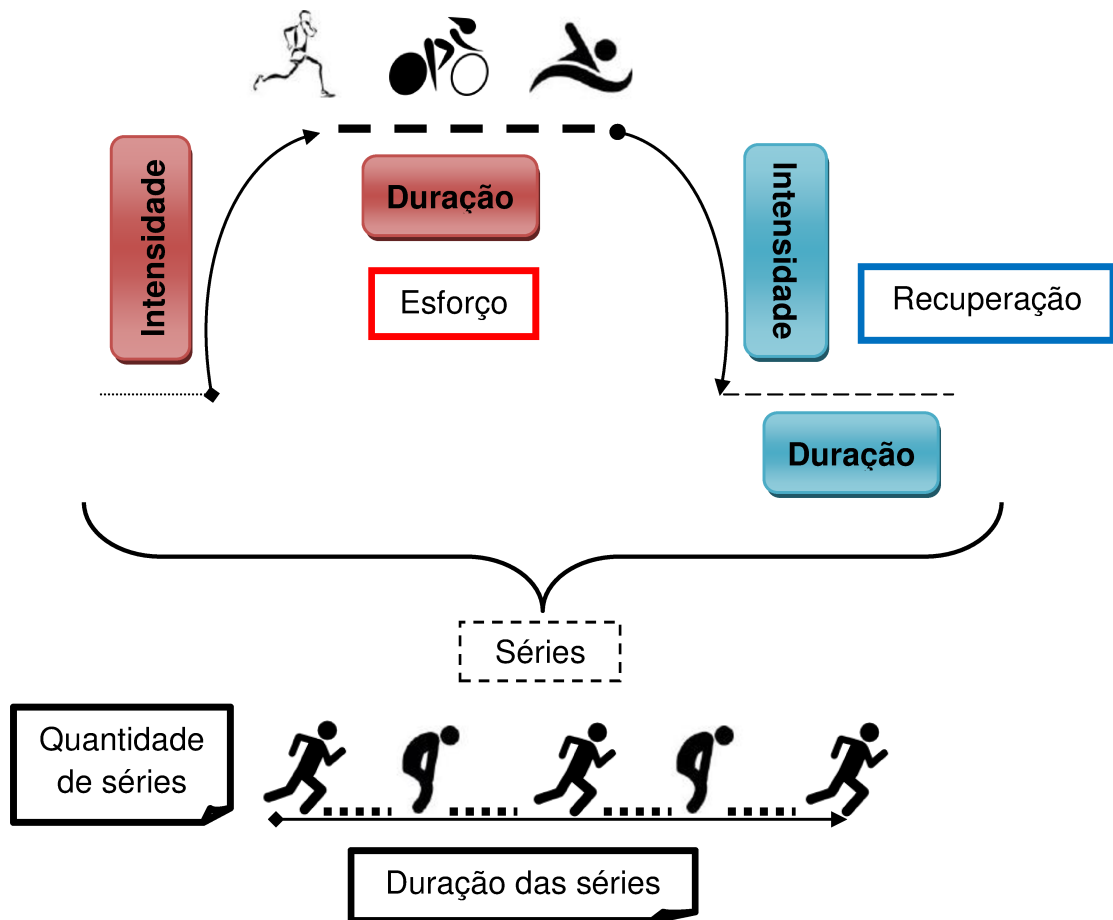


Figura 1 - Representação das variáveis que podem ser alteradas/manipuladas durante a prescrição do TIAI

Outro ponto importante que também merece destaque é a existência da relação, ou razão, entre o esforço e a recuperação (esforço:recuperação [E:R]). Desde o primeiro estudo que a divulgou, investiga-se tal razão, que, inclusive, é usada para a distinção dos protocolos intermitentes (ASTRAND et al., 1960; MILLET et al., 2003a).

De maneira a exemplificar como essas variáveis são identificadas e como elas são investigadas no meio científico, dois estudos apresentam-se a seguir. O primeiro é de Price e Moss (2007), cuja investigação propunha alterar o volume da relação entre o esforço e a recuperação e identificar as respostas fisiológicas entre eles. Para tanto, os autores propuseram que nove jovens fisicamente ativos realizassem dois protocolos intermitentes em alta intensidade na mesma razão E:R (1:1.5). Os protocolos envolviam realizar esforços em uma esteira por 6 ou 24 segundos com recuperação passiva de 9 ou 36 segundos, respectivamente (6:9 e 24:36), com intensidade fixa de esforços de 120% da velocidade em que o consumo máximo de oxigênio foi atingido no teste incremental, tendo a duração da série de 20 minutos. Após a investigação, foi possível verificar que volumes maiores de esforços (24 segundos de esforços com 36 segundos de recuperação – 24:36) foram mais propensos a estressar e potencializar a melhora das variáveis fisiológicas do que os de menor volume (6 segundos de esforço com 9 segundos de recuperação – 6:9).

O segundo estudo, de Nicolò et al. (2014), propôs que 13 ciclistas realizassem números máximos de esforços de 40 ou 30 segundos com recuperação passiva de 20 ou 30 segundos, respectivamente (40:20 e 30:30, razão E:R de 2:1 e 1:1, respectivamente), com intensidade de 135% da potência máxima no cicloergômetro. Avaliações metabólicas e neuromusculares foram aferidas ao longo dos protocolos. Os autores notaram que o protocolo 30:30 perdurou por quase quatro vezes mais do que o protocolo 40:20 (38 ± 13 minutos vs. 10 ± 3 minutos, respectivamente), porém com valores menores nas relações metabólicas investigadas. Em relação aos aspectos neuromusculares, os protocolos não se diferiram.

Como a prescrição do TIAI envolve uma série de variáveis que podem ser manipuladas, esses dois estudos apresentados exploraram as mesmas variáveis de formas diferentes. Além de serem de modalidades diferentes (corrida e ciclismo), outros dois aspectos devem ser destacados. No primeiro estudo (PRICE; MOSS,

2007), houve tempo fixo de 20 minutos para realizarem os protocolos, o que não aconteceu no segundo estudo (NICOLÒ et al., 2014), que foi interrompido pela exaustão dos voluntários. O segundo ponto de destaque é a diferença da razão entre esforço e recuperação: no estudo de Price e Moss (2007) essa razão é fixa entre os protocolos (1:1.5), já Nicolò et al. (2014) as distinguiu em duas razões diferentes (1:1 e 2:1). Assim, esses estudos demonstraram como o TIAI é infinitamente mutável, com adaptações fisiológicas induzidas pela natureza dos estímulos do exercício, ou seja, a intensidade, a duração e o número de esforços realizados, a duração das séries, entre outros (GIBALA et al., 2012).

Somados aos informes supracitados, é importante adicionar à discussão o fato de a faixa de intensidade na qual o TIAI é prescrito poder definir o formato do protocolo (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a). Com os avanços e a popularização dos estudos em esforços máximos, chamados de *all-out*, e o melhor entendimento da capacidade de repetir *sprints* e o treinamento de *sprint* intermitente voltado para esportes que exigem demandas anaeróbias – como o futsal, o basquetebol e o handebol –, adicionados aos já mencionados esforços de curta (≤ 60 segundos) e longa duração (≥ 60 segundos), foi necessário criar nomenclaturas e definições para os diferentes tipos de TIAI (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a).

Esses formatos de TIAI foram divididos em cinco categorias. Na primeira, os esforços são longos e situados entre 90% e 100% da velocidade na qual o consumo de oxigênio é atingido. Nela, os protocolos caracterizam-se por esforços acima de 60 segundos, cujos estímulos provocam exigências dos sistemas de utilização e transporte de oxigênio, bem como certo grau de exigência neuromuscular (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a). Na segunda categoria, os esforços são curtos, abaixo de 60 segundos, e situados entre 100% e 120% da velocidade na qual o consumo de oxigênio é atingido. Da mesma forma como os de longa duração, esses estímulos provocam exigência dos sistemas de transporte e utilização de oxigênio, bem como do sistema cardiopulmonar e do anaeróbio glicolítico de obtenção de energia, além de certa exigência neuromuscular (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a). Essas duas primeiras categorias, por ativarem o sistema cardiorrespiratório, são as principais formas de prescrição do treinamento quando o intuito é melhorar aspectos fisiológicos do consumo de oxigênio (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; LAURSEN; JENKINS, 2002; TSCHAKERT; HOFMANN, 2013).

Adiante, quando os *sprints* são repetidos, eles podem ser classificados como capacidade de realizar *sprints* repetidos (CRS) e *sprints* intermitentes (SIT), terceira e a quarta categoria, respectivamente. *Sprints* intermitentes são realizados abaixo de 10 segundos ($\leq 10s$), com 60 a 300 segundos de recuperação. Já os *sprints* repetidos são esforços realizados abaixo de 10 segundos ($\leq 10s$), com usualmente 60 segundos mínimos ($\leq 60 s$) de recuperação. O ponto de diferença entre eles é o tempo de recuperação e a intensidade na qual geralmente são realizados (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; GIRARD; MENDEZ-VILLANUEVA; BISHOP, 2011). Esses protocolos são comumente utilizados para investigações voltados a esportes que têm como característica a habilidade de repetir esforços a todo o momento (GIRARD; MENDEZ-VILLANUEVA; BISHOP, 2011; SPENCER et al., 2005).

Por fim, na quinta categoria estão os protocolos intermitentes de alta intensidade no modo *all-out*, que consistem em esforços máximos de 30 segundos com intervalos de recuperação de 2 a 4 minutos realizados em cicloergômetro. Uma sessão típica desse modelo dura entre 4 e 6 minutos, sendo que o treinamento tem importantes respostas a níveis moleculares e de desempenho (GIBALA, 2009; GIBALA et al., 2006; GILLEN; GIBALA, 2014).

Desse modo, é imprescindível que preparadores físicos, técnicos e atletas saibam compreender e controlar variáveis, como intensidade do esforço e da recuperação, a razão esforço:recuperação, número de séries, entre outras, a fim de que, ao final da sessão de treinamento ou de um período estipulado, os resultados sejam alcançados com sucesso, refletindo em um bom desempenho do atleta.

3.2 – Respostas cardiorrespiratórias durante treinamento intermitente de alta intensidade

Desde os primeiros experimentos envolvendo TIAI, distintos estudos foram desenvolvidos com a intenção de analisar e descrever o comportamento cardiorrespiratório durante sessões intermitentes de exercício. De fato, esses estudos procuraram averiguar o comportamento de variáveis como a frequência cardíaca (FC), o consumo de oxigênio (VO_2) e ventilação (VE) em distintas modalidades, com diferentes intensidades, duração e populações.

Estudos clássicos da década de 1960 já se preocupavam com tais informações cardiorrespiratórias (ASTRAND et al., 1960; CHRISTENSEN; HEDMAN; SALTIN, 1960). Um desses estudos, o de Astrand et al. (1960), investigou diferentes relações de esforço e recuperação (E:R) em um indivíduo no que se refere aos aspectos cardiorrespiratórios (VO_2 , FC e VE). Achados dos autores remetem a informação de que esforços mais longos (dois minutos de esforço por dois minutos de recuperação [2:2] e três minutos de esforços por três minutos de recuperação [3:3]) podem exercer melhoras significativas no que se refere aos aspectos respiratórios e circulatórios do que protocolos mais curtos (meio minuto de esforço por meio minuto de recuperação [$1/2:1/2$]; um minuto de esforço por um minuto de recuperação [1:1]). Essas informações foram baseadas nas respostas mais acentuadas, ou seja, pelos maiores valores, provocados, principalmente, pelo estresse cardiorrespiratório dos protocolos mais longos.

Assim, com os resultados supracitados, parece oportuno presumir que os protocolos de alta intensidade, cujo intuito é melhorar os componentes cardiorrespiratórios, devem exigir uma alta demanda desses elementos. Por certo, os trabalhos das últimas décadas são extensões dos achados clássicos (ASTRAND et al., 1960; CHRISTENSEN; HEDMAN; SALTIN, 1960), mas com novas tecnologias, métodos e aparelhos de maior precisão (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a).

No que concerne aos aspectos cardiorrespiratórios, o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) é a variável fisiológica que melhor descreve a capacidade funcional e a aptidão do sistema cardiovascular e respiratório (BRANDON, 1995; FOSS; KETEYIAN, 2000). Por definição, o $VO_{2máx}$ é a maior quantidade de oxigênio que pode ser captado, transportado e utilizado pelas células durante o exercício intenso (BASSETT; HOWLEY, 2000; HAWKINS et al., 2007; HOWLEY; POWERS, 2014).

Assim, sabe-se que, juntamente com a economia de corrida e o limiar de lactato, o $VO_{2máx}$ é um dos fatores contribuintes para o sucesso no desempenho em corridas de média e longa distância (BRANDON, 1995; LORENZ et al., 2013; SHAW et al., 2015). Ademais, como a margem de sucesso é pequena em corridas de longas distâncias (cinco quilômetros a dez quilômetros), progressos sutis em

qualquer um desses parâmetros podem resultar em ganhos substanciais de desempenho (SHAW et al., 2015).

Em vista dos argumentos citados, o protocolo intermitente de alta intensidade, que sobrecarrega os componentes cardiorrespiratórios, tem sido sugerido como uma excelente estratégia quando o intuito é melhorar o $VO_{2máx}$ (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; MIDGLEY; MC NAUGHTON, 2006; MIDGLEY; MCNAUGHTON; CARROLL, 2007a; MIDGLEY; MCNAUGHTON; WILKINSON, 2006). Como o $VO_{2máx}$ é o produto do débito cardíaco máximo pela diferença máxima de oxigênio arterial-venoso, quaisquer desses componentes exigidos em frações máximas pode aumentar o $VO_{2máx}$ potencialmente (MIDGLEY; MCNAUGHTON; WILKINSON, 2006).

Em consequência, há um interesse crescente por parte da comunidade científica para caracterizar protocolos intermitentes de alta intensidade que permitam que o indivíduo permaneça ou se mantenha por alguns minutos, por sessão, em “zona de intensidade vermelha”, o que corresponderia a atingir uma intensidade superior a 90% do $VO_{2máx}$ (BILLAT, 2001; GIRARD; MENDEZ-VILLANUEVA; BISHOP, 2011; SEILER; TØNNESEN, 2009). Alguns autores postulam que, ao alcançar e manter-se nessa “zona de intensidade”, nos quais frações entre 90 e 100% do consumo máximo são atingidos, estímulos para melhorar o $VO_{2máx}$ são alcançados; além disso, essas frações de intensidade são critérios relevantes para caracterizar e analisar os estímulos do exercício (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; DUPONT et al., 2002). Nesse contexto, um volume considerável de estudos preconizou caracterizar a melhor intensidade, razão esforço:recuperação e tipo de recuperação (ativa ou passiva) no tempo de manutenção em ou acima de 90% $VO_{2máx}$.

Vale a pena chamar a atenção para a dificuldade de interpretação dos resultados frente aos diferentes métodos empregadas nos estudos. Limitam as comparações entre os estudos considerações relativas ao modo como o exercício é executado (esteira ou pista aberta), como são determinados o $VO_{2máx}$ e a velocidade da sessão de treinamento (velocidade aeróbica máxima, velocidade pico ou mínima velocidade associada ao $VO_{2máx}$ [$vVO_{2máx}$]), considerações relativas a variação do $VO_{2máx}$ entre os dias, cinética do consumo de oxigênio, tempo de exaustão da sessão, entre outras. Assim, os informes subsequentes merecem atenção ao serem interpretados.

No que diz respeito à intensidade que poderia potencializar o tempo de manutenção em ou acima de 90% do $VO_{2m\acute{a}x}$ ($TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$), alguns estudos procuraram caracterizá-la com diferentes relações de E:R. De tal modo, Dupont et al. (2002), com relação fixa de esforço e recuperação de 15 segundos (E:R = 1:1), investigaram se intensidades a 110%, 120%, 130% e 140% da velocidade aeróbia máxima (VAM) e 100% de forma contínua, avaliada em pista, se comportariam de formas diferentes. Os resultados apontaram para maiores $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ para intensidades de 110% e 120%. Paralelamente, resultados semelhantes foram descritos por De Aguiar et al. (2013), que, em seu estudo, propuseram que os voluntários realizassem esforços de 30 segundos com 15 segundos de recuperação (E:R = 2:1) em esteira ergométrica. As intensidades 100%, 110% e 120% da $vVO_{2m\acute{a}x}$ foram comparadas entre si, sendo a intensidade de 110% a que apresentou maiores valores do $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$. Vale a pena destacar que esses dois estudos utilizaram atividades passivas (sem esforço) durante a recuperação (TABELA 1).

Assim, com a hipótese de que o $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ poderia ser potencializado com atividades ativas (com esforço leve) durante a fase de recuperação, alguns estudos, ainda tentando entender o comportamento da intensidade em razões E:R fixas, propuseram atividades recuperativas durante os protocolos. Tendo isso em vista, Millet et al. (2003b) investigaram sete homens triatletas, com intensidade de 100 e 105% da $vVO_{2m\acute{a}x}$, com esforços de 30 segundos e atividade recuperativa de 50% da $vVO_{2m\acute{a}x}$. Os resultados apontaram para valores mais acentuados em intensidades de 105%.

Curiosamente, Thevenet et al. (2007), utilizando a mesma relação de E:R (1:1 – 30:30) do estudo anterior, mas com intensidades de esforço relativas à VAM (100 e 110%), com intensidade de recuperação de 50%, não encontraram diferença entre as intensidades no $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$. As especulações dos resultados ficam a cargo do tempo em exercício (100 > 110%), que pode ser fator determinante para que o $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ seja mais acentuado (TABELA 1).

Ainda com respeito ao modo de recuperação, alguns autores postulam que atividades de esforço leve durante a fase de recuperação seriam uma ótima estratégia para potencializar o $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$, sobretudo pela aceleração da cinética do consumo de oxigênio no início da sessão de treinamento e o menor índice de redução do VO_2 (flutuação) entre as séries (THEVENET et al., 2008). Porém, essa

hipótese não foi confirmada quando a recuperação ativa é comparada com a passiva (DUPONT; BERTHOIN, 2004; THEVENET et al., 2007b), mesmo com intensidades referentes a 105 ou 120% da VAM, com relações de E:R de 15 ou 30 segundos, com recuperação de 50% da VAM. Sendo assim, parece oportuno especular que as recuperações ativa ou passiva não se diferem no $TM90\%VO_{2máx}$ (TABELA 2).

Concluindo uma série de observações importantes para aprimorar o $TM90\%VO_{2máx}$, a razão E:R também faz parte de investigações e tem papel primordial nas respostas finais da sessão de treinamento. Por recomendação, os esforços devem ter a duração de 15 e 30 segundos, com o mesmo tempo de recuperação (MIDGLEY; MC NAUGHTON, 2006), porém esforços de 15 segundos, quando comparados a esforços mais longos, apresentam menores valores de $TM90\%VO_{2máx}$ (TABELA 3). Assim, esforços entre 30 e 60 segundos, com recuperação abaixo de 30 segundos e razão E:R de 2:1 ou 4:1, parece ser mais propensos a ativar e melhorar potencialmente o sistema cardiorrespiratório (TABELA 3). Para além dos achados referentes à afirmação acima, um estudo não demonstrou nenhuma diferença entre diferentes razões E:R (15:15, 30:30 e 60:60) no $TM90\%VO_{2máx}$ (ASSADI; LEPERS, 2012). Assim, mais estudos devem ser guiados a fim de que diferentes relações de E:R sejam mais bem compreendidas.

Resumidamente, apesar de não existir um padrão ou uma combinação ideal de intensidade do esforço, forma da recuperação (ativa ou passiva) e razão E:R que permita manter um maior tempo em ou acima de 90% do $VO_{2máx}$, parecem ser sugestivos para a prescrição da sessão de TIAI os informes acima, cujas intensidades estão entre 100% e 120%, independentemente da forma de recuperação (ativa ou passiva), com esforços entre 30 e 60 segundos. As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam resumidamente os estudos citados acima, que investigaram as variáveis intensidade, forma de recuperação e razão E:R, respectivamente, em corrida (pista ou esteira).

Tabela 1 - Estudos com treinamento intermitente de alta intensidade com comparações entre intensidades

Estudo	Sujeitos	Intensidade (%) E:R	E:R (s)	TM90%VO _{2máx} (s)	Principais resultados
		100% Cont. (VAM)	-	217 ± 114	
Dupont et al., (2002)	9 indivíduos	110:00 (VAM)	15:15	383 ± 180	TM90%VO _{2máx} = ↑ 110%
#	fisicamente ativos	120:00 (VAM)	15:15	323 ± 272	TM90%VO _{2máx} = ↑ 120%
		130:00 (VAM)	15:15	135 ± 133	
		140:00 (VAM)	15:15	77 ± 96	
Millet et al., (2003b)	7 triatletas bem	100:50 (vVO _{2máx})	30:30	167,6 ± 131,3	TM90%VO _{2máx} = ↑ 105%
#	treinados	105:50 (vVO _{2máx})	30:30	338,1 ± 149,3	
Thevenet et al.,	9 corredores de	100:50 (VAM)	30:30	300 ± 150,3	TM90%VO _{2máx} = SD
(2007a) #	endurance	110:50 (VAM)	30:30	197,8 ± 148,1	
De Aguiar et al.,	8 indivíduos	100:00 (vVO _{2máx})	30:15	302,5 ± 158,5	TM90%VO _{2máx} = ↑ 110%
(2013)	fisicamente ativos	110:00 (vVO _{2máx})	30:15	373,8 ± 104,2	TM90%VO _{2máx} = ↑ 100%
		120:00 (vVO _{2máx})	30:15	177,5 ± 25,6	

Fonte: O autor.

Nota: E:R = razão esforço:recuperação; TM90%VO_{2máx} = tempo de manutenção em ou acima de 90% do consumo máximo de oxigênio; Cont. = contínuo; VAM = velocidade aeróbia máxima; vVO_{2máx} = mínima velocidade associada ao VO_{2máx}; ↑ = maiores valores; # = Teste realizado em pista aberta; SD = sem diferença estatística.

Tabela 2 - Estudos com treinamento intermitente de alta intensidade com comparações entre recuperação ativa vs. recuperação passiva

Referência	Sujeitos	Intensidade (%) E:R	E:R (s)	TM90%VO _{2máx} (s)	Principais resultados
Dupont; Berthoin (2004) #	12 indivíduos	120:00 (P) (VAM)	15:15	317 ± 132	TM90%VO _{2máx} = SD
	fisicamente ativos	120:50 (A) (VAM)		282 ± 117	
Thevenet et al., (2007b) #	8 corredores de endurance	105:00 (P) (VAM)	30:30	548 ± 499	TM90%VO _{2máx} = SD
		105:50 (A) (VAM)		746 ± 417	

Fonte: O autor.

Nota: E:R = razão esforço recuperação; TM90%VO_{2máx} = tempo de manutenção em ou acima de 90% do consumo máximo de oxigênio; Cont. = contínuo; P = pausa passiva; A = pausa ativa; VAM = velocidade aeróbia máxima; # = Teste realizado em pista aberta; SD = sem diferença estatística.

Tabela 3 - Estudos com treinamento intermitente de alta intensidade com comparações entre diferentes razões entre esforço e recuperação

Referência	Sujeitos	Intensidade (%) E:R	E:R (s)	TM90%VO _{2máx} (s)	Principais resultados
Millet et al., (2003a)	8 triatletas bem treinados	100:50 (vVO _{2máx})	30:30	148,6 ± 132,8	TM90%VO _{2máx} = ↓ 30:30
		100:50 (vVO _{2máx})	60:30	530,8 ± 187,1	
		100:50 (vVO _{2máx})	Tlim:Tlim	486,3 ± 176,2	
		100% Cont.(vVO _{2máx})	-	186,2 ± 83,2	
Rozenek et al., (2007)	12 homens saudáveis	100:50 (vVO _{2máx})	15:15	00 ± 00	100% Cont. < 60:15
		100:50 (vVO _{2máx})	30:15	247,5 ± 172,5	TM90%VO _{2máx} = ↓ 15:15
		100:50 (vVO _{2máx})	60:15	323,7 ± 118,4	
Assadi; Lepers (2012) #	18 homens fisicamente ativos	100:00 (45-15 _{FIT})	15:15	553 ± 306	TM90%VO _{2máx} = SD
		100:00 (45-15 _{FIT})	30:30	531 ± 413	
		100:00 (45-15 _{FIT})	60:60	437 ± 191	

Fonte: O autor.

Nota: E:R = razão esforço recuperação; TM90%VO_{2máx} = tempo de manutenção em ou acima de 90% do consumo máximo de oxigênio; vVO_{2máx} = mínima velocidade associada ao VO_{2máx}; Tlim = tempo de exaustão; Cont. = contínuo; P = pausa passiva; A = pausa ativa; 45-15_{FIT} = teste triangular intermitente; # = Teste realizado em pista aberta; SD = sem diferença estatística.

3.3 – Respostas neuromusculares e treinamento intermitente de alta intensidade

Nas últimas décadas, o estudo da atividade eletromiográfica tem ganhado espaço em meio à comunidade científica envolvida com o desporto. Seu destaque em meio aos cientistas da área advém, principalmente, do fato de ser uma técnica que permite avaliar o desempenho do sistema neuromuscular por meio de sinais elétricos emanados pelos músculos (KONRAD, 2005).

Do ponto de vista fisiológico, a eletromiografia compreende a somatória dos potenciais de ação emanados das unidades motoras, detectados por eletrodos colocados sobre a pele que recobre o músculo. A informação extraída a partir do registro do sinal eletromiográfico é considerada uma medida global da atividade da unidade motora (CHOWDHURY et al., 2013; FARINA et al., 2004; KONRAD, 2005).

As características do sinal eletromiográfico, tais como a sua amplitude e a frequência, dependem das propriedades da membrana das fibras musculares. Em suma, a amplitude reflete o recrutamento, a frequência de disparo e a sincronização das unidades motoras. Por sua vez, a frequência remete a índices relacionados à velocidade de condução do estímulo pela fibra muscular e a alterações na sincronização e na frequência de disparo das unidades motoras (DE LUCA, 1997).

Ademais, na tentativa de melhor compreender o efeito do desempenho da funcionalidade do sistema neuromuscular (FSN), alguns pesquisadores têm registrado, simultaneamente, a atividade eletromiográfica (EMG) e a curva força-tempo isométrica (Cf-t) em atividades envolvendo a corrida (MILLET et al., 2002, 2003c; NICOL; KOMI; MARCONNET, 1991; TOMAZIN et al., 2012).

O registro da Cf-t permite avaliar expressões de força muscular relativas à taxa de desenvolvimento de força (TDF) e a contração isométrica voluntária máxima (CIVM). A TDF, segundo Aagaard et al., (2002), é determinada pela inclinação inicial da Cf-t isométrica (Δ força/ Δ tempo), sendo utilizada como o critério que permite quantificar a capacidade de o sistema neuromuscular exercer força rápida. Essa força explosiva, geralmente, envolve tempos de contração entre 50 a 200 milissegundos. Postula-se, no meio científico, que a TDF é correlacionada ao parâmetro de desempenho, relativo à economia de corrida, justificado pela ativação mais eficiente dos neurônios motores e das fibras musculares (STOREN et al.,

2008). Por sua vez, a CIVM reflete a capacidade do sistema neuromuscular de gerar tensão máxima, sendo sua expressão dependente de fatores neurais e biomecânicos (KURIKI et al., 2012).

Tendo em vista que o TIAI causa uma série de estresse no sistema muscular – o que inclui alterações associadas ao desempenho desenvolvido pelas tensões nos músculos locomotores, recrutamento de fibras musculares e alterações na capacidade de gerar força –, expandir o conhecimento acerca do protocolo poderá elucidar a técnicos e a atletas o comportamento da funcionalidade neuromuscular da sessão de treinamento (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013b). Ademais, com o entendimento desses índices, os períodos de recuperação entre protocolos ou entre a sessão subsequente do treinamento poderão ser planejados. Avançando em uma perspectiva prática, treinadores de atletas de meio fundo e/ou fundo, muitas vezes, procuram aumentar o estresse neuromuscular da sessão do TIAI a fim de fazer com que o atleta resista à fadiga na expectativa de melhorar a economia de corrida (BARNES; KILDING, 2014; BONACCI et al., 2009). Porém, com frequência o conhecimento fiel desse estresse neuromuscular provocado pela sessão é nulo.

Apesar dos fatos levantados, surpreendentemente, são escassos na literatura científica estudos com análises do sistema neuromuscular sobre atividades intermitentes de alta intensidade de curta duração (≤ 60 segundos) envolvendo a corrida. Na literatura consultada, estudos com avaliações da funcionalidade do sistema neuromuscular estão, em grande volume, envolvidos com corrida de forma contínua de grandes distâncias (de 30.000 a 42.195 metros) (MILLET et al., 2003c; NICOL; KOMI; MARCONNET, 1991; PETERSEN et al., 2007), ou de curta distância (100, 200, 400 ou 5.000 metros) (NUMMELA et al., 2008; TOMAZIN et al., 2012).

Em comum, esses estudos referem-se à queda ou à alteração nos níveis neuromusculares como alusivo à fadiga. Por definição, a fadiga muscular pode ser determinada como qualquer redução, induzida pelo exercício, nos níveis de força e potência produzida por um músculo ou um grupo muscular (MILLET, 2011). Além da queda de força, a fadiga pode ser medida por alterações nas características dos sinais eletromiográficos (amplitude e frequência), diminuição na velocidade de condução da fibra e acúmulos de metabólitos, como o íon hidrogênio (H^+) (ABBISS CR, 2005; BIGLAND-RITCHIE; WOODS, 1984).

Nessa perspectiva, com o intuito de analisar a fadiga em protocolos de longa distância, com análises de força e registros eletromiográficos, Nicol; Komi; Marconnet (1991) encontraram reduções nos níveis de CIVM ($26 \pm 14\%$) na integral da atividade eletromiográfica (iEMG) do vasto lateral ($42 \pm 25\%$) e do vasto medial ($36 \pm 26\%$), avaliadas em extensão de joelho ao final de uma maratona (42.195 metros). Os autores sugerem que repetidos ciclos alongamento-encurtamento afetam a produção de força com reduções na eficiência dos mecanismos contráteis.

Em uma distância menor (30.000 metros), reduções da CIVM ($23,5 \pm 14,9\%$) e da atividade eletromiográfica medidas pelo *root mean square* (RMS) do vasto lateral ($20,9 \pm 18,4\%$), avaliadas em extensão de joelho, foram explicadas como consequência da fadiga central (MILLET et al., 2003c). Em distâncias mais curtas, Tomazin et al. (2012) e Nummela et al. (2008) também encontraram reduções na CIVM dos extensores do joelho de 14% e 15% após 400 e 5.000 metros de corrida, respectivamente. A partir dos achados, os autores concluíram que a redução da CIVM ocorreu em função de fatores de fadigas periféricas e centrais.

Assim, parece oportuno afirmar que reduções nos níveis de força dependem do tempo de duração e da intensidade da atividade executada (MILLET; LEPERS, 2004; MILLET, 2011). Dessa forma, em atividades intermitentes de alta intensidade, as expressões de força e as características eletromiográficas podem ser dependentes do tempo de duração e da intensidade da sessão executada.

Um dos poucos estudos com avaliações da funcionalidade do sistema neuromuscular e protocolo intermitente de alta intensidade em corrida foi descrito por Lattier et al. (2004). Os autores propuseram avaliar oito indivíduos bem treinados em um protocolo intermitente de um minuto de esforço com dois minutos de recuperação passiva a 120% da VAM. Detalhe interessante do estudo diz respeito aos 18% de inclinação da esteira. O objetivo dos autores era quantificar as modificações neuromusculares (CIVM e EMG) em extensão do joelho após o protocolo. Os resultados apontaram para redução da CIVM em 7%, com queda da taxa de desenvolvimento de força em 25%, sem redução significativa do sinal eletromiográfico após as dez execuções requeridas. Essas reduções provavelmente estão ligadas à falha no acoplamento excitação-contração, com falha na transmissão do potencial de ação.

Em virtude dos fatos envolvendo a funcionalidade do sistema neuromuscular mencionados, as reduções de força e sinais eletromiográficos estão atreladas a fatores como o distúrbio na transmissão neuromuscular entre o sistema nervoso central e a membrana muscular (fatores centrais), além de fatores metabólicos, como a acumulação de H^+ e fosfato inorgânico (P_i), os quais limitam a liberação de íons cálcio (Ca^{+2}), diminuindo o número de pontes cruzadas (fatores periféricos) e acarretando a queda no recrutamento de unidades motoras e a diminuição da frequência de disparo dos motoneurônios (ALLEN; LÄNNERGREN; WESTERBLAD, 1995; LATTIER et al., 2004).

4.0 – MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 – Aspectos éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Uberlândia com o número 974.358/2015 e respeitou todas as normas do Conselho Nacional de Saúde (466/12) a cerca de pesquisas envolvendo seres humanos (ANEXO A).

Inicialmente, os voluntários foram esclarecidos verbalmente e textualmente em relação aos objetivos e condições (riscos e benefícios) do estudo. Todos foram informados que poderiam abdicar da participação do estudo a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação e sem necessidade de justificar-se ao pesquisador responsável.

Aqueles que aceitaram participar voluntariamente assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A).

4.2 – Sujeitos

Num primeiro momento, foram recrutados 13 voluntários, porém, em meio às coletas de dados, o ergoespirômetro apresentou problemas, então a amostra final foi composta por 11 sujeitos.

Os voluntários eram habituados a treinos e eventos de corrida de rua, eram não fumantes, considerados saudáveis após exame clínico (questionário de prontidão para a atividade física [PAR-Q]), tendo sido recrutados de forma intencional, não probabilística por conveniência. Eles informaram não fazer uso regular de suplementação de creatina ou outra substância que alterasse o rendimento; possuíam tempo igual ou inferior a 22 minutos em provas competitivas ou treinos nos cinco quilômetros e igual ou inferior a 45 minutos nos dez quilômetros. Vale destacar que todos os voluntários tinham familiaridade em corrida na esteira e com testes de desempenho.

As características gerais (antropometria, treinamento e experiência na modalidade) estão descritos na Tabela 4 na seção de resultados.

4.3 – Delineamento do estudo

Todos os voluntários compareceram ao Laboratório de Fisiologia do Desempenho e no Laboratório de Biomecânica da Faculdade de Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia em quatro ocasiões num período de, no máximo, duas semanas. Primeiro, os voluntários responderam a um questionário para levantamento das características gerais; tiveram as características antropométricas determinadas; realizaram teste incremental até a exaustão em esteira para determinação da velocidade pico, da frequência cardíaca máxima e do consumo máximo de oxigênio. Depois, foram familiarizados com o teste de contração isométrica voluntária máxima de membros inferiores e, por fim, houve sorteio das relações E:R (40:40, 30:30 e 40:20). Nas visitas subsequentes (dois, três e quatro) foram feitas as análises neuromusculares e cardiorrespiratórias das três relações investigadas no estudo.

Durante os testes, foram feitas análises de FC, VO_2 , VE, frequência respiratória (Fr) e razão de troca respiratória (R).

Concentrações de lactato sanguíneo [La] foram analisadas nos momentos pré, imediatamente após, após cinco (pós 5) e após dez (pós 10) minutos. Contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) e atividade eletromiográfica dos músculos vasto lateral, reto femoral e vasto medial da perna direita foram avaliadas nos momentos pré, após cinco (pós 5) e após dez (pós 10) minutos de cada condição.

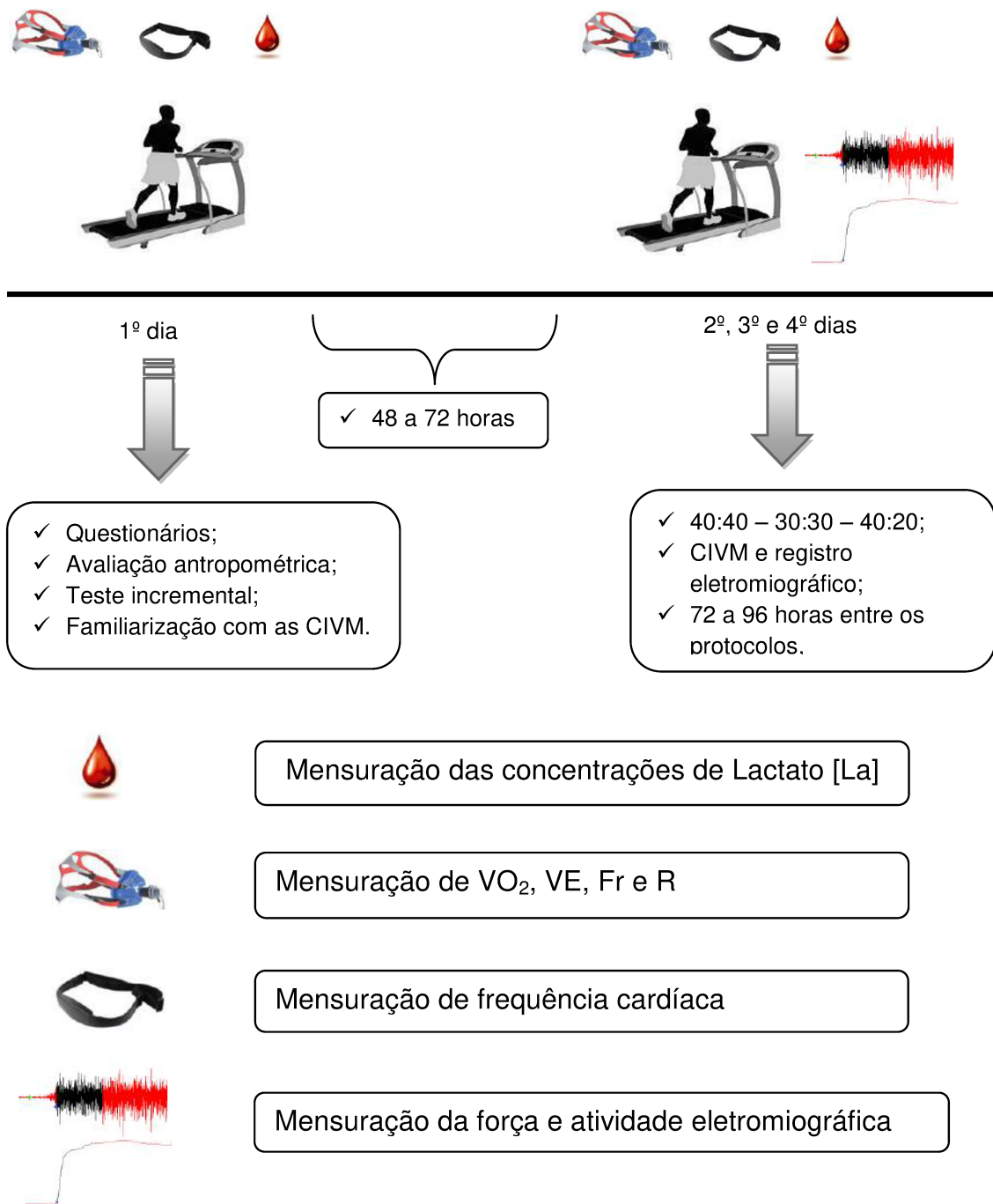


Figura 2 - Desenho do delineamento do estudo

Legenda: Consumo de oxigênio = VO_2 ; Ventilação = VE; Frequência respiratória = Fr; Razão de troca respiratória = R; Contração isométrica voluntária máxima = CIVM.

4.4 – Levantamento das características gerais

Ao chegarem ao laboratório, os voluntários preencheram uma ficha desenvolvida (APÊNDICE B) pelo pesquisador principal para levantamento de características gerais, tais como idade, tempo de prática, desempenho em provas e treinos, lesões, medicações e outros. Ao final, os voluntários preencheram o questionário PAR-Q (ANEXO B).

4.5 – Avaliações antropométricas e composição corporal

Antecedendo o período de análises, a massa corporal, em quilogramas (kg), e a estatura, em metros (m), além da determinação do percentual de gordura corporal (%GC) foram mensuradas para caracterização da amostra. A massa corporal foi avaliada utilizando uma balança Micheletti (modelo MIC 200) com resolução 0,05 kg. A estatura foi avaliada utilizando um estadiômetro de parede Standard Sanny com resolução em milímetros.

Utilizando um plicômetro científico digital (Cescorf, Porto Alegre, Brasil) com sensibilidade de 0,1 mm, amplitude de leitura de 85 mm e pressão de 10g/mm², foram feitas as medidas das dobras cutâneas (coxa, supra-ílica, supraespinal, tríceps, abdômen, axilar média, peitoral) seguindo o protocolo de Jackson e Pollock (1978) para a determinação da densidade corporal; assim utilizando equações conhecidas, o %GC foi calculado (SIRI, 1993). As circunferências de cintura e quadril também foram avaliadas por meio de uma trena antropométrica Sanny (modelo SN-4010) de 2 metros e 6 milímetros de largura.

Todas as medidas foram realizadas nas mesmas condições para todos os participantes: com o mínimo de roupa (calção), sem sapatos e sempre pelo mesmo avaliador.

4.6 – Teste incremental

O protocolo foi realizado em uma esteira ergométrica motorizada (Movement, modelo E-740 – Brasil), com cargas progressivas (velocidade) até a exaustão.

Os voluntários foram aconselhados a não praticar nenhuma atividade física vigorosa nas últimas 24 horas antecedentes ao teste, além de se abster de bebidas energéticas, bem como cafeína, nas últimas 12 horas.

Após um período de três minutos de aquecimento a 6 km.h⁻¹, o protocolo incremental teve início com velocidade inicial da esteira a 9 km.h⁻¹, com incremento de 1 km.h⁻¹ a cada dois minutos, com 30 segundos de intervalo passivo entre os incrementos (MIDGLEY; MCNAUGHTON; CARROLL, 2007a). Entre cada pausa para o incremento, a percepção subjetiva de esforço (PSE) foi mensurada utilizando uma escala de 15 pontos (BORG, 1982). A inclinação foi fixada em 1%, condição que simula o gasto energético da corrida em terreno externo (JONES; DOUST, 1996). Os voluntários receberam incentivos verbais padronizados a todo o momento do teste. As condições da sala foram controladas em todas as avaliações (temperatura – 22-24 °C – e umidade – 50-60%), tendo sido utilizado um termômetro/higrômetro digital para o registro das condições climáticas da sala (Termo Higrômetro Digital, Modelo Kt 908).

Como método para certificar que os voluntários alcançaram o máximo, dois dos critérios descritos a seguir deveriam ser aplicados; são eles: 1) concentração de lactato $\geq 8,0$ mmol.L⁻¹; 2) frequência cardíaca máxima predita pela idade $\geq 90\%$ [$206 - (0,7 \times \text{idade})$]; 3) pico da percepção subjetiva de esforço >19 pontos; e 4) nítida exaustão (HOWLEY; BASSETT; WELCH, 1995; PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2014).

4.7 – Familiarização aos procedimentos empregados na avaliação da curva-força tempo isométrica

Após o teste incremental ser finalizado, os voluntários foram familiarizados com os procedimentos empregados na avaliação da Cf-t isométrica. A familiarização foi realizada na cadeira extensora modelo Flexor-Extensor (Axxcess Fitness).

Um transdutor de força (modelo 5000 N, EMG System™, São José dos Campos, SP, Brasil), foi acoplado à cadeira, por meio de um sistema de correntes em sentido paralelo à coxa (em baixo do acento), com o indivíduo posicionado sobre o assento do equipamento com o joelho flexionado a 90°. Foram oportunizadas três tentativas com um minuto de intervalo entre as tentativas nas quais eram orientados a realizar seus esforços máximos e de maneira mais rápida possível “tão rápido quanto possível”.

4.8 – Determinação do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) e variáveis respiratórias

Durante todo o período do teste incremental, variáveis respiratórias de VO_2 , VE, Fr e R foram mensuradas, respiração a respiração, a partir do gás expirado usando um ergoespirômetro (Quark PFTergo, Cosmed, Srl, Rome, Italy). Antecedendo cada avaliação, o sistema de análise foi calibrado usando ar ambiente e um gás com concentrações conhecidas de 16% de O_2 e 5% de CO_2 , de acordo com as instruções do fabricante. A turbina do analisador, utilizado para determinar a ventilação, foi calibrada por uma seringa de três litros (Cosmed Srl, Rome, Italy) antes da realização de cada teste; esse equipamento é bem aceito pela literatura da área, tendo sido seus procedimentos e análises validados (NIEMAN et al., 2013).

Os valores (VO_2 , VE, Fr e R) obtidos foram reduzidos à média de 30 segundos, sendo o maior valor registrado considerado o valor máximo (MILLET et al., 2003a).

Para considerar o VO_2 como máximo, algumas medidas foram tomadas, como: troca respiratória igual ou acima de 1,10 (VCO_2/VO_2 – onde, o VCO_2 representa a produção do dióxido de carbono); frequência cardíaca $\geq 90\%$ da predita

pela idade [206 - (0,7 x idade)]; e um platô (<150 ml.min⁻¹) do VO₂ após o incremento de uma nova carga (velocidade) (BILLAT et al., 2002; CLEUZIOU et al., 2005; HOWLEY; BASSETT; WELCH, 1995).

4.9 – Determinação da frequência cardíaca máxima (FC_{máx})

A frequência cardíaca foi monitorada utilizando um frequencímetro COSMED (modelo QUARK PFT ERGO, Itália) acoplado ao ergoespirômetro, com seus valores reduzidos à média de cinco segundos, obtendo, assim, o valor máximo de frequência cardíaca (FC_{máx}).

4.10 – Determinação da velocidade pico (V_{pico})

A velocidade pico (V_{pico}) do teste incremental foi calculada com base na velocidade referente ao último estágio completo. Para melhor representação dessa velocidade, ajustes foram aplicados segundo recomendações de Kuipers et al. (1985), em que:

$$V_{pico} = V_{completo} + t/T * \text{incremento da velocidade},$$

onde: V_{completo} é a velocidade completa (km) no último estágio; t é o tempo sustentado (segundos) durante o estágio incompleto; T é o tempo total (segundos) estabelecido para o estágio completo (120 segundos); e incremento da velocidade é a velocidade incrementada a cada estágio (1 km.h⁻¹).

Apesar desse método de determinar a velocidade não ter sido relatado em outros estudos de TIAI, essa determinação já foi relatada como melhor índice relativo a desempenho em corredores (MACHADO et al., 2013; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990), tendo, inclusive, melhor capacidade de predizer o desempenho do que a vVO₂ (DA SILVA; SIMÕES; MACHADO, 2015).

4.11 – Protocolos intermitentes de alta intensidade

Com base nos achados da literatura científica apresentados anteriormente relativos à intensidade, optamos pela intensidade relativa a 110%, que nos pareceu mais proeminente perante outras intensidades quando o intuito é manter o consumo de oxigênio em ou acima de 90%.

Em relação às razões E:R, inicialmente investigaríamos as mesmas razões investigadas por Ballor e Volovsek (1992) no ciclismo. Essas razões eram as que apresentaram respostas máximas, se comparadas a intensidades menores (90%), nos aspectos cardiorrespiratórios, sendo as seguintes: 30 segundos de esforço com 30 segundos de recuperação passiva (30:30); 20 segundos de esforço com 40 segundos de recuperação passiva (20:40); e 40 segundos de esforço com 20 segundos de recuperação passiva (40:20). Porém, ao realizarmos os procedimentos iniciais (testes-piloto), notamos que a razão 20:40 não foi condizente com as características e as recomendações dos protocolos intermitentes (<40 minutos) (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a). Assim, optamos por substituir essa razão pela razão de 40 segundos de esforço com 40 segundos de recuperação passiva (40:40) por esta permitir avaliar o comportamento de diferentes volumes (40:40 vs. 30:30) e de diferentes recuperações (40:40 vs. 40:20) entre os protocolos.

A fim de evitar interferência entre os protocolos, a sequência na qual os voluntários realizaram os testes foi contrabalanceada e randomizada. Foi requisitado aos voluntários que não praticassem nenhum exercício extenuante nas últimas 24 horas anteriores aos testes, que comparecessem ao laboratório no mesmo horário da primeira visita (teste incremental), estivessem com vestimenta adequada, além de alimentados e hidratados. Os testes foram realizados em duas semanas com intervalos de 72 a 96 horas entre eles.

Ao chegarem ao laboratório, os indivíduos permaneceram sentados durante dez minutos. Depois, precedendo os testes intermitentes, em um período de 5 minutos a 65% da V_{pico} alcançado no teste incremental, os voluntários realizaram um aquecimento, contando ainda com duas séries de 5 segundos com 30 segundos de intervalo entre elas a 100% da V_{pico} . Realizado o aquecimento, após 3 minutos, o teste teve início.

Os protocolos intermitentes consistiam em realizar períodos de esforços alternados por períodos de recuperações passivas. Para o protocolo de esforço 40:40, o sujeito realizou números máximos de esforços de 40 segundos com 40 segundos de recuperação, sendo a relação de E:R de 1:1. Para o protocolo de esforço 30:30, o sujeito realizou números máximos de esforços de 30 segundos com 30 segundos de recuperação, sendo a relação de E:R de 1:1. Por fim, para o protocolo de esforço 40:20, o sujeito realizou números máximos de esforços de 40 segundos com 20 segundos de recuperação, sendo a relação de E:R de 2:1.

Incentivos verbais foram dados pelos pesquisadores em todo o período de teste. O teste foi finalizado quando o voluntário não conseguisse, em cima do rolo da esteira, finalizar o período estipulado para complemento do esforço, colocando suas mãos sobre o apoio ao anteparo da esteira e saindo do rolo. É importante deixar registrado que a esteira, assim como no teste incremental, foi inclinada em 1%.

4.12 – Número total de séries, tempo total e tempo de exaustão

Utilizando um aplicativo de celular (Tabata Sport Interval Timer) que configura o número total de séries, o tempo de esforço e de recuperação, apresentando o resultado de tempo total do protocolo, foi possível obter valores de quantidade total de séries e tempo total de exercício.

O tempo de exaustão (Tlim) foi determinado como sendo o tempo gasto pelo indivíduo na execução do protocolo, excluindo o tempo de recuperação.

4.13 – Avaliações das variáveis cardiorrespiratórias durante os protocolos intermitentes

Variáveis cardiorrespiratórias (VO_2 , VE, Fr e R) foram avaliadas a todo o momento durante os testes pelo mesmo sistema de captação respiratória, ergoespirômetro (Quark PFTergo, Cosmed, Srl, Rome, Italy). Em modo *off-line*, os

valores de respiração a respiração foram reduzidos à média de cinco segundos, sendo o maior valor encontrado considerado como valor pico.

4.14 – Tempo de manutenção em ou acima de 90% do $VO_{2m\acute{a}x}$ e da $FC_{m\acute{a}x}$

Os valores de FC e VO_2 obtidos durante o teste incremental foram registrados como os maiores valores e utilizados para computar os valores de manutenção em ou acima de 90% durante os protocolos intermitentes.

Utilizando a função CONT. SE do Microsoft® Excel 2007 (Microsoft Corporation Redmond, WA, USA), o qual permite contar o número de células que atendem a algum critério (exemplo: contar todas as células na coluna que são maiores ou igual do que um valor específico: =CONT. SE (B2:B77;">=50")) (MIDGLEY; MCNAUGHTON; CARROLL, 2007a, 2007b), os valores foram determinados como o tempo em que o VO_2 e a FC permaneceram em ou acima de 90% dos valores obtidos durante o teste incremental. Vale a pena lembrar que os valores dos testes intermitentes foram reduzidos à média de cinco segundos e que esses valores foram somados a cada momento em que as variáveis permaneciam em ou acima de 90% (DE AGUIAR et al., 2013).

O percentual do tempo permanecido em ou acima de 90% do $VO_{2m\acute{a}x}$ relativo ao tempo total de exercício e tempo de exaustão também foram calculados e comparados entre os protocolos.

4.15 – Avaliações neuromusculares

Durante o período experimental, a Funcionalidade do Sistema Neuromuscular (Cf-t e EMG) foi avaliada em diferentes momentos dos protocolos.

Cada uma das condições experimentais (diferentes sessões dos protocolos) foi iniciada com dois registros da CIVM e da atividade EMG simultaneamente, com intervalo de recuperação de 120 segundos entre os registros. Os maiores valores

foram adotados para as comparações com os demais momentos. Duas novas CIVM foram realizadas nos minutos 5 e 10 após o período experimental.

4.16 – Avaliação da curva força-tempo

O esforço isométrico máximo, de extensão unilateral de joelho direito, foi avaliado por meio de uma cadeira extensora modelo Flexor-Extensor (Axxess Fitness). Foi acoplada à cadeira, por meio de um sistema de correntes em sentido paralelo à coxa (em baixo do acento), um transdutor de força (modelo 5000 N, EMG System™, São José dos Campos, SP, Brasil). Antes da avaliação, o transdutor de força foi calibrado seguindo recomendações do fabricante (Figura 3).

O participante foi posicionado sobre o assento do equipamento com o joelho flexionado a 90 graus, semelhante ao descrito por Billaut et al. (2006), com a posição aferida por um goniômetro manual (Carci, Brasil). Antecedendo à avaliação, foi requerido aos voluntários realizarem duas contrações isométricas voluntárias submáximas, por 5 segundos, com trinta segundos de intervalo entre elas; após um minuto de intervalo, o mesmo procedimento foi realizado mais uma vez (duas contrações isométricas voluntárias submáximas, por 5 segundos, com trinta segundos de intervalo entre elas), totalizando quatro contrações isométricas submáxima no intuito de preparar o indivíduo a realizar o esforço máximo.

Nos momentos de avaliação, os voluntários foram instruídos a realizar suas CIVM “tão rápido quanto possível” (MAFFIULETTI et al., 2016) por seis segundos, sem retirar o quadril do acento e com as mãos posicionadas na região exata de apoio do equipamento.

Tão logo iniciado o esforço, os participantes foram encorajados verbalmente a realizarem seus esforços máximos. A aquisição do sinal proveniente do transdutor de força foi realizado por meio de um eletromiógrafo (modelo MyosystemBr1 P80, DataHominis Tecnologia Ltda., Uberlândia, MG, Brasil) com frequência de amostragem de 4000Hz sincronizado com o registro da atividade eletromiográfica. O sinal obtido pelo eletromiógrafo foi armazenado em disco rígido e analisado posteriormente *off-line*.

O sinal bruto do transdutor de força foi digitalmente filtrado por um filtro passa-baixa *Butterworth* de segunda-ordem e frequência de corte de 25 Hz. Ademais, o início da produção de força muscular foi definido como o ponto no qual o valor de força muscular excedeu 7,5 Newtons acima da linha de base (AAGAARD et al., 2002). A CIVM foi determinada como o mais alto valor registrado dentro da janela de um segundo. A taxa de desenvolvimento de força pico (TDFp) foi determinada como a inclinação mais íngreme da Cf-t isométrica ($\Delta\text{Força}/\Delta\text{Tempo}$), calculada dentro de janelas regulares de 20 milissegundos para os primeiros 200 milissegundos a partir do início da produção de força muscular (AAGAARD et al., 2002).

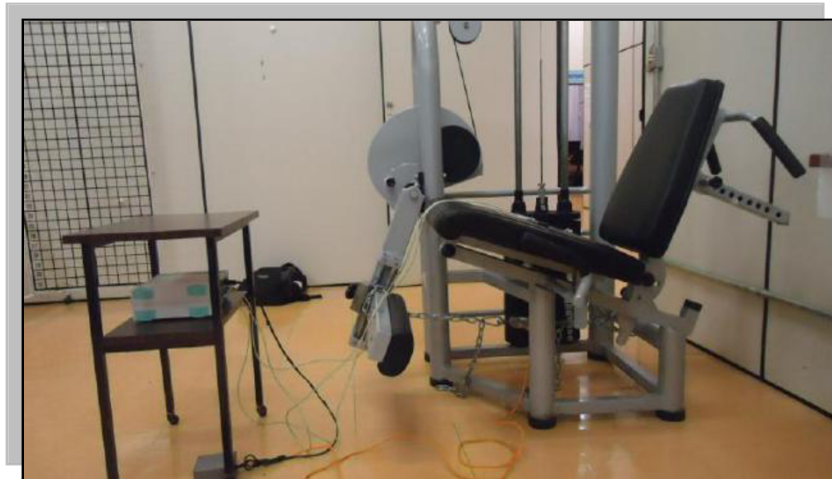


Figura 3 - Cadeira extensora modelo Flexor-Extensor (Acess Fitness)

4.17 – Atividade eletromiográfica

O registro do sinal da atividade eletromiográfica foi realizado por meio de um eletromiógrafo (MyosystemBr1 P80, DataHominis Tecnologia Ltda., Uberlândia, MG, Brasil) consistindo de um condicionador de sinal projetado de acordo com as normas da *International Society of Electrophysiology and Kinesiology* (ISEK). O equipamento possui oito canais de eletromiografia e quatro auxiliares; com razão de rejeição de modo comum de 92dB, resolução de 16 bits e configurações programáveis, tais como: ganho total, frequência de corte do filtro passa-baixa e taxa de amostragem para cada canal.

Durante as coletas, o eletromiógrafo foi ajustado para ganho aproximado entre 25-50 vezes dependendo da amplitude dos sinais do voluntário.

Os sinais foram coletados usando o *software* do próprio eletromiógrafo (MyosystemBr1, versão 3.5.6).

4.18 – Preparação da pele e posição dos eletrodos

A preparação do voluntário consistiu em tricotomia e limpeza da pele com álcool 70% visando a diminuir a impedância da pele. Com o auxílio de fita adesiva microporosa, os eletrodos foram posicionados sobre os músculos vasto lateral, reto femoral e vasto medial, precisamente na linha média do ventre muscular entre o ponto motor e o tendão; com superfície de detecção perpendicular à direção das fibras musculares, o eletrodo de referência foi posicionado sobre a cabeça da ulna e untado com pasta gel eletrocondutora RMC Gel Clínico (Indústria Brasileira Produtos Médicos, Amparo, SP, Brasil) para melhorar a condutibilidade entre pele e eletrodo, minimizando, assim, eventuais interferências. A colocação dos eletrodos foi realizada considerando a especificidade biotípica de cada indivíduo e de acordo com as recomendações europeias para eletromiografia de superfície (*Surface EMG for Non-Invasive Assessment of Muscles* [SENIAM]) (HERMENS et al., 2000). Manobras específicas de CIVM foram realizadas para garantir a exata localização dos músculos a fim de facilitar a colocação do eletrodo.

4.19 – Captação do sinal, marcação e recolocação dos eletrodos

A atividade eletromiográfica de superfície foi captada por meio de eletrodos de superfície ativos diferenciais simples (DataHomis Tecnologia Ltda., Uberlândia, MG, Brasil) compostos por duas barras retangulares paralelas de prata (10 mm de comprimento x 1 mm de largura) distanciadas 10 mm entre si e ajustados com ganho de 20 vezes para cada canal dos eletrodos, com taxa de amostragem de 4000 Hz por canal, com filtro passa alta de baixa 20 Hz e passa baixa de 1 kHz ajustado

automaticamente pelo software do equipamento; desta forma o ganho total durante as coletas ficou entre 500-1000 vezes.

Como procedimento inicial, foi aplicada sobre a superfície de cada eletrodo uma camada de gel condutor eletrolítico RMC Gel Clínico (Indústria Brasileira Produtos Médicos, Amparo, SP, Brasil). O posicionamento de cada eletrodo seguiu as recomendações supracitadas de (HERMENS et al., 2000), sendo os locais cuidadosamente marcados com caneta esferográfica (Faber-Castell, Ponta Porosa, *Soft Point*) sobre a pele na tentativa de assegurar a recolocação dos eletrodos nos mesmos locais para os diferentes momentos (antes e depois) e dias de avaliações. Ainda para assegurar o reposicionamento dos eletrodos no mesmo local em diferentes dias, supondo que a tinta da caneta esferográfica apagasse, mapas locais da perna avaliada foram devidamente registrados em transparência (papel acetato), técnica considerada como a mais adequada para registro em diferentes dias de avaliações (CORREA; COSTA; PINTO, 2012). Esse procedimento foi realizado na primeira avaliação do teste intermitente e repetido em todas as avaliações seguintes (exemplo em APÊNDICE C).

4.20 – Processamentos dos sinais após coletas

4.20. 1 – Análise dos sinais no domínio do tempo:

4.20. 1.1 – Root mean square (RMS)

O sinal eletromiográfico bruto referente a um segundo (BILLAUT et al., 2006), o mesmo utilizado para definir a CIVM, foi filtrado com um filtro *Butterworth* de segunda ordem e frequência de 20 Hz. Assim, por meio da raiz quadrática da média, o valor de *Root Mean Square* (RMS) foi obtido.

4.20. 2 – Análise dos sinais no domínio da frequência

A obtenção das características do domínio da frequência foi calculada a partir do espectro de potencial do sinal, estimado por meio da Transformada Rápida de Fourier (FFT).

4.20. 2.1 – Frequência média ($F_{média}$)

A frequência média ($F_{média}$) foi calculada pela somatória de todos os valores do sinal dividido pelo número de elementos.

4.20. 2.2 – Frequência mediana ou frequência de 50%

(F_{50})

Essa variável representa a frequência abaixo da qual situa 50% da energia/potência total do sinal. Popularmente, ela é chamada também de frequência mediana, sendo definida como a frequência que divide o espectro de potência em duas regiões de energia iguais.

Todos os procedimentos de obtenção, provenientes dos sinais do transdutor de força e dos sinais eletromiográficos, foram executados utilizando o software MatLab 2013a (MathWorks, Massachusetts, USA).

4.21 – Análise das concentrações de lactato sanguíneo [La]

Antecedendo os períodos de análises das concentrações de lactato sanguíneo [La], foi utilizada uma tira-código fornecida em cada caixa das tiras de lactato para a devida codificação das tiras-teste; assim, a cada nova caixa aberta, uma nova tira era utilizada para o melhor funcionamento, obedecendo às recomendações do fabricante.

Utilizando luvas cirúrgicas, após assepsia local com álcool etílico 70%, foi realizada a punção na polpa do dedo com a utilização de uma caneta lancetadora automática (G. Tech) de penetração de alta velocidade com retração ativa com agulhas descartáveis (G. Tech). Após a punção, a primeira gota de sangue foi descartada, evitando contaminação (álcool e/ou suor); a partir desse momento, gotas de sangue foram extraídas e utilizadas para preencher toda a região necessária da tira reagente (Roche). Para aferir a [La], foi utilizado um lactímetro portátil (Accutrend® Pluss). Essas coletas ocorreram em dois momentos durante o teste incremental (antes e após cinco minutos) e em quatro momentos em cada treinamento intermitente (antes, imediatamente após, cinco e dez minutos após).

4.22 – Análise estatística

Todas as variáveis estão apresentadas como média \pm erro padrão da média. Para normalização dos dados eletromiográficos (RMS e frequências) e de força (CIVM e TDFp), os valores iniciais (pré TIAI) foram considerados como 100%, assim, os momentos após TIAT (5 e 10 minutos) representam o percentual de aumento ou redução dessas variáveis.

Para verificar a normalidade dos dados, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Para comparações entre os grupos nas diferentes variáveis, foi empregado o teste de variância (ANOVA) com medidas repetidas com teste de *post-hoc* de Turkey, quando encontrada interação entre alguma variável.

Em todo o processamento, foi adotado nível de significância de 5%. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no pacote computadorizado *GraphPad Software Inc.*, San Diego, CA, EUA, versão 6.0.

5.0 – RESULTADOS

5.1 – Características Gerais

As variáveis de caracterização da amostra: idade, estatura, massa corporal, índice de massa corporal, relação cintura/quadril, gordura corporal, melhor tempo nos 5 e nos 10 quilômetros em treinos ou competições, quantidade de treinos semanais obtidos antes do início dos testes, estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4 - Descrição dos valores de caracterização da amostra

Variáveis	Valores
Idade (anos)	25,45 ± 1,25
Estatura (m)	1,74 ± 0,03
Massa corporal (kg)	64,91 ± 2,48
Índice de massa corporal (kg/m ²)	21,47 ± 0,46
Relação cintura/quadril	0,8 ± 0,01
Gordura Corporal (%)	8,09 ± 0,62
#Tempo nos 5 km	18min: 30seg ± 00min: 26seg
#Tempo nos 10 km	40min: 39seg ± 01min: 14seg
Quantidade de treinos semanais (dias)	4 ± 0,42
Experiência na modalidade (anos)	7 ± 1,36

Fonte: O autor.

Legenda: # Valor do melhor desempenho realizado em treinos ou competições; min. = minutos; seg. = segundos.

5.2 – Variáveis adquiridas durante o teste incremental

Na Tabela 5 estão descritos os valores máximos obtidos no teste incremental: velocidade pico, 110% da velocidade pico, frequência cardíaca máxima, consumo máximo de oxigênio, ventilação máxima, frequência respiratória máxima, razão de

troca respiratória, percepção subjetiva de esforço e concentrações de lactato pico juntamente com valores percentuais de coeficiente de variação de cada variável. É importante salientar que o coeficiente de variação deve ser interpretado como uma medida adimensional de variabilidade em relação à média, centrado em quanto menor for o coeficiente mais homogêneo será o conjunto de dados.

Tabela 5 - Descrição dos valores obtido do teste incremental

Variáveis	Valores	CV (%)
V pico (km.h ⁻¹)	18,15 ± 0,25	5
110% da V pico (km.h ⁻¹)	19,96 ± 0,28	5
FCmáx (bpm)	196,27 ± 2,62	5
VO _{2máx} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	55,88 ± 1,43	8
VE _{máx} (L.min ⁻¹)	151,03 ± 6,01	13
F _{máx} (bpm)	67,78 ± 1,73	8
R	1,38 ± 0,06	6
[La] pico (mmol.L ⁻¹)	11,65 ± 0,61	17
PSE (pontos)	19,64 ± 0,20	3

Fonte = O autor.

Legenda: V pico = velocidade pico; FCmáx = frequência cardíaca máxima; VO_{2máx} = consumo máximo de oxigênio; VE_{máx} = ventilação máxima; F_{máx} = frequência respiratória máxima; R = razão de troca respiratória; [La] pico = maior concentração de lactato sanguíneo; PSE = percepção subjetiva de esforço; CV = coeficiente de variação.

5.3 – Números de séries, tempo total de exercício e tempo de exaustão

Na Tabela 6 estão apresentadas as quantidades de séries realizados, o tempo total de exercício (esforço + recuperação) e o tempo de exaustão. Todas as variáveis foram diferentes entre os protocolos. Deve-se ressaltar que, em todas as variáveis, o protocolo 30:30 apresentou valores maiores do que os outros dois, inclusive sendo quase quatro vezes maior do que o protocolo 40:20.

Tabela 6 - Descrição dos valores de número de séries realizadas, tempo total de exercício (TT) e tempo de exaustão (Tlim).

Variáveis	Protocolos		
	40:40	30:30	40:20
Número de séries (n)	12,91 ± 0,87 ^α	24,18 ± 1,48 ^Δ	6,73 ± 0,51
TT (s)	1042,82 ± 69,39 ^α	1462,82 ± 86,14 ^Δ	415,55 ± 30,08
Tlim (s)	526,45 ± 34,72 ^α	737,36 ± 41,9 ^Δ	281 ± 20,01

Fonte: próprio autor

Legenda: Δ = Diferença significativa dos protocolos 40:40 e 40:20 ($p < 0,05$); α = Diferença significativa do protocolo 40:20 ($p < 0,05$).

5.4 – Concentrações de lactato

Valores de concentrações de lactato sanguíneo em milimol por litro (mmol.L^{-1}) nos momentos pré, imediatamente após, pós 5 e pós 10 minutos dos diferentes protocolos estão expressos na Tabela 7. Houve diferença entre o momento pós dez minutos entre os protocolos 40:20 e 30:30.

Tabela 7 - Descrição dos valores de concentração de lactato nos diferentes momentos dos diferentes protocolos intermitentes de alta intensidade.

Momentos	Protocolos		
	40:40	30:30	40:20
Pré	2,6 ± 0,15 ^A	3 ± 0,14 ^A	2,7 ± 0,30 ^A
Imediatamente após	11,4 ± 0,49 ^B	11,4 ± 0,75 ^{B, C}	11,9 ± 0,84
Pós 5 minutos	9,6 ± 0,41	9,2 ± 0,59	11,2 ± 1,03
Pós 10 minutos	8,1 ± 0,55	7 ± 0,49	9,9 ± 1,17 [*]

Fonte: O autor.

Legenda: * = Diferença significativa do protocolo 30:30 ($p < 0,05$); A = Diferença significativa entre os momentos pós ($p < 0,05$); B = Diferença significativa entre o momento pós 10 minutos ($p < 0,05$), C = Diferença significativa entre o momento pós cinco minutos ($p < 0,05$).

5.5 – Variáveis cardiorrespiratórias

Na Tabela 8, valores referentes às avaliações cardiorrespiratórias estão apresentados em valores pico obtidos durante os diferentes protocolos. Nota-se diferença apenas entre a variável de frequência respiratória pico (Fr Pico) no protocolo 30:30, em comparação aos demais protocolos.

Tabela 8 - Avaliações cardiorrespiratórias dos diferentes protocolos intermitentes de alta intensidade.

Variáveis	Protocolos		
	40:40	30:30	40:20
VO ₂ Pico (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	57,57 ± 2,3	55,6 ± 1,93	57,31 ± 2,20
Fr Pico (bpm)	70,23 ± 2,11	74,13 ± 1,84 ^Δ	69,82 ± 1,54
VE Pico (L.min ⁻¹)	153,24 ± 6,05	152,89 ± 5,13	158,5 ± 5,48
FC Pico (bpm)	189,27 ± 3	188,73 ± 2,21	188,45 ± 2,48
R Pico	1,39 ± 0,06	1,37 ± 0,06	1,42 ± 0,07

Fonte: O autor.

Legenda: Valores de pico representados pelo maior valor registrado durante os protocolos (reduções de 5 segundos); VO₂ Pico = consumo de oxigênio pico; Fr Pico = frequência respiratória pico; VE Pico = ventilação pico; FC Pico = frequência cardíaca pico; e R Pico = Razão de troca respiratória pico.

Δ = Diferença significativa dos protocolos 40:40 e 40:20 (p < 0,05).

5.6 – Tempo de manutenção igual ou acima de 90% do VO_{2máx} absoluto relativo ao tempo total de exercício e relativo ao tempo de exaustão e tempo mantido igual ou acima de 90% da frequência cardíaca máxima

Os valores de tempo mantidos igual ou acima de 90% do VO_{2máx} absolutos (TM90%VO_{2máx}) e tempo de manutenção igual ou acima de 90% da FC_{máx} (TM90%FC_{máx}) estão apresentados no gráfico 1. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os protocolos no TM90%VO_{2máx} (gráfico A). Para o TM90%FC_{máx} foram encontradas diferenças significativas entre os protocolos 40:20 e 30:30, bem como entre os protocolos 40:20 e 40:40 (gráfico B).

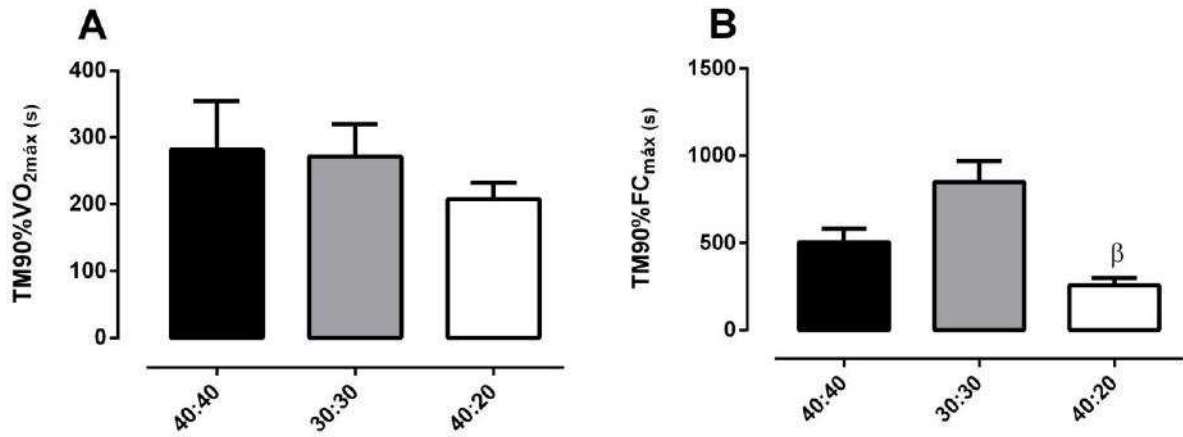


Gráfico 1 - Tempo de manutenção igual ou acima de 90% do VO_{2máx} absolutos (TM90%VO_{2máx}) (A) e tempo de manutenção igual ou acima de 90% da F_{cmáx} (TM90%FC_{máx}) (B).

Fonte = O autor

Legenda: β = Diferença significativa dos protocolos 40:40 e 30:30 ($p < 0,05$).

Os gráficos 2, 3 e 4 demonstram o comportamento do VO₂ ao longo do tempo para um indivíduo representativo. A linha sólida indica o valor de VO_{2máx} determinado durante o teste incremental e a linha pontilhada vermelha indica 90% desse máximo.

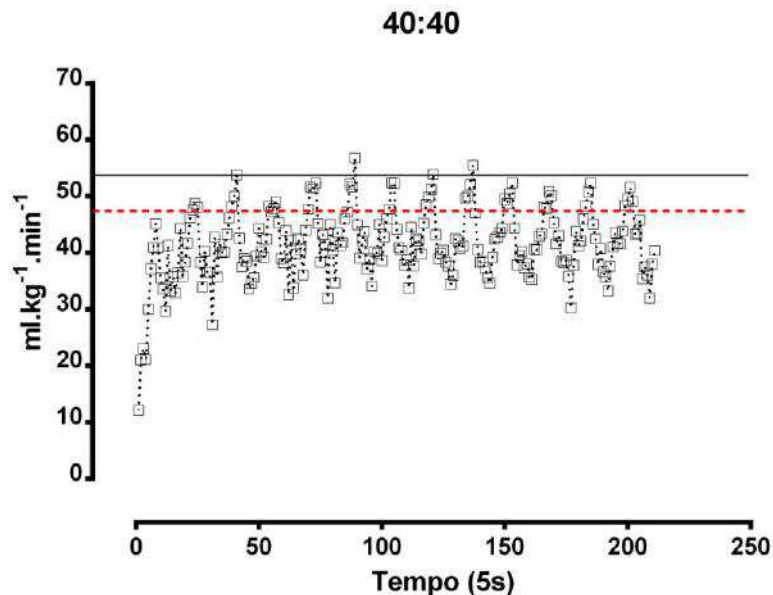


Gráfico 2 - Exemplo do comportamento do VO₂ ao longo do tempo no 40:40. Cada quadrado corresponde a média de 5s.

Fonte = O autor

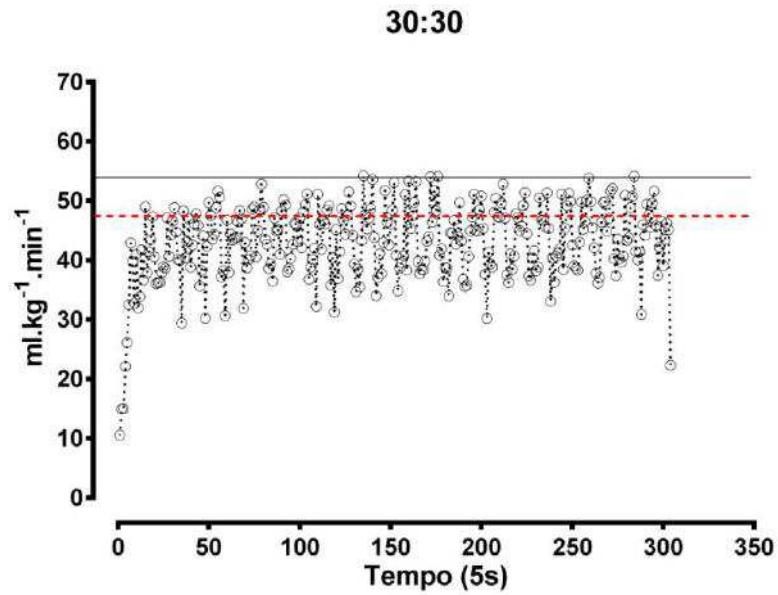


Gráfico 3 - Exemplo do comportamento do VO_2 ao longo do tempo no 30:30. Cada círculo corresponde a média de 5s

Fonte = O autor

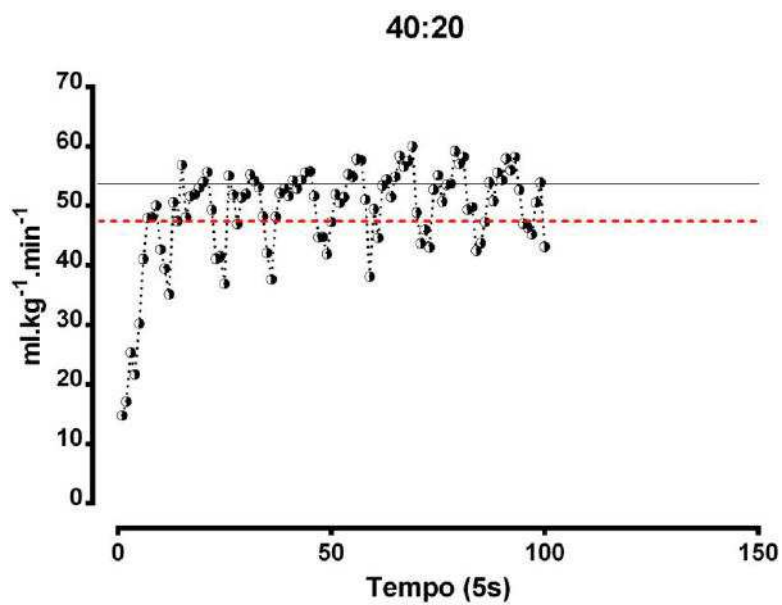


Gráfico 4 - Exemplo do comportamento do VO_2 ao longo do tempo no 40:20 para um sujeito representativo. Cada círculo preto e branco corresponde a média de 5s.

Fonte = O autor

Os valores de manutenção igual ou acima de 90% do $VO_{2m\acute{a}x}$ relativos ao tempo total de exercício ($TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ (%TT)) e ao tempo de exaustão ($TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ (%Tlim)), estão apresentados no gráfico 5. Para o $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ (%TT), o protocolo 40:20 foi diferente perante os outros (gráfico A), apresentando tempo percentual maior (49,74%) do que os protocolos 40:40 (25,52%) e 30:30 (19,45%). Já o $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ (Tlim) foi significativamente diferente entre os protocolos 40:20 (73,47%) e 30:30 (38,36%) (gráfico B).

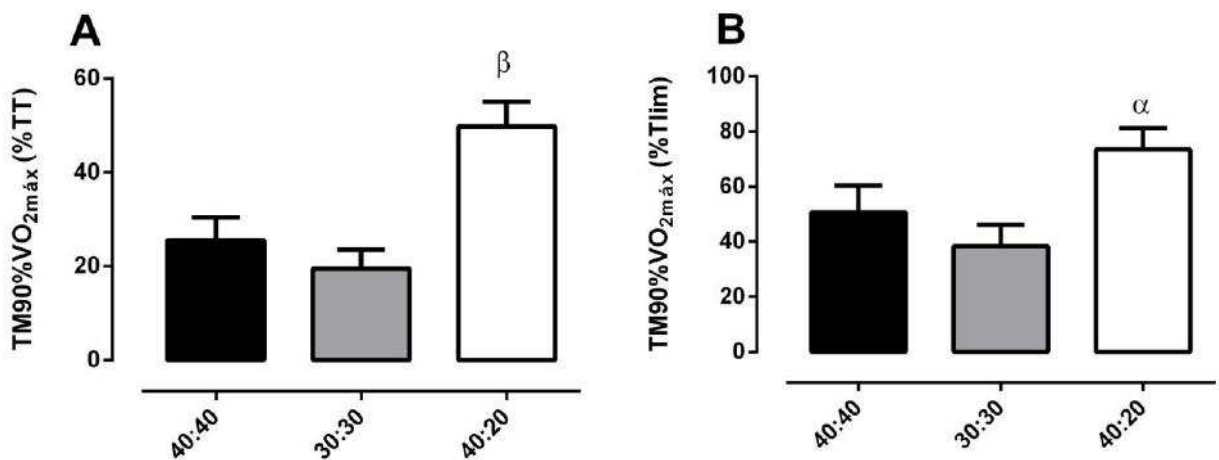


Gráfico 5 - Tempo de manutenção igual ou acima de 90% do $VO_{2m\acute{a}x}$ relativo ao tempo total de exercício ($TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ (%TT)) (A), Tempo de manutenção igual ou acima de 90% do $VO_{2m\acute{a}x}$ relativo ao tempo de exaustão ($TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ (%Tlim)) (B).

Fonte: O autor.

Legenda: β = Diferença significativa dos protocolos 40:40 e 30:30 ($p < 0,05$); α = Diferença significativa do protocolo 30:30 ($p < 0,05$).

5.7 – Contração isométrica voluntária máxima em diferentes momentos e protocolos

Valores de CIVM estão apresentados no gráfico 6. Os gráficos A, B e C mostram as reduções da CIVM dos protocolos 40:40, 30:30 e 40:20, respectivamente, nos diferentes momentos. Em todos os protocolos houve reduções significativas dos momentos após 5 e 10 minutos referentes ao pré.

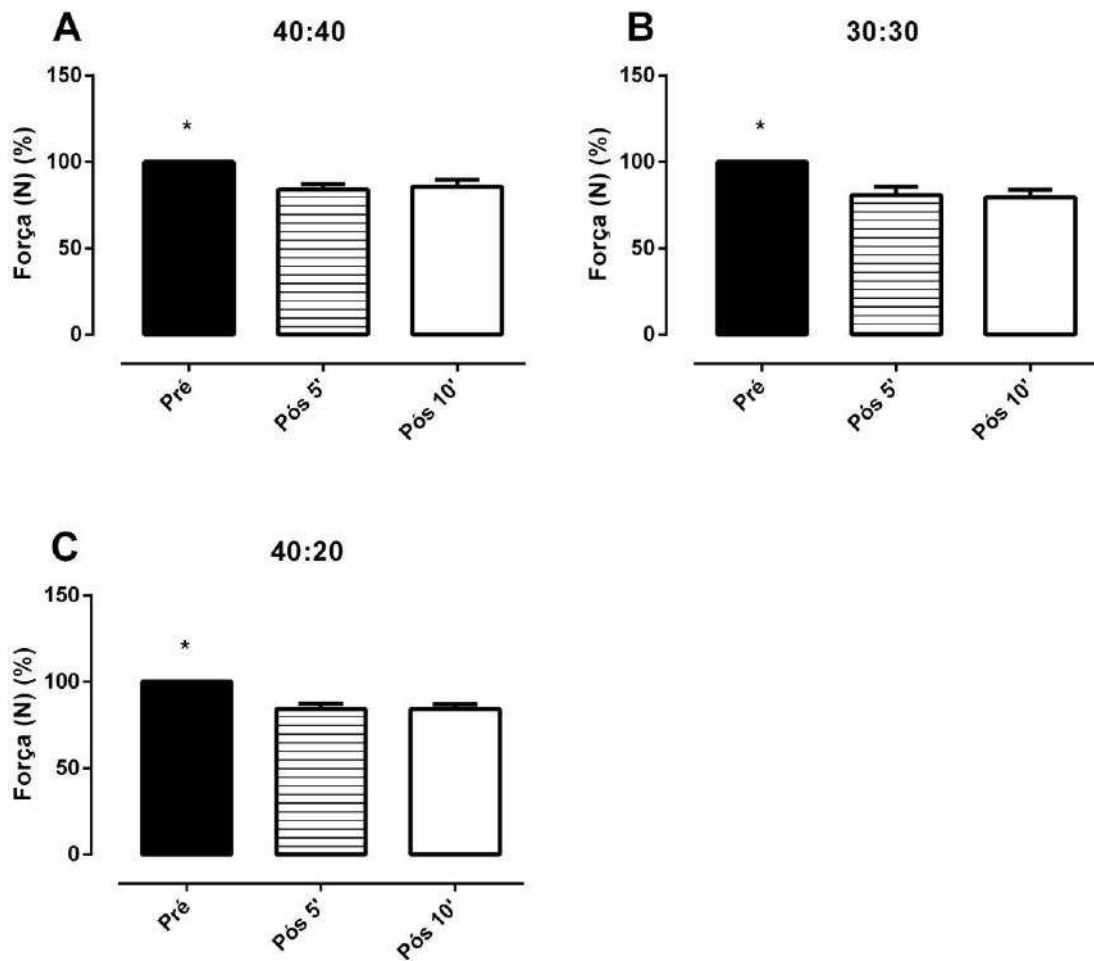


Gráfico 6 - Resposta da contração isométrica voluntária máxima (CIVM) avaliadas em momentos pré, pós 5 e pós 10 minutos dos protocolos intermitentes de alta intensidade.

Fonte: O autor.

Legenda: * = Diferença significativa dos momentos pós 5 e pós 10 minutos ($p < 0,05$).

Levando em consideração as reduções de CIVM, elas foram comparadas entre os protocolos. O gráfico 7 A e B apresentam essas comparações nos momentos pós 5 e pós 10 minutos, respectivamente. Em nenhum dos momentos foi possível notar diferença significativa entre os protocolos, ou seja, os protocolos não diferiram em reduções de CIVM nos diferentes momentos.

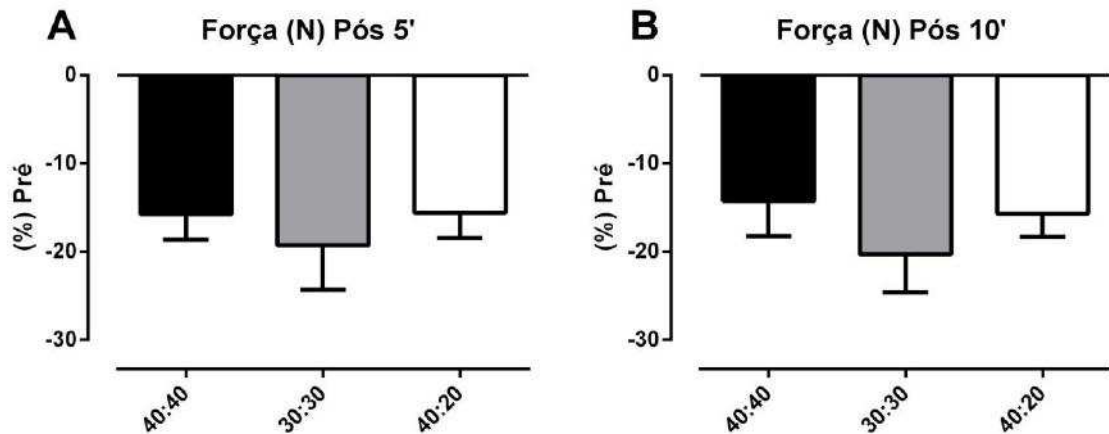


Gráfico 7 - Contração isométrica voluntária máxima (CIVM) avaliadas em momentos pós 5 (A) e pós 10 minutos (B), comparados entre os protocolos intermitentes de alta intensidade.

Fonte: O autor.

5.8 – Taxa de desenvolvimento de força pico em diferentes momentos e protocolos

A taxa de desenvolvimento de força pico (TDFp) obtida durante a CIVM para os diferentes momentos de avaliação estão apresentados no gráfico 8 (A, B e C, para os protocolos 40:40, 30:30 e 40:20, respectivamente). Os valores, assim como os da CIVM, foram normalizados considerando o valor pré como 100%. As reduções dos momentos posteriores (5 e 10 minutos) foram expressos em valores percentuais referentes ao valor inicial.

Os protocolos intermitentes de alta intensidade não se comportaram da mesma forma. Enquanto que, para o protocolo 40:20, não houve diferença significativa entre os momentos, o protocolo 40:40 apresentou redução significativa apenas no momento pós 5 minutos, comparado ao momento inicial (pré). Por sua vez, o protocolo 30:30 apresentou reduções significativas relativas ao momento pré apenas no momento pós 10 minutos.

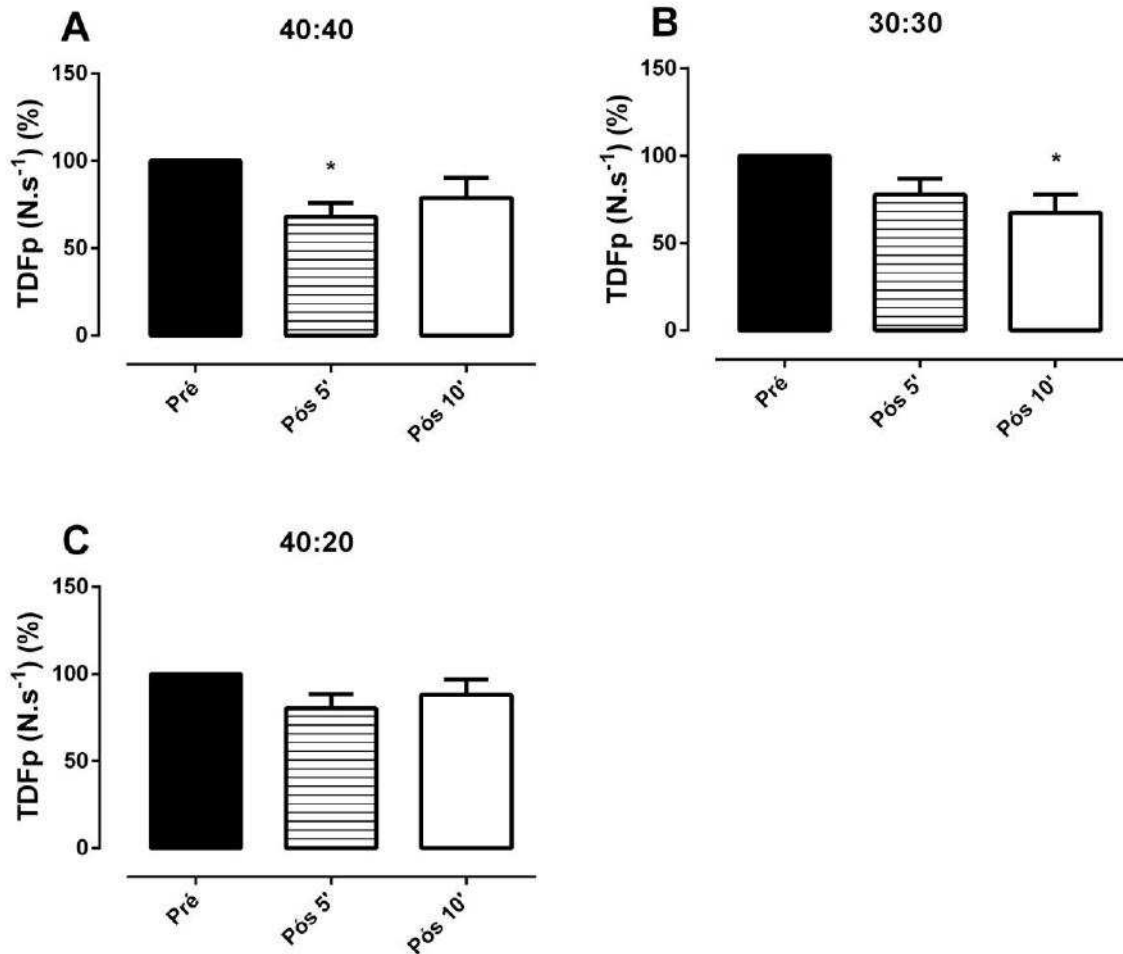


Gráfico 8 - Taxa de desenvolvimento de força pico (TDFp) avaliadas em momentos pré, pós 5 e pós 10 minutos dos protocolos intermitentes de alta intensidade.

Fonte: O autor.

Legenda: * = Diferença significativa do momento pré ($p < 0,05$).

As reduções de TDFp foram comparadas entre os protocolos. O gráfico 9 (A e B), apresentam essas comparações nos momentos pós 5 e pós 10 minutos, respectivamente. Em nenhum dos momentos foi possível notar diferença significativa entre os protocolos, ou seja, os protocolos não se diferiram em reduções de TDFp.

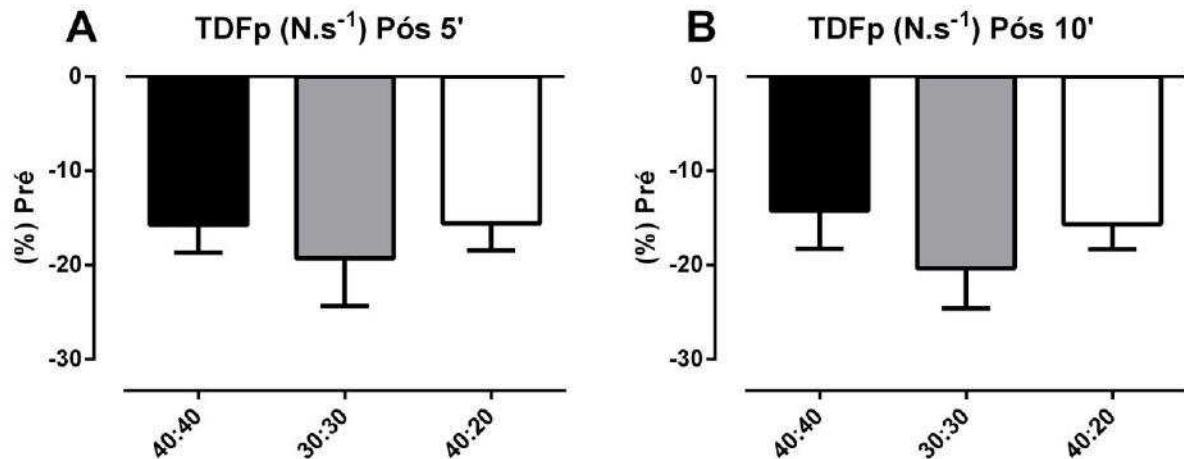


Gráfico 9 - Taxa de desenvolvimento de força pico (TDFp) avaliadas em momentos pós 5 (A) e pós 10 minutos (B), comparados entre os protocolos intermitentes de alta intensidade.

Fonte: O autor.

5.9 – Root mean square em diferentes momentos e protocolos

Na Tabela 8 estão apresentados os valores referentes ao *root mean square* (RMS) para os músculos do vasto lateral (VL), reto femoral (RF) e vasto medial (VM).

Em relação ao momento pré, houve redução significativa dos valores de RMS para o músculo vasto lateral em todos os momentos (5 e 10 minutos) e em todos os protocolos, além de redução significativa entre os momentos pós 5 e 10 minutos para o protocolo 40:40.

O músculo reto femoral comportou-se da mesma forma em relação à redução significativa dos valores de RMS para os momentos pós (5 e 10 minutos) para todos os protocolos em comparação ao momento pré.

Adiante, diferentemente do supracitado, reduções dos valores de RMS foram significativamente diferente apenas em relação ao momento pós 10 minutos para o músculo vasto medial em comparação ao momento pré para os protocolos 30:30 e 40:20. Porém, para o protocolo 40:40, as reduções ocorreram em todos os momentos para o mesmo músculo.

Tabela 9 - *Root mean square* (RMS) dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF) e vasto medial (VM) em percentual referente ao momento pré em diferentes instantes de tempo (pós 5 e pós 10 minutos) entre os protocolos intermitentes de alta intensidade.

	40:40		
	Pré	Pós 5'	Pós 10'
RMS_VL (%)	100 ± 00 *	74,77 ± 6,27 ^Δ	69,66 ± 6,39
RMS_RF (%)	100 ± 00 *	75,95 ± 6,65	74,09 ± 6,61
RMS_VM (%)	100 ± 00 *	62,44 ± 8,18	59,02 ± 6,03
	30:30		
	Pré	Pós 5'	Pós 10'
RMS_VL (%)	100 ± 00 *	71,03 ± 8,00	63,58 ± 7,47
RMS_RF (%)	100 ± 00 *	75,31 ± 6,57	65,65 ± 6,96
RMS_VM (%)	100 ± 00 ^Δ	81,61 ± 9,57	68,90 ± 5,93
	40:20		
	Pré	Pós 5'	Pós 10'
RMS_VL (%)	100 ± 00 *	81,31 ± 5,49	67,38 ± 6,15
RMS_RF (%)	100 ± 00 *	76,97 ± 7,21	69,29 ± 6,95
RMS_VM (%)	100 ± 00 ^Δ	77,65 ± 10,06	63,29 ± 6,95

Fonte: O autor.

Legenda: * = Diferença significativa dos momentos pós 5 e 10 minutos ($p < 0,05$); Δ = Diferença significativa do momento pós 10 minutos ($p < 0,05$).

Ao comparar as reduções percentuais dos músculos (VL, RF e VM) entre os protocolos, elas não foram estatisticamente distintas nos diferentes momentos.

Os gráficos 10, 11 e 12 mostram as comparações entre os protocolos para os diferentes instantes (pós 5 e 10 minutos) dos músculos VL, RF e VM respectivamente.

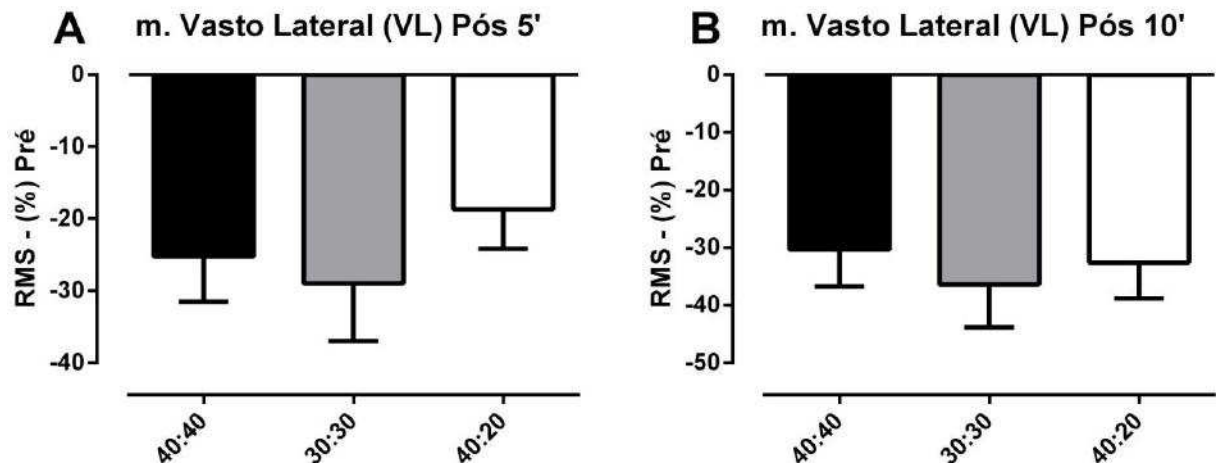


Gráfico 10 - *Root mean square* (RMS). Músculo vasto lateral (VL) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.

Fonte = O autor

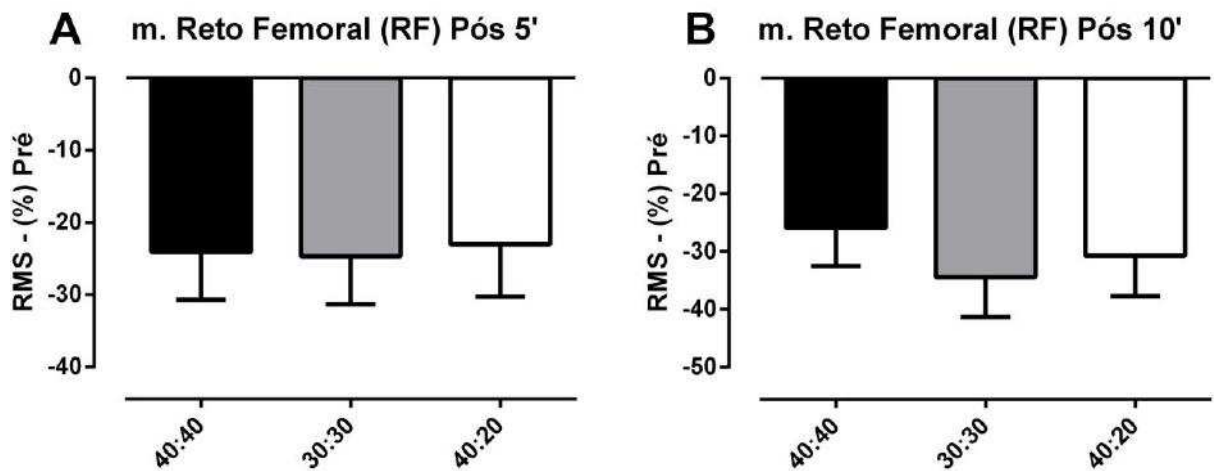


Gráfico 11 - *Root mean square* (RMS). Músculo vasto lateral (RF) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.

Fonte = O autor

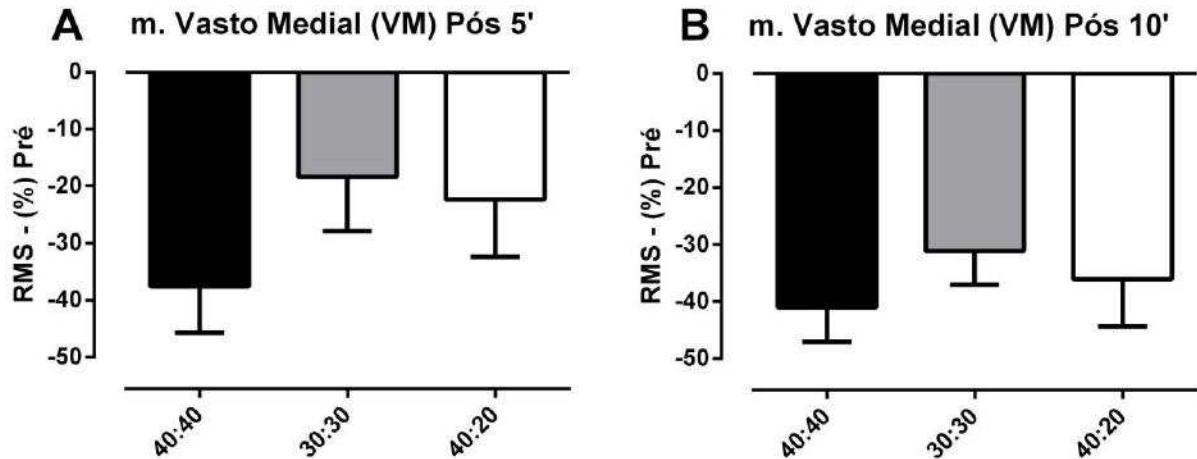


Gráfico 12 - *Root mean square* (RMS). Músculo vasto lateral (VM) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.

Fonte = O autor

5.10 – Frequência média em diferentes momentos e protocolos

A Tabela 10 apresenta os valores percentuais da $F_{média}$ avaliados durante a CIVM.

Para o protocolo 40:40, os valores da $F_{média}$, nos três músculos avaliadas, apresentam diferença significativa no momento inicial (pré) e no momento pós 10 minutos. No momento pós 5 também é diferente do momento pós 10 minutos para o músculo reto femoral. É importante destacar que, para todos os músculos, o momento pós 10 minutos apresenta valores percentuais maiores do que os outros momentos.

Esse mesmo fenômeno pode ser observado no protocolo 30:30; os maiores valores percentuais também foram expressos no momento pós 10 minutos. Apesar disso, a $F_{média}$ não foi diferente entre os momentos para o músculo do vasto medial. Por sua vez, o vasto lateral foi significativamente diferente de todos os momentos pós e significativamente diferente entre os momentos pós 5 e pós 10 minutos. Para o reto femoral, foi identificada uma diferença significativa entre o momento pós 10 minutos, em comparação aos momentos pré e pós 5 minutos.

Por fim, no protocolo 40:20, o músculo vasto medial não se diferiu entre os momentos. Já o vasto lateral, o momento pós 10 minutos apresentou os maiores valores em comparação aos momentos pré e pós 5 minutos, sendo, inclusive, estatisticamente diferente entre eles. Por fim, o reto femoral apresentou diferença significativa entre o momento pré e o momento pós 10 minutos.

Tabela 10 - Frequência média (Fmédia) dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF) e vasto medial (VM) em percentual referente ao momento pré nos diferentes instantes de tempo (pós 5 e pós 10 minutos) nos diferentes protocolos intermitentes de alta intensidade.

	40:40		
	Pré	Pós 5'	Pós 10'
Fmédia_VL (%)	100 ± 00 ^Δ	106,57 ± 2,97	111,97 ± 3,60
Fmédia_RF (%)	100 ± 00 ^Δ	110,44 ± 4,16 ^Δ	115,23 ± 4,24
Fmédia_VM (%)	100 ± 00 ^Δ	110,06 ± 4,20	112,69 ± 4,01
	30:30		
	Pré	Pós 5'	Pós 10'
Fmédia_VL (%)	100 ± 00 *	113,81 ± 3,69 ^Δ	124,89 ± 7,52
Fmédia_RF (%)	100 ± 00 ^Δ	115,13 ± 5,75 ^Δ	119,73 ± 6,49
Fmédia_VM (%)	100 ± 00	105,22 ± 5,05	112,73 ± 5,56
	40:20		
	Pré	Pós 5'	Pós 10'
Fmédia_VL (%)	100 ± 00 ^Δ	105,13 ± 4,00 ^Δ	115,00 ± 4,02
Fmédia_RF (%)	100 ± 00 ^Δ	112,45 ± 5,37	115,80 ± 4,72
Fmédia_VM (%)	100 ± 00	102,60 ± 4,39	106,60 ± 4,72

Fonte: O autor.

Legenda: * = Diferença significativa dos momentos pós 5 e 10 minutos ($p < 0,05$); Δ = Diferença significativa do momento pós 10 minutos ($p < 0,05$).

Em relação aos aumentos da Fmédia, os valores percentuais de cada músculo foram comparados entre os protocolos.

Os maiores aumentos foram identificados para os músculos do vasto lateral e reto femoral (24,89% e 19,73%, respectivamente) no protocolo 30:30, e os menores aumentos foram identificados para os vastos medial e lateral (2,60% e 5,13%, respectivamente) no protocolo 40:20.

Os gráficos 13, 14 e 15 apresentam os valores para todos os músculos nos diferentes períodos de tempo em comparação percentual de aumento entre os protocolos.

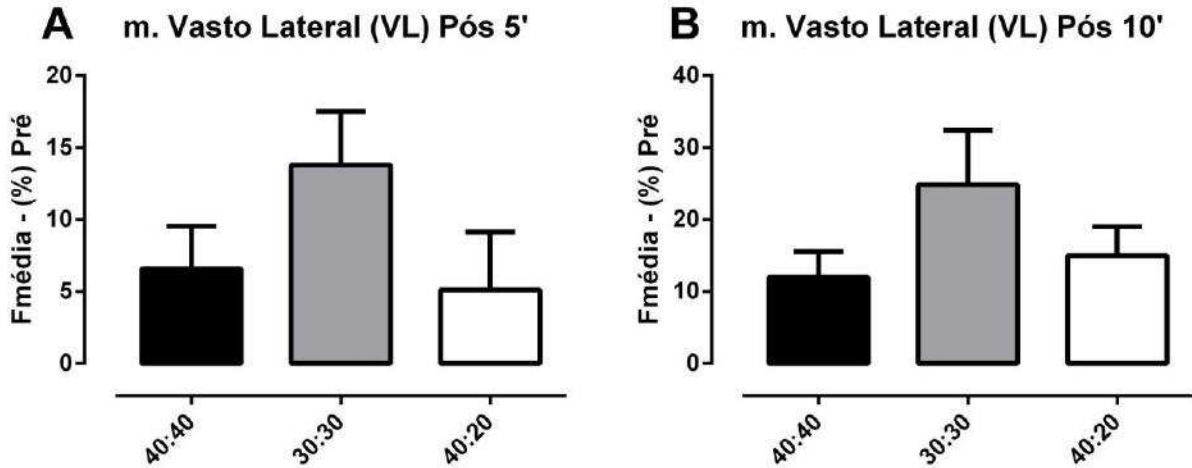


Gráfico 13 - Frequência média (Fmédia). Músculo vasto lateral (VL) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.

Fonte = O autor

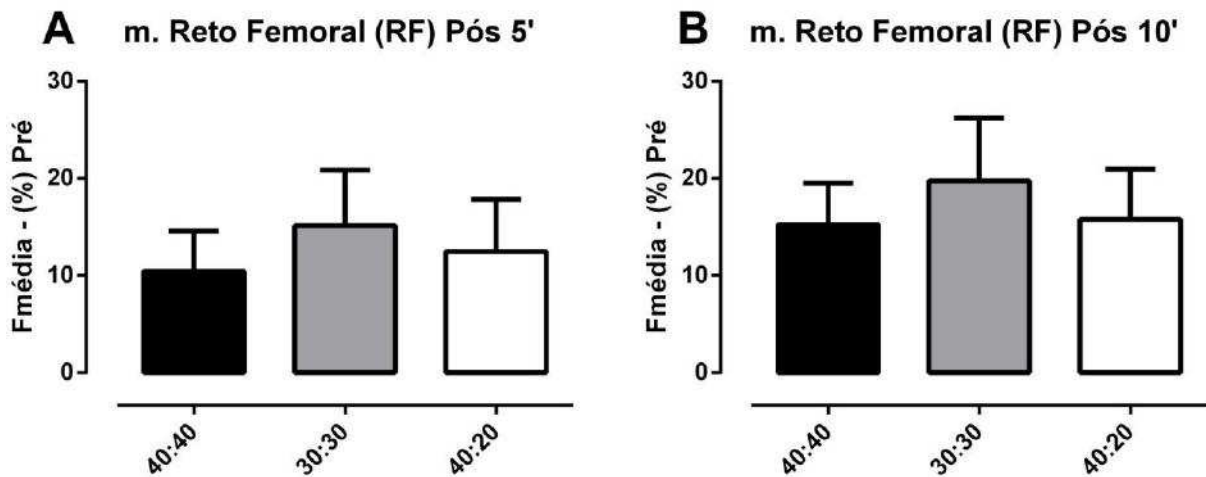


Gráfico 14 - Frequência média (Fmédia). Músculo reto femoral (RF) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.

Fonte = O autor

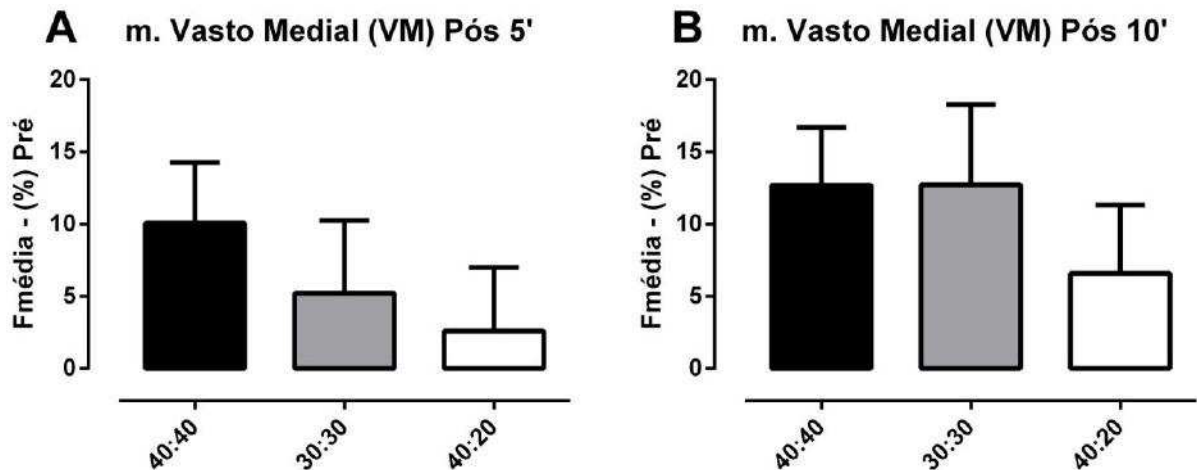


Gráfico 15 - Frequência média (Fmédia). Músculo vasto medial (VM) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.

Fonte = O autor

5.11 – Frequência mediana em diferentes momentos e protocolos

Os valores obtidos da variável frequência mediana (F50) durante a CIVM, avaliados em extensão unilateral, nos índices de tempo pré, pós 5 e 10 minutos, estão expressos na Tabela 11. Assim, como as variáveis mencionadas acima, consideramos os valores pré como 100% e os demais índices de tempo como variações desse momento.

Nos três protocolos intermitentes de alta intensidade, as diferenças significativas foram identificadas apenas no músculo do vasto medial. No protocolo 40:40, o vasto medial foi significativamente diferente entre os índices de tempo pós 5 e pós 10 minutos, com diferença percentual entre eles de 8,37%. No mesmo instante de tempo, o protocolo 40:20 também apresentou diferença significativa, com diferença percentual entre esses momentos de 8,99%. No entanto, para o protocolo 30:30, com diferença percentual de 31,44% entre o pré e o momento pós 10 minutos, houve diferença significativa entre esses instantes. Para os músculos do reto femoral e do vasto medial, não foram encontradas diferenças significativas entre os momentos para nenhum dos protocolos investigados.

Ainda é imprescindível destacar que, no protocolo 40:20, no momento pós 10 minutos, em comparação ao momento pré, os índices percentuais de F50 foram de redução (- 5%), e não de aumento, como nos outros músculos e protocolos.

Tabela 11 - Frequência mediana (F50) dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF) e vasto medial (VM) em percentual referente ao momento pré nos diferentes instantes de tempo (pós 5 e pós 10 minutos) nos diferentes protocolos intermitentes de alta intensidade.

	40:40		
	Pré	Pós 5'	Pós 10'
F50_VL (%)	100 ± 00	104,38 ± 5,11 ^Δ	112,75 ± 5,11
F50_RF (%)	100 ± 00	104,93 ± 3,86	108,91 ± 4,99
F50_VM (%)	100 ± 00	107,27 ± 5,44	110,72 ± 5,20
	30:30		
	Pré	Pós 5'	Pós 10'
F50_VL (%)	100 ± 00 ^Δ	119,85 ± 8,15	131,44 ± 9,47
F50_RF (%)	100 ± 00	117,79 ± 7,33	117,97 ± 6,73
F50_VM (%)	100 ± 00	108,61 ± 6,87	112,95 ± 7,29
	40:20		
	Pré	Pós 5'	Pós 10'
F50_VL (%)	100 ± 00	105,13 ± 4,00 ^Δ	114,12 ± 5,40
F50_RF (%)	100 ± 00	112,45 ± 5,37	110,41 ± 7,71
F50_VM (%)	100 ± 00	102,60 ± 4,39	95,00 ± 4,94

Fonte: O autor.

Legenda: Δ = Diferença significativa do momento pós 10 minutos ($p < 0,05$).

Comparando os valores percentuais de cada músculo na F50 em cada protocolo, não foram encontradas diferenças significativas, ou seja, os comportamentos do músculo vasto lateral, do reto femoral e do vasto medial são semelhantes entre os protocolos. É importante notar que, nesses resultados, as respostas do vasto medial no protocolo 40:20, com aumento de 0,7% no período de tempo de 5 minutos e redução de 5% no período de tempo de 10 minutos. Gráficos 16, 17 e 18 apresentam os resultados da F50 para cada músculo nos protocolos investigados.

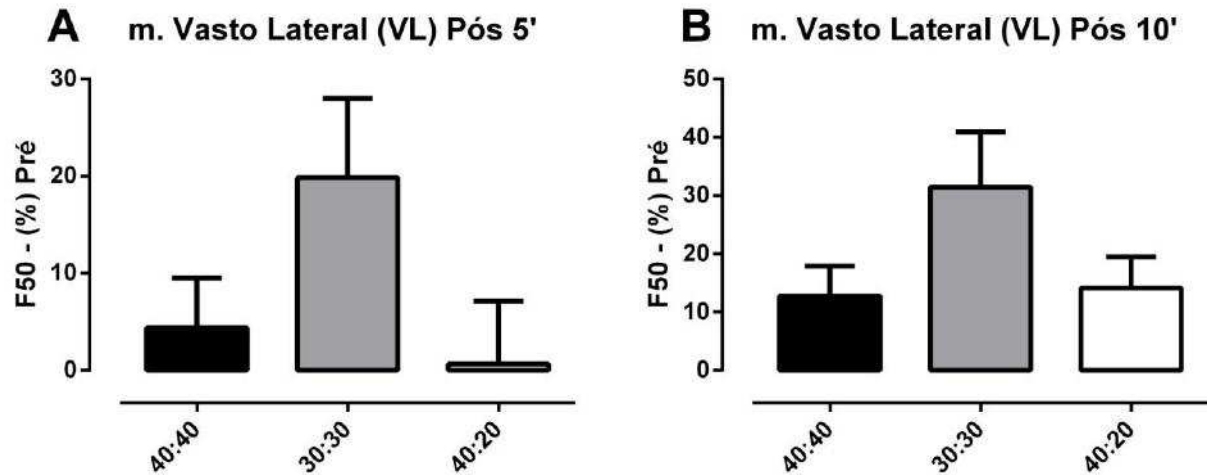


Gráfico 16 - Frequência mediana (F50). Músculo vasto medial (VL) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.

Fonte = O autor

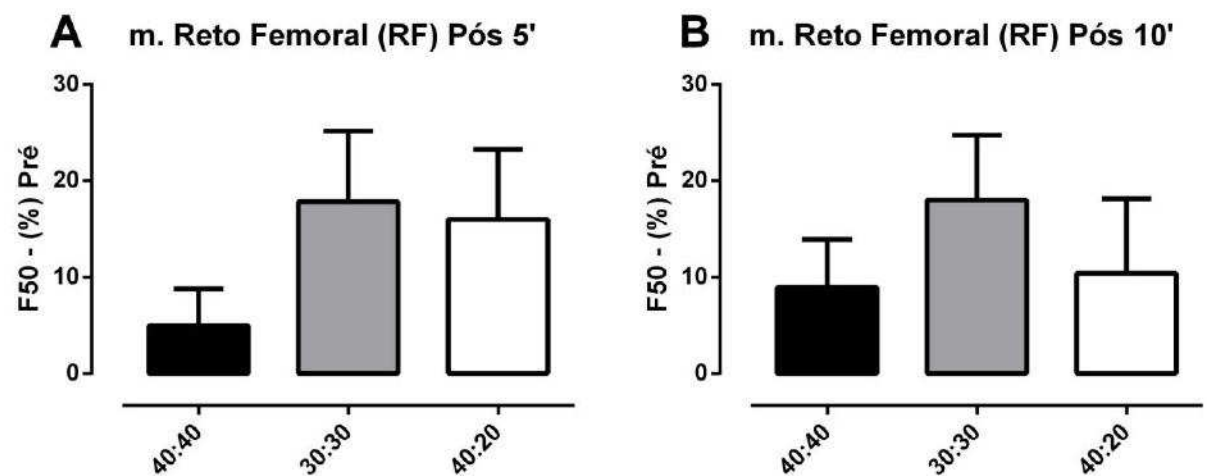


Gráfico 17 - Frequência mediana (F50). Músculo vasto medial (RF) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.

Fonte = O autor

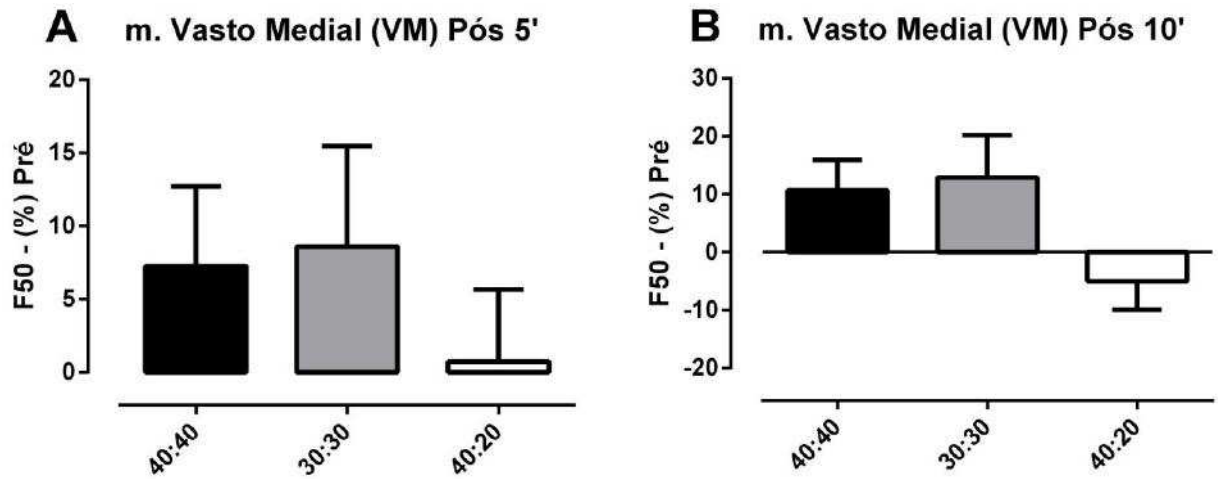


Gráfico 18 - Frequência mediana (F50). Músculo vasto medial (VM) em diferentes momentos – pós 5 e 10 minutos (A e B, respectivamente), comparados em valores percentuais de redução referidos ao momento pré entre os diferentes protocolos.

Fonte = O autor

6.0 – DISCUSSÃO

6.1 – Número de séries realizadas, tempo total de exercício e exaustão e concentrações de lactato.

Ao averiguar o treinamento intermitente de alta intensidade, alguns autores têm investigado os efeitos fisiológicos e desempenho dos protocolos com números de séries, distância ou tempo de execução fixos (BALLOR; VOLOVSEK, 1992; PRICE; MOSS, 2007; ROZENEK et al., 2007; WIEWELHOVET et al., 2016) ou até a exaustão (DUPONT et al., 2004; THEVENET et al., 2007b), dependendo do objetivo da investigação. No presente estudo adotamos o tempo de exaustão, com interrupção do protocolo quando o indivíduo não conseguisse manter-se em esforço o tempo estabelecido (40 ou 30 segundos).

Os resultados do presente estudo apontam ampla diferença entre os protocolos, cujos maiores números de repetições foram encontrados no protocolo intermitente de alta intensidade 30:30, o que refletiu no tempo total de exercício e no tempo de exaustão. Por vez, menores números de séries executadas, tempo total de exercício e no tempo de exaustão foram encontradas no protocolo 40:20. Assim, parece oportuno dizer que o modo (diferentes razões de esforço:recuperação) como o exercício intermitente de alta intensidade é prescrito, as variáveis quantitativas de tempo de exercício são alteradas.

Certo disso, Assadi e Lepers (2012) comparando três protocolos intermitentes de alta intensidade (100% da VAM) com razões esforço: recuperação iguais (1:1), (15 segundos: 15 segundos [15:15], 30 segundos: 30 segundos [30:30] e 60 segundos: 60 segundos [60:60]) encontraram tempo de exaustão no protocolo 30:30 (1270 ± 390 segundos) superiores ao 60:60 (1063 ± 268 segundos) e 15:15 (965 ± 235 segundos). Assim, aumentar ou diminuir em conjunto a razão de esforço: recuperação, afeta a quantidade de séries realizadas bem como o tempo de exercício e exaustão. Nossos resultados vão de acordo com essa afirmação, visto que o número de séries realizadas, tempo de exercício e de exaustão foram maiores para o protocolo 30:30 comparado ao 40:40.

Com os informes supracitados, podemos deduzir que o aumento do volume de esforço (de 30 segundos para 40 segundos) provocaria maior necessidade energética para manter o exercício, e mesmo aumentando o intervalo de recuperação (de 30 segundos para 40 segundos) esse não seria suficiente para aumentar o tempo final do exercício. De fato, a acidose metabólica, provocada pelo tempo em alta intensidade associada a um tempo de esforço maior (ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004), causa prejuízo na ressíntese de creatina fosfato (CP) atrasando a disponibilidade de energia rápida para novas contrações (BAKER; MCCORMICK; ROBERGS, 2010; FORBES et al., 2009).

Por vez, ao verificar o número de séries, tempo de exaustão e exercício com mesmo tempo somado entre o esforço e a recuperação (60 segundos) os protocolos 40:20 e 30:30 apresentaram respostas completamente distintas. As quantidades de séries executadas, bem como tempo de exaustão e exercício, foram quase quatro vezes maiores para o 30:30 do que para o protocolo 40:20. Apesar de esse fato ser 'inédito' em análises em corrida, o mesmo já foi descrito em cicloergômetro para atletas de ciclismo (NICOLÒ et al., 2014).

Ademais, com o aumento do tempo de recuperação, em 20 segundos, o número de séries, tempo de exercício e tempo de exaustão também respondem de forma distinta. Verificando os resultados obtidos nos protocolos 40:20 e 40:40, percebemos que o número de séries executadas bem como o tempo de exaustão é quase duas vezes maior para o protocolo cujo o intervalo é maior. No tempo total de exercício esse número sobe para quase três vezes. De fato, com a diminuição do tempo de recuperação, alguns eventos celulares alteram o trabalho muscular refletindo nas diferenças supracitadas (SEILER; HETLELID, 2005).

Sabe-se, que para o exercício ter continuidade, as células musculares precisam dispor de energia de forma contínua. Quando a energia não é prontamente disponibilizada, a contração muscular fica impossibilitada e, assim, o exercício tem que ser interrompido. Portanto, durante o treinamento intermitente, os períodos de recuperação passiva são marcados por rápida redução do consumo de oxigênio. Nesses períodos, o oxigênio é rapidamente repostado nos tecidos sendo a maior parte da adenosina trifosfato (ATP) e CP que foram depletados, restaurados no músculo. Acredita-se que pouco mais de 70% dos fosfagênios são restaurados dentro do período de 30 segundos (TOMLIN; WENGER, 2001).

De tal modo, o tempo total de exercício e número de repetições, menores do protocolo 40:20, podem ser explicados pelo tempo de recuperação inadequado dos estoques de ATP e CP com possíveis acúmulos de metabolitos responsáveis pela interrupção do exercício e fadiga. Fato esse confirmado, quando foram acrescentados 20 segundos no intervalo de recuperação (40:40). Possivelmente, com o tempo maior para o processo de restauração e eliminação de metabolitos responsáveis pela fadiga, a habilidade de gerar força e potência subsequente, foi em menor magnitude prejudicada (BAKER; MCCORMICK; ROBERGS, 2010; TOMLIN; WENGER, 2001).

É importante deixar registrado que o treinamento intermitente de alta intensidade necessita da participação dos três sistemas de obtenção de energia (ATP-CP, glicolítico e oxidativo) (BAKER; MCCORMICK; ROBERGS, 2010; GASTIN, 2001; SERRESSE et al., 1988). Durante esforços de 30 a 90 segundos, embora a contribuição seja em sua maior quantidade anaeróbia (ATP-PC e glicolítico), componentes aeróbios (oxidativo) também contribuem para a manutenção do esforço disponibilizando energia em forma de ATP (SERRESSE et al., 1988).

Assim, apesar de não termos quantificado a participação desses sistemas, avaliamos a participação das concentrações de lactato, o qual é considerado um subproduto e marcador da utilização da via glicolítica, sendo seu aumento na corrente sanguínea, ligado a má perfusão tecidual (hipóxia) (CAIRNS, 2006; ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004).

Nas três condições investigadas, as concentrações de lactato foram semelhantes no momento após exercício (40:40 = $11,4 \pm 0,49$ mmol.L⁻¹, 30:30 = $11,4 \pm 0,75$ mmol.L⁻¹ e 40:20 = $11,9 \pm 0,84$ mmol.L⁻¹) ao estudo de Dupont et al., (2002) (15:15 = $11,1 \pm 2,5$ mmol.L⁻¹) mesmo com tempo de esforço e recuperação diferentes. Ademais, quando a razão de esforço e recuperação aumenta (60:60), ou com razões diferentes (30:15), os valores ainda permanecem próximos ($12,4 \pm 2,4$ mmol.L⁻¹ e $11,5 \pm 1,8$ mmol.L⁻¹, respectivamente) (ASSADI; LEPERS, 2012; ROZENEK et al., 2007). Valores altos das concentrações de lactato, para ambos os protocolos, enfatizam a grande contribuição energética advinda do metabolismo anaeróbio (ROZENEK et al., 2007).

No corrente estudo, para o 40:20, valores altos de concentração de lactato perduraram ao longo de 10 minutos, sendo nesse ponto o único capaz de apontar diferença entre outro protocolo (30:30).

Aparentemente, a produção alta de lactato persistiu, pois, algumas fibras musculares possivelmente forneceram quantidade de oxigênio insuficiente, sustentando os sinais da atividade da via glicolítica com degradação da creatina fosfato e produção de lactato (SPRIET; HOWLETT; HEIGENHAUSER, 2000).

Outra hipótese pode ser pelo aumento da velocidade de acúmulo das concentrações de lactato, com conseqüente redução da capacidade de tamponamento pela saturação de mecanismos intracelulares (JUEL; HALESTRAP, 1999), responsáveis pela remoção do lactato, como transportadores de monocarboxilato e lactato desidrogenase (CRISP et al., 2015; FROLLINI et al., 2008). Porém, estudos envolvendo o TIAI e as concentrações de lactato nos momentos após o exercício, necessitam ser realizados a fim de confirmar essa hipótese.

Em síntese, diferentes razões de E:R em TIAI supramáximo (110%), modificam a quantidade de séries realizadas, tempo de exercício e exaustão com valores de concentrações de lactato ao final próximas.

6.2 – Efeito cardiorrespiratório e no tempo de manutenção próximo ou em 90% do consumo máximo de oxigênio em diferentes razões entre esforço e recuperação.

No intuito de verificar possíveis diferenças entre as razões de esforço e recuperação durante o treinamento intermitente de alta intensidade, nas respostas cardiorrespiratórias pico e no tempo de manutenção próximo ou em 90% do $VO_{2máx}$ ($TM_{90\%VO_{2máx}}$), três protocolos foram investigados. A literatura científica tem tentado progredir nesses achados, principalmente por ainda não saber qual a combinação de duração do esforço e recuperação, se houver, é mais eficiente para permitir ao indivíduo passar um tempo prolongado em 90% do $VO_{2máx}$ (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a).

Um estímulo ótimo que provoque adaptações no sistema cardiovascular é aquele ao qual o indivíduo permaneça, pelo menos, alguns minutos por sessão em intensidade superior a 90% do $VO_{2m\acute{a}x}$, potencializando a utilização de sistemas de transporte de oxigênio, fornecendo estímulo mais eficaz para melhorar a potência aeróbia (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; MIDGLEY; MC NAUGHTON, 2006). Credita-se essa informação, visto que intensidade de exercício perto do $VO_{2m\acute{a}x}$ permitem um recrutamento de grande unidades motoras e esforço máximo do débito cardíaco com adaptações da fibra muscular oxidativa e aumento do trabalho do miocárdio (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a).

Desta forma, os resultados do presente estudo, não demonstraram diferença significativa, entre os protocolos com razões de esforço e recuperação diferentes, nos índices cardiorrespiratórios, representados pelo pico (maior valor) encontrado nos protocolos (exceção da frequência respiratória), bem como o $TM_{90\%VO_{2m\acute{a}x}}$ bruto. Assim, ao demonstrarmos originalmente que as razões de esforço e recuperação com intensidade fixa, podem agir de forma peculiar nas respostas cardiorrespiratórias, ampliamos o entendimento e avançamos no conhecimento científico acerca da união das variáveis de prescrição (E:R) e parâmetros de rendimento (índices cardiorrespiratórios).

Tendo em vista os resultados dos parâmetros cardiorrespiratórios pico, não diferentes entre os protocolos, atestamos que em diferentes razões de esforço e recuperação, supramáximo (110% da V pico), esses índices, foram exigidos ao máximo de sua capacidade sendo uma das características marcantes desse tipo de treinamento (DAUSSIN et al., 2007) principalmente quando o intuito é melhorar o consumo de oxigênio (FONTANA et al., 2011).

A informação supracitada pode ser confirmada em outros estudos, onde, não foram encontradas diferenças entre parâmetros pico, mesmo em diferentes intensidades (DE AGUIAR et al., 2013; DUPONT et al., 2002), amplitude (BILLAT et al., 2001; THEVENET et al., 2008), recuperação (ativa ou passiva) (DUPONT et al., 2004; THEVENET et al., 2007b) ou entre diferentes razões de esforço e recuperação (ASSADI; LEPERS, 2012).

Interessantemente, a frequência respiratória (Fr) foi maior no 30:30 comparado aos outros. Dados consistentes da literatura científica atribuem esses achados ao maior tempo em exercício, visto que a Fr está intimamente relacionada a

essa variável (PIRES et al., 2011). Como o protocolo 30:30 gerou maior tempo de exercício, nossos achados reforçam essa afirmação.

Outro ponto importante que merece atenção, são os valores de VE para o 40:20. Apesar de não ser estatisticamente diferente aos outros, seus valores maiores devem ser atribuídos à tentativa do sistema respiratório de eliminar os subprodutos que podem causar acidose metabólica (aumento nos íons H^+), assim, quimiorreceptores localizados no córtex são estimulados e como resultado o VE aumenta. Apesar desse estresse respiratório a exaustão durante um teste intermitente não pode ser atribuída a essa condição isolada (MIDGLEY; MCNAUGHTON; CARROLL, 2007c).

Adicionalmente, o $TM_{90\%VO_{2m\acute{a}x}}$ já havia sido diferente entre intensidades (DE AGUIAR et al., 2013; DUPONT et al., 2002; MILLET et al., 2003b), porém, algumas observações relativas à razão entre esforço e recuperação devem ser pontuadas com atenção.

Estudos realizados de corrida em esteira ou em pista, demonstraram resultados diferentes para a variável $TM_{90\%VO_{2m\acute{a}x}}$. Se por um lado é possível notar diferença entre as razões de esforço e recuperação (MILLET et al., 2003a; ROZENEK et al., 2007) por outro não (ASSADI; LEPERS, 2012). É importante salientar que os estudos que encontraram diferença entre os protocolos foram executados com distância fixa ou de acordo com o tempo de exaustão.

Nesse sentido, Millet et al. (2003a), utilizando o tempo de exaustão como base para a prescrição dos protocolos encontraram diferença entre as diferentes razões de esforço: recuperação. O teste era baseado na seguinte estrutura: O número máximo de séries era determinado pela divisão do tempo de exaustão pelo tempo de esforço (30, 60 segundos ou $\frac{1}{2}$ tempo de exaustão) a 100% da $vVO_{2m\acute{a}x}$. Dessa forma, se um indivíduo tivesse o tempo de exaustão de 190 segundos, a quantidade de séries realizada era o resultado da divisão de 190 por 30, 60 segundos ou $\frac{1}{2}$ tempo de exaustão. Assim, esse indivíduo realizaria seis séries de 30 segundos com mais uma série de 10 segundos ($6 \times 30s + 1 \times 10s = 190$ segundos), três séries de 60 segundos com mais uma série de 10 segundos ($3 \times 60s + 1 \times 10 = 190$ segundos), ambos com 30 segundos de recuperação ativa a 50% da $vVO_{2m\acute{a}x}$ (30:30 e 60:30) e duas séries de 95 segundos ($2 \times 95s = 190$ segundos) com recuperação ativa a 50% do tempo de exaustão. Os autores encontraram

TM90%VO_{2máx} maiores no protocolo 60:30 (530,8 ± 187,1 segundos) e no 1/2: 1/2 (486,3 ± 176,2 segundos), com diferença significativa para o 30:30 (148 ± 132,8 segundos). Dessa forma, com o grande número de séries realizado pelo 30:30, possivelmente, houve maior flutuação do oxigênio durante a recuperação, o que pode ter dificultado o retorno a valores próximos a 90% do VO_{2máx} (COMBES et al., 2016). Aumentando o tempo de esforço, associado ao menor tempo de recuperação (60:30), o consumo de oxigênio, apesar de reduzir durante a fase de recuperação, a amplitude entre o declínio e volta a valores de 90% do VO_{2máx} pode ser considerada menor, permitindo que os valores requeridos sejam novamente alcançados com poucas séries subsequentes.

A descrição supracitada elucida os resultados iguais do TM90%VO_{2máx} no presente estudo. Com reduções no tempo de recuperação (40:40 para 40:20) a flutuação do oxigênio foi menor, possibilitando aos indivíduos retornarem em menor tempo a 90% do VO_{2máx}. Por vez, para a mesma razão de esforço e recuperação (30:30 – 40:40), o estresse provocado pelo tempo de esforço (40 segundos) possibilitou, que ao longo do exercício, valores referentes a 90% do VO_{2máx} fossem novamente alcançados e mantidos, isso associado a maiores flutuações do protocolo 30:30 fizeram que ambos tivessem valores semelhantes de TM90%VO_{2máx}.

Por outro lado, Rozenek et al. (2007) fixaram a distância para os protocolos e encontraram diferença estatística no TM90%VO_{2máx} para razões de esforço e recuperação maiores (30:15 e 60:15) comparadas a menores (15:15). Os autores requisitaram que os indivíduos realizassem as séries até alcançar a distância correspondente a 2500 metros, assim, com intensidade fixa a 100% da vVO_{2máx} com recuperação a 50% da vVO_{2máx}, os resultados apontaram para valores mais íngremes para os protocolos 60:15 (323,7 ± 118,4 segundos) e 30:15 (247,5 ± 172,5 segundos). Com esse tipo de protocolo (distância fixa) os autores não encontraram TM90%VO_{2máx} para o 15:15 (0,0 ± 0,0 segundos), apesar de que esse já houvera mostrado valores expressivos no tempo de manutenção em VO_{2máx} para protocolos até a exaustão (BILLAT et al., 2001). Em nosso entendimento, o tempo para alcançar a intensidade demandada foi insuficiente, ocasionando esse resultado. É importante deixar registrado que para o 60:15 apenas cinco dos 12 voluntários conseguiram realizar o teste até o final da distância solicitada, provavelmente esse

aumento na taxa de esforço prejudicou o desempenho; outro ponto, é que em atividades com recuperação ativa o tempo de exercício é menor devido a alta energia requerida para manter o exercício efetivo (DUPONT et al., 2004).

Esboçando um paralelo com o corrente estudo, ao utilizar o tempo total de exercício como forma de prescrição e intensidade superior em 10%, evitamos, para as razões 1:1, esse tempo inexistente (ROZENEK et al., 2007) ou reduzido (MILLET et al., 2003a) do $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$.

Dessa forma, entendemos que ambos os protocolos podem ser utilizados para potencializar o $VO_{2m\acute{a}x}$ visto resultados semelhantes de $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$. Essas altas taxas de utilização de oxigênio durante a sessão intermitente de alta intensidade estão ligadas a utilização do estoque presente na mioglobina (BILLAT, 2001). Além disso, esses estoques podem ser restabelecidos, em parte, durante o intervalo aumentando a disponibilidade para o esforço subsequente (LAURSEN; JENKINS, 2002). Postula-se também, que esse modo de treinamento altera a diferença arteriovenosa aumentando a capacidade do tecido muscular em extrair O_2 , principalmente pelo aumento da superfície disponível para a troca entre o sangue e o tecido (DAUSSIN et al., 2007).

Adiante, como o consumo de oxigênio é dependente do débito cardíaco, volume sistólico e frequência cardíaca e diferença arteriovenosa, qualquer dessas variáveis podem influenciar os seus valores máximos quando exigidos de forma crítica. Assim, durante os protocolos intermitentes de alta intensidade, exigências da força contrátil do miocárdio e aumento da pressão de enchimento cardíaco podem ter causado o aumento do volume sistólico (WISLØFF; ELLINGSEN; OJ, 2009; WOODCOCK; MATKOVICH, 2005). Logo essa exigência, associada ao aumento da frequência cardíaca, exerce influência no débito cardíaco desempenhando resposta acentuada do consumo de oxigênio, elevando a frações aguardadas (DAUSSIN et al., 2007; LAURSEN; JENKINS, 2002).

É indispensável destacar que ao levar em consideração $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ em percentual de tempo de exercício e de exaustão os valores do 40:20 foram mais íngremes do que os outros dois. Para o tempo total de exercício e de exaustão do protocolo 40:20, o $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ representou 49,74% e 73,47% respectivamente. Por vez, apesar de ter tempo de exercício e de exaustão maior, ao levar em consideração os valores percentuais ao $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ esse representou 19,45% e

38,36% respectivamente, para o 30:30, sendo nesses dois índices diferentes do protocolo 40:20. Por fim, para o 40:40 o percentual de $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ relativo ao tempo total e de exercício representou 25,52% e 50,68% respectivamente sendo apenas no índice de 25,52% diferente para o 40:20. Assim, parece viável afirmar, que a escolha do protocolo pode otimizar o treinamento quando o intuito da prescrição for dar ênfase aos aspectos de consumo de oxigênio, visto que os percentuais de $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ relativos ao tempo total de exercício e de exaustão foram maiores para o protocolo com menor duração, ou seja, mesmo em menor tempo de duração o protocolo 40:20 teve índices percentuais mais íngremes do que os outros. Esses achados podem ser explicados pela flutuação do VO_2 ao longo do tempo; visto que para o 40:20 a recuperação permite que o oxigênio reduza a valores próximos a aqueles requeridos para demarcar 90% do $VO_{2m\acute{a}x}$ novamente, o que para os outros dois isto não acontece; o oxigênio reduz a ponto de necessitar um maior tempo em esforço para que 90% do $VO_{2m\acute{a}x}$ seja novamente atingido (Gráficos 2, 3 e 4).

Apesar dessas importantes informações descritas anteriormente, devemos adotar cautela ao expor esses achados a outro público ou fazer comparações entre outros estudos. Midgley; McNaughton; Carroll (2007a) descreveram que a forma de determinar o $TM90\%VO_{2m\acute{a}x}$ e o $VO_{2m\acute{a}x}$ (reduções ou protocolos) pode afetar as respostas finais do tempo de manutenção próximo ao $VO_{2m\acute{a}x}$. Somados a isso, sabe-se que existe variação biológica nos valores individuais de $\pm 5,6\%$ para o $VO_{2m\acute{a}x}$ (KATCH; SADY; FREEDSON, 1982) entre os dias; assim, precauções devem ser tomadas ao interpretar esses resultados a luz de outros estudos.

6.3 – Funcionalidade neuromuscular em diferentes razões entre esforço e recuperação em protocolos intermitentes de alta intensidade.

Outro aspecto do estudo foi analisar a FSN nos diferentes protocolos. Sabe-se que a corrida é realizada por grande número de ciclos alongamento-encurtamento, condição esta, que pode ocasionar reduções no sistema neuromuscular (MILLET; LEPERS, 2004) gerando fadiga muscular (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008). Os achados do presente estudo mostraram reduções na CIVM para os extensores do joelho para o protocolo 40:40 após 5 minutos e 10

minutos de $15,76 \pm 0,61\%$ e de $14,25 \pm 0,93\%$, respectivamente. Reduções maiores foram encontradas para o protocolo 30:30 após 5 minutos e 10 minutos de $19,3 \pm 0,86\%$ e $20,33 \pm 0,7\%$ respectivamente. Para o 40:20, foram identificadas reduções após 5 minutos e 10 minutos de $15,6 \pm 0,61\%$ e $15,69 \pm 0,55\%$ respectivamente.

É imprescindível relatar a escassez de estudos envolvendo TIAI realizados na corrida com esforços acima de 30 segundos e suas respostas neuromusculares. Assim, utilizaremos estudos com respostas neuromusculares em distâncias maiores para entendermos os resultados desses estudos, bem como TIAI realizados em cicloergômetro ou com inclinação da esteira acima de 1%.

Nessa perspectiva, avaliações da CIVM e suas reduções foram descritas em distâncias de 42.195 metros (22,6%), 30 quilômetros (23,5%), 5 quilômetros (15%) e 400 metros (14%) (MILLET et al., 2003c; NUMMELA et al., 2008; PETERSEN et al., 2007; TOMAZIN et al., 2012).

Ao procurar entender os resultados em conjunto, notamos que as reduções da CIVM estão atreladas a distância e a intensidade da corrida. Dessa forma, como a intensidade foi fixa no presente estudo, era de se esperar que o protocolo que permanecesse por mais tempo em exercício seria o que teria as maiores reduções no índice de força.

Em estudo com característica intermitente, Goodall et al. (2015) descreveram reduções de 12% da CIVM após 12 esforços de 30 metros de corrida (4,45 segundos médios) com 30 segundos de descanso entre os esforços. Por vez, em cicloergômetro, reduções de 16,5% da CIVM foram relatadas por Racinais et al. (2007) após esforços máximos de 6 segundos com 30 segundos de recuperação. Ademais, com inclinação da esteira a 18%, realizando dez séries de 60 segundos de esforços com dois minutos de recuperação, Lattier et al. (2004) encontraram reduções da CIVM de 7% dos extensores de joelho. Assim, a característica intermitente dos exercícios supracitados também reduz de forma significativa a capacidade de exercer força pelo indivíduo.

Tendo em vista a queda dos valores de CIVM após os protocolos do presente estudo, possíveis decréscimos nos mecanismos periféricos ligados a contração muscular devem ter ocorrido (BYRNE; TWIST; ESTON, 2004). Falha nos mecanismos ligados ao acoplamento excitação-contração como redução da

sensibilidade da membrana ao Ca^{+2} provocados pelo acúmulo P_i foram descritos como mecanismos ligados a essas falhas (ALLEN; LÄNNERGREEN; WESTERBLAD, 1995; LATTIER et al., 2004). Somados a isso, prejuízo na função da bomba de sódio e potássio também estão associados à redução da atividade das pontes cruzadas envolvidas com a produção de força muscular (FRASER et al., 2002; LEPPIK et al., 2004). Assim, possivelmente esses resíduos perduraram ao longo de dez minutos, sendo possivelmente essa a razão de reduções nesse período de tempo.

Por vez, a capacidade de exercer força rapidamente medidos pela TDFp não apresentaram reduções significativas, comparadas ao momento pré, em nenhum dos instantes de tempo após o protocolo 40:20 (pós 5 = $-19,69 \pm 1,36$ %; pós 10 = $-12 \pm 2,44$ %). Contudo, essa variável, para os outros protocolos, foi sensível em diferentes instantes. Se para o 40:40 foi possível notar diferença significativa no momento pós 5 ($-32,01 \pm 0,81$ %), para o 30:30 essas reduções significativas só foram notadas no pós 10 ($-32,57 \pm 1,82$ %). Lattier et al. (2004) relataram quedas próximas a essas (-25 ± 12 %) no momento imediatamente após, porém, entendemos que futuros estudos sejam necessários para investigar a relação entre a magnitude do decréscimo da TDFp e as modificações morfológicas em TIAI, além de investigações em outros períodos de tempo dessa variável, visto que entre 100-200ms podem ser utilizados como marcadores sensíveis a lesão muscular (PEÑAILILLO et al., 2015).

Além da redução da CIVM e da TDFp, notamos reduções da atividade eletromiográfica avaliados pelos valores do RMS nos três músculos investigadas (VL, RF e VM). Assim, como a CIVM, as reduções do RMS perduraram ao longo do tempo (após 5 e 10 minutos) de forma significativa ao momento que antecedeu cada protocolo. O decréscimo dos valores do RMS pode ser explicado pela queda da capacidade de recrutamento das unidades motoras, possivelmente por uma queda do sistema nervoso central em responder a um comando necessário a manter a atividade muscular após o exercício, além do declínio da taxa de disparo do potencial de ação, modificando assim, a amplitude do sinal eletromiográfico (ASCENSÃO et al., 2003; BISHOP, 2012; LEPERS et al., 2000).

Contrariamente a estes relatos, os valores tanto de frequência média e mediana (F50) apresentaram aumentos nos momentos após. Gibala e McGee (2008) descreveram que o TIAI é capaz de ativar fibras do tipo II de alta velocidade

de condução e contração. Como a velocidade de condução da fibra muscular pode ser predita pela frequência (ARENDRT-NIELSEN; MILLS, 1985), possivelmente esses aumentos estejam ligados a essa condição. Essas suposições já foram descritas em outros estudos, cuja frequência após o exercício intenso apresentaram valores maiores do que o inicial (AMENT et al., 1996; JANSEN et al., 1997), possivelmente, pelo aumento da temperatura local (HOLEWIJN; HEUS, 1992; VAN DER HOEVEN; VAN WEERDEN; ZWARTS, 1993). Assim, deve-se, cautela ao usar os valores de frequência para relatar fadiga, visto que esses podem reduzir durante a atividade ou aumentar em avaliações após a atividade.

Apesar dessas reduções nos índices de força (CIVM e TDFp) e RMS e ainda, aumentos das frequências (média e F50), esses não apresentaram diferença entre os protocolos em nenhum dos instantes após o exercício. Certo disso, devemos ter cautela ao entendermos esses resultados.

Alguns estudos têm relatado tarefa-dependência da fadiga (ENOKA; DUCHATEAU, 2008; ENOKA; STUART, 1992), ou seja, não seria apropriado investigar os mecanismos da fadiga submetendo os indivíduos a um esforço dinâmico (TIAI) analisados por uma condição estática (CIVM). Porém, avaliações eletromiográficas durante TIAI durante a corrida em esteira ou pista, podem se tornar complexas, por exigir equipamentos que avaliem via telemetria os músculos investigadas e que as informações (sinais) não se corrompam com o contato do suor durante a atividade, ou que os eletrodos não se desprendam ou saiam do lugar durante o período de análises.

Uma das possibilidades, seria a análise eletromiográfica em cicloergômetro do TIAI, visto a ausência de impacto durante a realização do protocolo; precavendo de uma das limitações citadas anteriormente. Mesmo assim, em estudo utilizando TIAI semelhantes ao nosso estudo (30:30 e 40:20), não foram encontradas diferenças nos índices de RMS e velocidade de condução da fibra durante os dois diferentes TIAI a 135% da potência máxima (NICOLÒ et al., 2014).

Apesar dos achados do corrente estudo possam ser em virtude do tipo de avaliação realizada (CIVM em cadeira extensora) outros estudos utilizaram essa mesma metodologia para avaliarem queda de força e atividade eletromiográfica após corrida (MILLET et al., 2003c; NUMMELA et al., 2008; PETERSEN et al., 2007; TOMAZIN et al., 2012). Outrem, esses mecanismos de fadiga (redução de força e

atividade eletromiográfica) têm finalidade de proteção central e periférica quando o indivíduo está envolvido em exercícios de alta intensidade (NOAKES, 2000), sendo importantes parâmetros a serem avaliados constantemente durante o treinamento.

Portanto, atestamos que ambos os protocolos propostos, pela intensa exigência fisiológica (GREEN, 1997), responderam de forma semelhante nos quesitos força e atividade dos músculos dos vastos (medial e lateral) e do reto femoral.

7.0 – APLICAÇÃO PRÁTICA

Em ambiente competitivo, a melhora sutil de qualquer parâmetro correspondente ao desempenho pode levar ao sucesso durante uma competição ou temporada completa. Conhecer esses parâmetros pode ajudar aos técnicos e aos atletas a planejarem com melhor eficiência os períodos de treinamento. Nessa perspectiva, o treinamento intermitente de alta intensidade, já há algum tempo, tem se tornado um dos métodos mais efetivos para melhoras de rendimento e *performance* de atletas. Apesar disso, a literatura científica ainda não preencheu todas as lacunas que envolvem sua prescrição, como a razão de esforço e de recuperação necessária para estímulos fisiológicos ótimos ligados ao desempenho em corridas.

Assim, no presente estudo, atestamos que ao utilizar o treinamento intermitente de alta intensidade, alterar as razões de esforço e recuperação modifica o tempo de exercício final. Dessa forma, quando o intuito do treinamento for dar ênfase ao volume de treino (tempo de treino da sessão) com doses de respostas cardiorrespiratórias, a razão 1:1 com 30 segundos de esforço com 30 de recuperação pode ser indicada, assim como 40 segundos de esforço com 40 segundos de recuperação. Por outro lado, quando o intuito for otimizar o treinamento, com as mesmas respostas neuromusculares e melhores parâmetros cardiorrespiratórios relativos ao tempo de exercício daqueles anteriores, o protocolo 2:1 com 40 segundos de esforço 20 segundos de recuperação poderá ser utilizado.

Ambas as propostas de razão entre esforço e recuperação, podem ainda serem utilizadas na fase preparatória da periodização do atleta, devido à importância dessa fase para criação de bases de condicionamento físico como melhora do $VO_{2máx}$ ou ainda, utilizadas durante o microciclo de choque, com o objetivo de aumentar a intensidade do treinamento (NACLERIO; MOODY; CHAPMAN, 2013).

8.0 – CONCLUSÃO

Com base nos resultados do presente estudo podemos concluir que:

a) Para as diferentes razões entre o esforço e a recuperação em intensidade supramáxima investigada no presente estudo, o número total de séries realizadas, o tempo total de exercício e o tempo de exaustão, apresentam valores distintos, sendo esses índices superiores para o protocolo 30:30;

b) Em diferentes razões entre o esforço e a recuperação, os índices cardiorrespiratórios representados pelos valores pico e pelo tempo de manutenção em ou acima de 90% do $VO_{2máx}$ comportam-se com magnitudes semelhantes. Em exceção, quando o tempo de exercício e de exaustão é levado em consideração para o tempo de manutenção em ou acima de 90% do $VO_{2máx}$; nessas condições o protocolo intermitente de alta intensidade 40:20, apresenta valores maiores do que os outros (40:40 e 30:30);

c) A quantificação das concentrações de lactato foi semelhante entre os protocolos nos diferentes momentos investigados; salvo a exceção para o momento após 10 minutos entre os protocolos 40:20 e 30:30; esse primeiro, com valor de concentração de lactato maior para o segundo;

d) A contração isométrica voluntária máxima apresentou em todos os protocolos intermitentes de alta intensidade diferença entre os momentos após 5 e 10 minutos comparado ao momento pré; porém, sem diferença entre os protocolos. Para a taxa de desenvolvimento pico, o protocolo 40:20 não apresentou diferença em nenhum dos momentos após comparado ao pré; por vez, houve reduções significativas para o 30:30 no momento após 10 minutos e para o 40:40 no momento após 5 minutos, sendo que essa variável não foi diferente entre os protocolos;

e) O comportamento do *root mean square* para os músculos vasto lateral e reto femoral foram semelhantes para os protocolos, com reduções em todos os momentos após (5 e 10 minutos). Por vez, o vasto medial apresentou reduções significativas apenas no momento após 10 minutos para os protocolos 30:30 e 40:20;

f) As frequências média e mediana aumentam após os diferentes treinamentos intermitentes de alta intensidade para os músculos vastos (lateral e

medial) e reto femoral, indicando a permanência da excitabilidade da fibra ao longo do tempo.

9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAGAARD, P. et al. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 93, n. 4, p. 1318–1326, 2002.
- ABBISS CR, L. P. Models to Explain Fatigue during Prolonged Endurance Cycling. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 35, n. 10, p. 865–898, 2005.
- ALLEN, D. G.; LAMB, G. D.; WESTERBLAD, H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. **Physiological Reviews**, v. 88, n. 1, p. 287–332, 2008.
- ALLEN, D. G.; LÄNNERGREN, J.; WESTERBLAD, H. Muscle cell function during prolonged activity: cellular mechanisms of fatigue. **Experimental Physiology**, v. 80, n. 4, p. 497–527, 1995.
- AMENT, W. et al. Electromyogram median power frequency in dynamic exercise at medium exercise intensities. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 74, n. 1–2, p. 180–186, 1996.
- ARENDT-NIELSEN, L.; MILLS, K. R. The relationship between mean power frequency of the EMG spectrum and muscle fibre conduction velocity. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v. 60, n. 2, p. 130–134, 1985.
- ASCENSÃO, A. et al. Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 3, n. 1, p. 108–123, 2003.
- ASSADI, H.; LEPERS, R. Réponse physiologique et temps d'effort maximal lors d'exercices intermittents courus à la vitesse maximale aérobie. **Science & Motricité**, v. 59, n. April 2016, p. 53–59, 2012.
- ASTRAND, I. et al. Intermittent Muscular Work. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 48, p. 448–453, 1960.
- BAKER, J. S.; MCCORMICK, M. C.; ROBERGS, R. A. Interaction among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 2010, p. 1–13, 2010.
- BALLOR, D. L.; VOLOVSEK, A. J. Effect of exercise to rest ratio on plasma lactate concentration at work rates above and below maximum oxygen uptake. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 65, n. 4, p. 365–369, 1992.
- BARNES, K. R.; KILDING, A. E. Strategies to Improve Running Economy. **Sports Medicine**, v. 45, n. 1, p. 37–56, 2014.

- BASSETT, D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting Factors for Maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 1, p. 70–84, 2000.
- BIGLAND-RITCHIE, B.; WOODS, J. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. **Muscle & nerve**, v. 7, n. 9, p. 691–699, 1984.
- BILLAT, L. Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice: Special Recommendations for Middle- and Long-Distance Running. Part I: Aerobic Interval Training. **Sports Medicine**, v. 31, n. 1, p. 13–31, 2001.
- BILLAT, V. L. et al. Very Short (15 s \pm 15 s) Interval-Training Around the Critical Velocity VO₂ max for 14 minutes. **International journal of sports medicine.**, v. 22, n. 3, p. 201–208, 2001.
- BILLAT, V. L. et al. Effect of training in humans on off- and on-transient oxygen uptake kinetics after severe exhausting intensity runs. **European Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 6, p. 496–505, 2002.
- BILLAUT, F. et al. Effect of high-intensity intermittent cycling sprints on neuromuscular activity. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 1, p. 25–30, 2006.
- BISHOP, D. J. Fatigue during intermittent-sprint exercise. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, v. 39, n. 9, p. 836–841, 2012.
- BONACCI, J. et al. Neuromuscular adaptations to training, injury and passive interventions: Implications for running economy. **Sports Medicine**, v. 39, n. 11, p. 903–921, 2009.
- BORG, G. A. **Psychophysical bases of perceived exertion. Medicine and science in sports and exercise**, 1982.
- BRANDON, L. J. Physiological factors associated with middle distance running performance. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 19, n. 4, p. 268–277, 1995.
- BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. **Sports Medicine**, v. 43, n. 5, p. 313–338, 2013a.
- BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. **Sports Medicine**, v. 43, n. 10, p. 927–954, 2013b.
- BYRNE, C.; TWIST, C.; ESTON, R. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage: theoretical and applied implications. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 34, n. 1, p. 49–69, 2004.

CAIRNS, S. Lactic Acid and Exercise Performance. Culprit or Friend? **Sports Medicine**, v. 36, n. 4, p. 279–291, 2006.

CHOWDHURY, R. H. et al. Surface electromyography signal processing and classification techniques. **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 13, n. 9, p. 12431–12466, 2013.

CHRISTENSEN, E.; HEDMAN, R.; SALTIN, B. Intermittent and Continuous Running. v. 50, p. 269–286, 1960.

CLEUZIQU, C. et al. Oxygen uptake kinetics during moderate and heavy intensity exercise in humans: The influence of hypoxia and training status. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 5, p. 356–362, 2005.

COMBES, A. et al. Effect of work:rest cycle duration on fluctuations during intermittent exercise. **Journal of Sports Sciences**, n. Epub, p. 1–7, 2016.

CORREA, C. S.; COSTA, R.; PINTO, R. S. Utilização de diferentes técnicas para o controle do posicionamento dos eletrodos de superfície na coleta do sinal eletromiográfico. **Revista Acta Brasileira do Movimento Humano**, v. 2, n. 2, p. 5–13, 2012.

CRISP, A. H. et al. Lactate and Monocarboxylate Transporters (MCTs): A Review of Cellular Aspects. **Journal of Exercise Physiology online**, v. 18, n. 3, p. 1–13, 2015.

DA SILVA, D.; SIMÕES, H.; MACHADO, F. $v\dot{V}O_{2max}$ versus V_{peak} , what is the best predictor of running performances in middle-aged recreationally-trained runners? **Science & Sports**, v. 30, n. 4, p. e85–e92, 2015.

DAUSSIN, F. N. et al. Improvement of $\dot{V}O_{2max}$ by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 3, p. 377–383, 2007.

DE AGUIAR, R. A. et al. Efeito da intensidade do exercício de corrida intermitente 30s:15s no tempo de manutenção no ou próximo do $\dot{V}O_{2max}$. **Motriz. Revista de Educaçao Fisica**, v. 19, n. 1, p. 207–216, 2013.

DE LUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 13, p. 1–38, 1997.

DUPONT, G. et al. Critical Velocity and Time Spent at a High Level of $\dot{V}O_2$ for Short Intermittent Runs at Supramaximal Velocities. **Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne de Physiologie Appliquée**, v. 27, n. 2, p. 103–115, 2002.

DUPONT, G. et al. Passive versus Active Recovery during High-Intensity Intermittent Exercises. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 2, p. 302–308, 2004.

DUPONT, G.; BERTHOIN, S. Time spent at a high percentage of VO₂max for short intermittent runs: active versus passive recovery. **Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne de Physiologie Appliquée**, v. 29, n. Suppl, p. S3–S16, 2004.

ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. **The Journal of Physiology**, v. 5861, n. 1, p. 11–23, 2008.

ENOKA, R. M.; STUART, D. G. Neurobiology of muscle fatigue. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 72, n. 5, p. 1631–1648, 1992.

ESFARJANI, F.; LAURSEN, P. B. Manipulating high-intensity interval training: Effects on VO₂ max, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 10, n. 1, p. 27–35, 2007.

FARINA, D. et al. The extraction of neural strategies from the surface EMG. **Journal of Applied Physiology**, v. 96, n. 4, p. 1486–1495, 2004.

FONTANA, P. et al. Cardiac output but not stroke volume is similar in a Wingate and VO₂peak test in young men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 1, p. 155–158, 2011.

FORBES, S. C. et al. Phosphocreatine recovery kinetics following low- and high-intensity exercise in human triceps surae and rat posterior hindlimb muscles. **American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 296, n. 1, p. R161–R170, 2009.

FOSS, M. L.; KETEVIAN, S. J. **Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte**. 6^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2000.

FRASER, S. F. et al. Fatigue depresses maximal in vitro skeletal muscle Na(+)-K(+)-ATPase activity in untrained and trained individuals. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 93, n. 5, p. 1650–1659, 2002.

FROLLINI, A. B. et al. Exercício Físico e Regulação do Lactato: Papel dos Transportadores de Monocarboxilato (Proteínas Mct). **Revista da Educação Física/UEM**, v. 19, n. 3, p. 453–463, 2008.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 31, n. 10, p. 725–741, 2001.

GIBALA, M. J. et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. **The Journal of Physiology**, v. 575, n. Pt 3, p. 901–911, 2006.

GIBALA, M. J. Molecular responses to High-Intensity Interval Exercise. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 34, n. 3, p. 428–335, 2009.

GIBALA, M. J. et al. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. **The Journal of Physiology**, v. 590, n. 5, p. 1077–1084, 2012.

GIBALA, M. J.; MCGEE, S. L. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 36, n. 2, p. 58–63, 2008.

GILLEN, J. B.; GIBALA, M. J. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 39, n. 3, p. 409–412, 2014.

GIRARD, O.; MENDEZ-VILLANUEVA, A.; BISHOP, D. Repeated-sprint Ability - part I: Factors Contributing to Fatigue. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 41, n. 8, p. 673–94, 2011.

GOODALL, S. et al. Neuromuscular fatigability during repeated-sprint exercise in male athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 47, n. 3, p. 528–536, 2015.

GREEN, H. J. Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. **Journal of Sports Sciences**, v. 15, n. 3, p. 247–256, 1997.

HAWKINS, M. N. et al. Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 1, p. 103–107, 2007.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361–374, 2000.

HOLEWIJN, M.; HEUS, R. Effects of temperature on electromyogram and muscle function. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 65, n. 6, p. 541–545, 1992.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R.; WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 9, p. 1292–1301, 1995.

HOWLEY, E. T.; POWERS, S. K. **Fisiologia do Exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 8^a ed. São Paulo: Manole, 2014.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **The British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497–504, 1978.

JANSEN, R. et al. Median power frequency of the surface electromyogram and blood lactate concentration in incremental cycle ergometry. **European Journal of Applied Physiology**, v. 75, n. 2, p. 102–108, 1997.

JONES, A. M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 29, n. 6, p. 373–386, 2000.

JONES, A. M.; DOUST, J. H. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. **Journal of Sports Sciences**, v. 14, n. 4, p. 321–327, 1996.

JUEL, C.; HALESTRAP, A. P. Lactate transport in skeletal muscle — role and regulation of the monocarboxylate transporter. **The Journal of Physiology**, v. 517, n. 3, p. 633–642, 1999.

KATCH, V. L.; SADY, S. S.; FREEDSON, P. Biological Variability in Maximum Aerobic Power. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, n. 1, p. 21–25, 1982.

KONRAD, P. The ABC of EMG - A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography. **Noraxon**, n. April, p. 1–60, 2005.

KUIPERS, H. et al. Variability of Aerobic Performance in the Laboratory and Its Physiologic Correlates. **International Journal of Sports Medicine**, v. 6, n. 4, p. 197–201, 1985.

KURIKI, H. et al. The Relationship Between Electromyography and Muscle Force, EMG Methods for Evaluating Muscle and Nerve Function. **EMG methods for evaluating muscle and nerve function**, p. 31–54, 2012.

LATTIER, G. et al. Fatigue and recovery after high-intensity exercise part I: Neuromuscular fatigue. **International Journal of Sports Medicine**, v. 25, n. 6, p. 450–456, 2004.

LAURSEN, P. B. Training for intense exercise performance: High-intensity or high-volume training? **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 20, n. SUPPL. 2, p. 1–10, 2010.

LAURSEN, P. B.; JENKINS, D. G. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 32, n. 1, p. 53–73, 2002.

LEPERS, R. et al. Evidence of neuromuscular fatigue after prolonged cycling exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 32, n. 11, p. 1880–1886, 2000.

LEPPIK, J. A et al. Prolonged exercise to fatigue in humans impairs skeletal muscle Na⁺-K⁺-ATPase activity, sarcoplasmic reticulum Ca²⁺ release, and Ca²⁺ uptake. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 97, n. 4, p. 1414–1423, 2004.

LORENZ, D. S. et al. What performance characteristics determine elite versus nonelite athletes in the same sport? **Sports Health**, v. 5, n. 6, p. 542–547, 2013.

MACHADO, F. A. et al. Incremental test design, peak “aerobic” running speed and endurance performance in runners. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 16, n. 6, p. 577–582, 2013.

MAFFIULETTI, N. A. et al. Rate of force development: physiological and methodological considerations. **European Journal of Applied Physiology**, p. 1–26, 2016.

MIDGLEY, A.; MC NAUGHTON, L. Time at or near VO₂max during continuous and intermittent running. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 46, p. 1–14, 2006.

MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; CARROLL, S. Time at VO₂max during intermittent treadmill running: Test protocol dependent or methodological artefact? **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 11, p. 934–939, 2007a.

MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; CARROLL, S. Reproducibility of time at or near VO₂max during intermittent treadmill running. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 1, p. 40–47, 2007b.

MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; CARROLL, S. Physiological determinants of time to exhaustion during intermittent treadmill running at vVO₂max. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 4, p. 273–280, 2007c.

MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; WILKINSON, M. Is there an Optimal Training Intensity for Enhancing the Maximal Oxygen Uptake of Distance Runners? **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 36, n. 2, p. 117–132, 2006.

MILLET, G.; LEPERS, R. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. **Sports Medicine**, v. 34, n. 2, p. 105–116 12p, 2004.

MILLET, G. P. et al. VO₂ responses to different intermittent runs at velocity associated with VO₂max. **Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne de Physiologie Appliquee**, v. 28, n. 3, p. 410–423, 2003a.

MILLET, G. P. et al. Effects of increased intensity of intermittent training in runners with differing VO₂ kinetics. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 1–2, p. 50–7, 2003b.

MILLET, G. Y. et al. Alterations of neuromuscular function after an ultramarathon. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 92, n. 2, p. 486–492, 2002.

MILLET, G. Y. et al. Mechanisms contributing to knee extensor strength loss after prolonged running exercise. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 94, n. 1, p. 193–198, 2003c.

MILLET, G. Y. Can neuromuscular fatigue explain running strategies and performance in ultra-marathons?: The flush model. **Sports Medicine**, v. 41, n. 6, p. 489–506, 2011.

- NACLERIO, F.; MOODY, J.; CHAPMAN, M. Applied periodization: A methodological approach. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 8, n. 2, p. 350–366, 2013.
- NICOL, C.; KOMI, P. V.; MARCONNET, P. Fatigue effects of marathon running on neuromuscular performance. II. Changes in force, integrated electromyographic activity and endurance capacity. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 1, n. 1, p. 18–24, 1991.
- NICOLÒ, A. et al. Neuromuscular and metabolic responses to high - intensity intermittent cycling protocols with different work--to-rest ratios. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, n. 1, p. 151–160, 2014.
- NIEMAN, D. C. et al. Validity of COSMED's Quark CPET Mixing Chamber System in Evaluating Energy Metabolism During Aerobic Exercise in Healthy Male Adults. **Research in Sports Medicine**, v. 21, n. 2, p. 136–145, 1 abr. 2013.
- NOAKES, T. D. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 10, n. 3, p. 123–145, 2000.
- NOAKES, T. D.; MYBURGH, K. H.; SCHALL, R. Peak treadmill running velocity during the VO₂ max test predicts running performance. **Journal of sports sciences**, v. 8, n. 1, p. 35–45, 1990.
- NUMMELA, A. T. et al. Fatigue during a 5-km running time trial. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 9, p. 738–745, 2008.
- PATON, C. D.; HOPKINS, W. G. Effects of High-intensity Training on Performance and Physiology of Endurance Athletes. **Sportscience**, v. 2004, p. 25–40, 2004.
- PEÑAILILLO, L. et al. Rate of force development as a measure of muscle damage. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 25, n. 3, p. 417–427, 2015.
- PESERICO, C. S.; ZAGATTO, A. M.; MACHADO, F. A. Reliability of peak running speeds obtained from different incremental treadmill protocols. **Journal of Sports Sciences**, v. 0, n. 0, p. 1–8, 2014.
- PETERSEN, K. et al. Muscle mechanical characteristics in fatigue and recovery from a marathon race in highly trained runners. **European Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 3, p. 385–396, 2007.
- PIRES, F. O. et al. Cardiopulmonary, blood metabolite and rating of perceived exertion responses to constant exercises performed at different intensities until exhaustion. **British Journal of Sports Medicine**, v. 45, n. 14, p. 1119–1125, 2011.
- PRICE, M.; MOSS, P. The effects of work:rest duration on physiological and perceptual responses during intermittent exercise and performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 25, n. 14, p. 1613–1621, 2007.

- RACINAIS, S. et al. Muscle deoxygenation and neural drive to the muscle during repeated sprint cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 2, p. 268–274, 2007.
- ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 287, n. 3, p. R502–R516, 2004.
- ROZENEK, R. et al. Physiological responses to interval training sessions at velocities associated with VO₂max. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 21, n. 1, p. 188–92, 2007.
- SEILER, S.; HETLELID, K. J. The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n. 9, p. 1601–1607, 2005.
- SEILER, S.; TØNNESSEN, E. Intervals , Thresholds , and Long Slow Distance : the Role of Intensity and Duration in Endurance Training. **Training**, v. 13, n. 13, p. 32–53, 2009.
- SERRESSE, O. et al. Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. **International Journal of Sports Medicine**, v. 9, n. 6, p. 456–460, 1988.
- SHAW, A. J. et al. The correlation between running economy and maximal oxygen uptake: Cross-sectional and longitudinal relationships in highly trained distance runners. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, p. 1–10, 2015.
- SIRI, W. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. **Nutrition**, v. 9, n. 5, p. 480–491, 1993.
- SPENCER, M. et al. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 35, n. 12, p. 1025–1044, 2005.
- SPRIET, L. L.; HOWLETT, R. A.; HEIGENHAUSER, G. J. An enzymatic approach to lactate production in human skeletal muscle during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 4, p. 756–763, 2000.
- STOREN, O. et al. Maximal Strength Training Improves Running Economy in Distance Runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 6, p. 1087–1092, 2008.
- THEVENET, D. et al. Influence of exercise intensity on time spent at high percentage of maximal oxygen uptake during an intermittent session in young endurance-trained athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 102, n. 1, p. 19–26, 2007a.

- THEVENET, D. et al. Influence of recovery mode (passive vs. active) on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young and endurance-trained athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 99, n. 2, p. 133–142, 2007b.
- THEVENET, D. et al. Influence of recovery intensity on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young, endurance-trained athletes. **Journal of Sports Sciences**, v. 26, n. 12, p. 1313–1321, 2008.
- THIEL, C. et al. Pacing in Olympic track races: Competitive tactics versus best performance strategy. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 11, p. 1107–1115, 2012.
- TOMAZIN, K. et al. Fatigue after short (100-m), medium (200-m) and long (400-m) treadmill sprints. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 3, p. 1027–1036, 2012.
- TOMLIN, D. L.; WENGER, H. A. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. **Sports Medicine**, v. 31, n. 1, p. 1–11, 2001.
- TSCHAKERT, G.; HOFMANN, P. High-intensity Intermittent Exercise: Methodological and Physiological Aspects. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 8, n. 6, p. 600–610, 2013.
- VAN DER HOEVEN, J.; VAN WEERDEN, T.; ZWARTS, M. Long--lasting supernormal conduction velocity after sustained maximal isometric contraction in human muscle. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 16, n. 3, p. 312–320, 1993.
- WIEWELHOVE T et al. Acute responses and muscle damage in different high-intensity interval running protocols. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. SN, n. Epub ahead of print, 2016.
- WISLØFF, U.; ELLINGSEN, Ø.; OJ, K. High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? **Exercise & Sport Sciences Reviews**, v. 37, n. 3, p. 139–146, 2009.
- WOODCOCK, E. A.; MATKOVICH, S. J. Cardiomyocytes structure, function and associated pathologies. **International Journal of Biochemistry and Cell Biology**, v. 37, n. 9, p. 1746–1751, 2005.

10 - APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada ***Respostas Neuromusculares e Fisiológicas em Exercício Intermitente de Alta Intensidade***, sob a responsabilidade dos pesquisadores (**Adriano Alves Pereira, Franciel José Arantes, Marco Alves Borba e José Duarte Naves Júnior**) por apresentar os critérios necessários. Os progressos na área da saúde, treinamento desportivo e rendimento ocorrem por meio de estudos como este, por isso sua participação é importante. Nesta pesquisa nós estamos buscando entender o efeito de diferentes relações entre esforço (tempo em exercício) e pausa (tempo de descanso) em treinamento de alta intensidade em corrida na esteira, no desempenho neuromuscular com contrações isométricas voluntárias máximas e fisiológicas com análise de sangue que serão retirados a polpa do dedo. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será obtido por um dos pesquisadores (**Franciel José Arantes**) antes de qualquer intervenção, no Campus da Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia. Caso você aceite participar será necessário realizar sessões de exercícios físicos na esteira bem como avaliações sanguíneas e teste de esforço máximo. A primeira visita será direcionada a realização da familiarização com os testes de contração isométrica voluntária máxima e protocolo incremental na esteira, aplicação de questionário para levantamento das características gerais, determinação das características antropométricas e sorteio das relações esforço e pausa (40 segundos de esforço com 40 segundos de pausa; 30 segundos de esforço com 30 segundos de pausa e 40 segundos de esforço com 20 segundos de pausa).

A segunda, terceira e quarta visita você realizará os protocolos de relação esforço pausa sendo diferidos entre os dias. Em nenhum momento você será identificado. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada.

Você não terá nenhum gasto e ganho financeiro por participar da pesquisa. Se por acaso valores financeiros relacionados a transporte forem necessários serem ressarcidos, os pesquisadores o farão.

Os riscos envolvidos durante esta pesquisa poderão estar relacionados à execução de exercícios de alta intensidade na esteira e movimentos de contração isométrica voluntária máxima durante a extensão de joelho na cadeira extensora, ao qual exige grande dedicação, podendo gerar um desconforto muscular. Dentre os benefícios podemos destacar a oportunidade de participar de sessões de treinamento controlado e acompanhado individualmente, oportunizando a melhora do desempenho físico. Além de oportunizar a experiência de estratégias de treinamento auxiliando em seus futuros treinamentos.

Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação.

Uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você.

Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com: Adriano Alves Pereira e Franciel José Arantes pelo telefone 3239-4771 ou pelo endereço: Av. João Naves de Ávila, 2121 no Campus Santa Mônica, Bloco 1E. Poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos – Universidade Federal de Uberlândia: Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, Campus Santa Mônica – Uberlândia –MG, CEP: 38408-100; fone: 34-32394131

Uberlândia, dede 20.....

Assinatura dos pesquisadores

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

Participante da pesquisa

11 - APÊNDICE B*QUESTIONÁRIO – CARACTERÍSTICAS GERAIS*

Nome: _____ Data de Nascimento: ___/___/_____
Telefone: _____ e-mail: _____

Quantas vezes por semana você pratica, regularmente, algum exercício físico?

Seus treinos são periodizados ou são planejados? Se sim, como?

Já realizou testes físicos em laboratórios relacionados a corrida? Se sim, quais e a quanto tempo foi?

Faz uso de algum suplemento alimentar? Se sim, qual? Há acompanhamento profissional?

Possui ou sentiu alguma dor muscular ou articular recentemente?

Já teve lesões serias que te impossibilitaram de realizar alguma prática regular de exercício físico?

Faz uso de algum medicamento? Se sim, qual?

Possui alguma doença cardiovascular (hipertensão, diabetes, etc)? Se sim, qual?

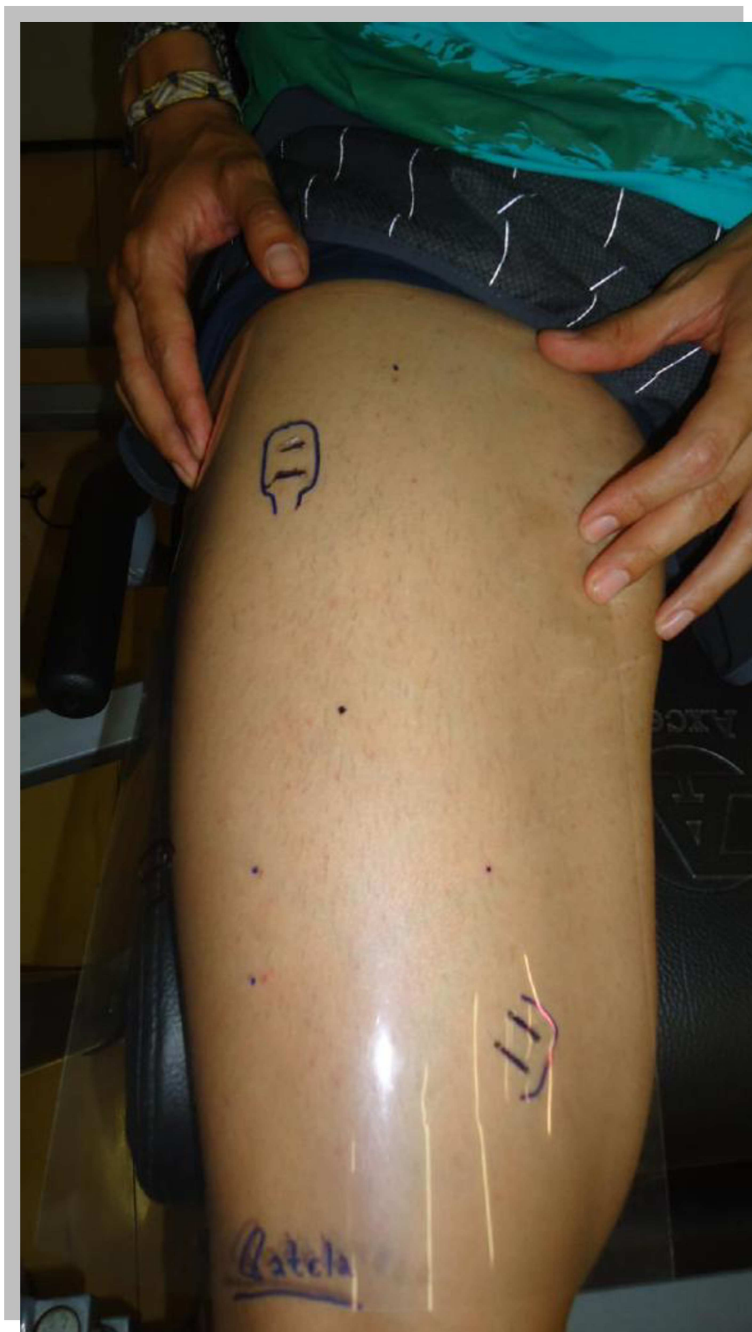
Possui alguma alergia ou restrição a algo? Se sim, qual?

Possui alguma restrição a prática de exercício físico de alta intensidade?

Você fuma ou já fumou?

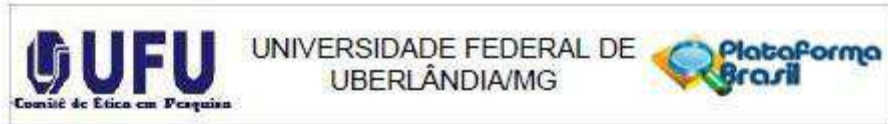
12 - APÊNDICE C

Exemplo de marcação e remarcação do mapa com papel acetato



13 - ANEXO A

Parecer do Comitê de Ética da Universidade Federal de Uberlândia



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Proposta de avaliações neuromusculares e fisiológicas em exercício intermitente de alta intensidade

Pesquisador: Adriano Alves Pereira

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 37662514.1.0000.5152

Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia Elétrica

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 974.358

Data da Relatoria: 22/01/2015

Apresentação do Projeto:

Conforme apresenta o protocolo: O projeto apresentado pretende avaliar as respostas fisiológicas e neuromusculares dos atletas quanto submetidos a treinamento intermitente de alta intensidade (TIAI), modalidade na qual são realizados estímulos intensos e pausas. Os participantes da pesquisa serão 15 pessoas que pratiquem atividade física 3 vezes na semana. O protocolo será aplicado no laboratório de fisiologia do desempenho durante 4 semanas.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo principal do estudo é, segundo os autores: "Analisar o efeito de diferentes estímulo:pausa (E:P) em treinamento intermitente de alta intensidade no desempenho neuromuscular e fisiológico de jovens fisicamente ativos".

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo os pesquisadores: Os riscos relatados pelos pesquisadores são aqueles relacionados a atividade física. Se comprometem a manter o sigilo dos participantes em todas as etapas da pesquisa. Não há benefícios diretos aos participantes. Os benefícios são somente aqueles relacionados à produção de conhecimento.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de avaliar as repostas às pendências levantadas no parecer anterior acerca do calculo

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica **CEP:** 38.408-144
UF: MG **Município:** UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3239-4131 **Fax:** (34)3239-4335 **E-mail:** cep@propp.ufu.br

14 - ANEXO B**PAR Q***Physical Activity Readiness Questionnaire*

Este questionário tem objetivo de identificar a necessidade de avaliação clínica antes do início da atividade física. Caso você marque mais de um sim, é aconselhável a realização da avaliação clínica. Contudo, qualquer pessoa pode participar de uma atividade física de esforço moderado, respeitando as restrições médicas.

Por favor, assinale “sim” ou “não” as seguintes perguntas:

- 1) Alguma vez seu médico disse que você possui algum problema de coração e recomendou que você só praticasse atividade física sob prescrição médica?
 sim não
- 2) Você sente dor no peito causada pela prática de atividade física?
 sim não
- 3) Você sentiu dor no peito no último mês? sim não
- 4) Você tende a perder a consciência ou cair como resultado do treinamento?
 sim não
- 5) Você tem algum problema ósseo ou muscular que poderia ser agravado com a prática de atividades físicas?
 sim não
- 6) Seu médico já recomendou o uso de medicamentos para controle de sua pressão arterial ou condição cardiovascular?
 sim não
- 7) Você tem consciência, através de sua própria experiência e/ou de aconselhamento médico, de alguma outra razão física que impeça a realização de atividades físicas ?
 sim não

Gostaria de comentar algum outro problema de saúde seja de ordem física ou psicológica que impeça a sua participação na atividade proposta?

Declaração de Responsabilidade

Assumo a veracidade das informações prestadas no questionário “PAR Q” e afirmo estar liberado pelo meu médico para participação na atividade citada acima.

Nome do participante: _____

_____ Data

_____ Assinatura